

# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Grüne kosmetische Chemie - organische Chemie*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



J.G.28

Chemie bestimmt unser Leben

**Grüne kosmetische Chemie – Nachhaltige und Grüne Chemie in der Sek. I bewerten**

Ein Beitrag von Dr. Michael Liebald, Dr. Nadja Böhme, Lea Dörmann, Prof. Dr. Inge Böll



Die Grüne Chemie (engl.: Green Chemistry) ist ein vorgehensweise von Teilgebiet der Chemie. Sie widmet sich der Entwicklung umweltverträglicher, sicherer, nachhaltiger, Material- und Energie-sparender sowie sicherer industrieller Prozesse und Produkte. Die Grüne Chemie erst in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Sie verbindet Ideen aus verschiedenen Disziplinen in diesem Theorie der Chemieunterricht als Schule. In dieser Unterrichtsmaterialien werden Arbeitsmaterialien und Experimente zur Grünen Chemie für die Sekundarstufe I vorgestellt, die einen Einblick in die Chemie der Grünen Chemie gewähren.

**KOMPETENZPROFIL**

**Klassische:** 8-10

**Ökologische:** 11-12

**Ökonomie:** 13-14

**Ökonomie:** 15-16

**Ökonomie:** 17-18

**Ökonomie:** 19-20

**Ökonomie:** 21-22

**Ökonomie:** 23-24

**Ökonomie:** 25-26

**Ökonomie:** 27-28

**Ökonomie:** 29-30

## I.G.28

### Chemie bestimmt unser Leben

# Grüne kosmetische Chemie – Nachhaltige und Grüne Chemie in der Sek. I bewerten

Ein Beitrag von Dr. Michael Linkwitz, Dr. Nadja Belova, Lea Dackweiler, Prof. Dr. Ingo Eilks



© Artfully79/iStock/Getty Images Plus

Die Grüne Chemie (engl.: *Green Chemistry*) ist ein vergleichsweise neues Teilgebiet der Chemie. Sie widmet sich der Erschließung umweltverträglicher, Abfall vermeidender, Material und Energie sparender sowie sicherer industrieller Prozesse und Produkte. Da die Grüne Chemie erst in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen hat, existieren bisher erst wenig konkrete Vorschläge zu diesem Thema für den Chemieunterricht an Schulen. In dieser Unterrichtseinheit werden Arbeitsmaterialien und Experimente zur Grünen Chemie für die Sekundarstufe I vorgestellt, die einen ersten Einblick in das Denken der Grünen Chemie geben können.

---

#### KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	8–10
<b>Dauer:</b>	10–12 Unterrichtsstunden
<b>Kompetenzen:</b>	1. Zusammenhänge zwischen Vorkommen, Verwendung und Eigenschaften von Stoffen beschreiben. 2. nachwachsende Rohstoffe und grüne Synthesen experimentell erkunden, 3. Produktaussagen analysieren und auf Basis ihres chemischen Sachverhaltes diskutieren, 4. die Nachhaltigkeit chemischer Produkte und Prozesse bewerten.
<b>Thematische Bereiche:</b>	Organische Chemie, Grüne Chemie, Nachhaltigkeit, Stoffeigenschaften, Katalysatoren, Trennverfahren

---

## Hintergrundinformationen

Traditionell arbeitet die chemische Industrie an der **Optimierung chemischer Prozesse**. Die Begrenztheit von Ressourcen und die Grenzen des Wachstums anerkennend, z. B. dass viele Rohstoffe der chemischen Industrie auf der nicht erneuerbaren Ressource Erdöl basieren oder giftige Abfälle entstehen, werden traditionelle chemische Ansätze zunehmend erweitert, z. B. durch die Nutzung nachwachsender Rohstoffe oder die Herstellung von Biokunststoffen. Dies trägt den Konzepten von **Nachhaltigkeit** bzw. nachhaltiger Entwicklung Rechnung. Es fokussiert u. a. auf die Erhaltung der Langzeitproduktivität der Umwelt, sodass auch nachfolgende Generationen auf der Erde leben können. Das Konzept der Nachhaltigkeit versucht, eine Balance aus der ökologischen, ökonomischen als auch sozialen Dimensionen von Nachhaltigkeit zu finden. Eines der bekanntesten Konzepte für die Umsetzung von Nachhaltigkeit in der Chemie ist das Konzept der **Grünen Chemie** (engl.: *Green Chemistry*), einem Forschungszweig, der sich speziell der Erschließung umweltverträglicher, Abfall vermeidender, Material und Energie sparender und sicherer industrieller Prozesse und Produkte widmet. Maßgeblich für deren Etablierung waren 1998 die **12 Prinzipien** nach Anastas und Warner. Heute werden unter Grüner Chemie auch weitergehende Ansätze zusammengefasst, die über die rein technische Sicht der 12 Prinzipien hinausgehen. Parallel zu dem insbesondere in den USA etablierten Begriff der *Green Chemistry* hat sich in Europa und ausgehend von der Industrie auch der Begriff **Nachhaltige Chemie** (engl.: *Sustainable Chemistry*) etabliert. Die Unterschiede und Übergänge sind fließend, sodass man heute international zunehmend von *Green and Sustainable Chemistry* (GSC) spricht.

Der zentrale Kontext im hier beschriebenen Beispiel ist die Herstellung des in großen Mengen produzierten Inhaltsstoffs L-Carvon für Kosmetik- und Nahrungsprodukte, dessen Geruch und Geschmack aus dem Alltag bekannt sein sollten. L-Carvon wird hier nur aus phänomenologischer Sicht betrachtet, Reaktionsmechanismen und Molekülstruktur werden in der Sekundarstufe I nicht behandelt. L-Carvon wird aus Orangenöl gewonnen, welches sich in den kleinen Hohlräumen der Orangenschale befindet. Der Ölgehalt der Schalen liegt bei 0,4–0,5 Gewichtsprozent. Somit können aus 1 t Orangenschalen 4–5 kg Orangenöl gewonnen werden. Orangenöl ist das mit Abstand am meisten produzierte ätherische Öl; die Weltjahresproduktion lag im Schnitt der vergangenen Jahre bei ca. 55.000 Tonnen. Orangenöl ist ein Stoffgemisch, das u. a. den Duft- und Aromastoff D-Limonen enthält. D-Limonen bildet mit über 90 % den Hauptbestandteil des Orangenöls. Die Fruchtschalen sind ein Nebenprodukt der Orangensaftherstellung und fallen in großer Menge an. Aktuell werden etwa 75 Mio. Tonnen Orangen weltweit geerntet. Von dieser Masse entfällt etwa ein Viertel auf die Schale. Um das Orangenöl zu gewinnen, werden die Schalen zerkleinert und in großen Behältern mit Wasserdampf durchblasen. Dann wird das Destillat gekühlt, obenauf schwimmt als klare farblose Flüssigkeit das D-Limonen. Aus ihm wird traditionell über mehrere Oxidationsstufen L-Carvon gewonnen. L-Carvon ist in alltäglichen Mundpflegeprodukten und Süßigkeiten (z. B. Zahnpasten, Mundwässern, Kaugummis) enthalten und verleiht ihnen einen erfrischenden, kühlen und minzigen Geschmack. Im Sinne der Grünen Chemie kann L-Carvon auch über einen nachhaltigen Syntheseweg produziert werden. Aus den Orangenschalen wird über Destillationsverfahren D-Limonen gewonnen, das über einen patentierten **Renessenz**-Prozess der Firma Symrise in Holzminden in L-Carvon umgewandelt wird. Bei diesem neuen Verfahren werden weniger toxische Reagenzien und zudem Enzyme verwendet und weniger Abwasser pro kg Produkt verbraucht. Im Hinblick auf die Energiereduktion können Ultraschallprozessoren und Mikrowellenextraktoren Anwendung finden.

## Hinweise zur Methodik und Didaktik

### Curriculare Einbindung der Unterrichtsreihe

Die Kernlehrpläne einzelner Bundesländer für Chemie der Sek. I geben als eines der Ziele des Chemieunterrichts die Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) an. Technikfolgen, wirtschaftliche Aspekte und Stoffkreisläufe sollen im Sinne der Nachhaltigkeit sowie der Klimabeeinflussung beurteilt werden. Ziel ist es, sich vor dem Hintergrund knapper werdender Ressourcen für nachhaltige Entwicklung zu engagieren und ggf. negative Einstellungen zur Chemie kritisch zu reflektieren. Die Bildungsstandards der KMK für Chemie präzisieren: „... die Schülerinnen und Schüler sollen die Einsicht gewinnen, dass die Erkenntnisse der Chemie den technischen Fortschritt maßgeblich beeinflussen und mitbestimmen können.“ Es ist also unstrittig, dass das Thema „Nachhaltigkeit“ im Chemieunterricht der Sekundarstufe I eine wichtige Rolle spielen sollte. Dazu müssen Unterrichtsthemen so verändert werden, dass Inhalte wie Klimawandel, alternative Treibstoffe, Recycling oder Biokunststoffe in die regulären Bildungspläne integriert werden. Es existieren bereits einige konkrete Unterrichtseinheiten zur Grünen Chemie für die Sek. II, z. B. zu Biokunststoffen (siehe RAAbits 2021) oder zu Biodiesel und Bioethanol (siehe RAAbits 2002 und 2008), für die Sek. I ist dies aber nicht der Fall. Die vorgestellte Unterrichtseinheit soll diese Lücke schließen, indem sie als Bestandteil eines Unterrichtskonzepts dient, das die Grüne Chemie als eine Leitlinie des Curriculums der Sek. I und Sek. II definiert.

### Einbindung der Grünen Chemie in den Chemieunterricht der Sek. I

Im Hinblick auf die Bedeutung der Grünen Chemie für eine nachhaltige Chemie liegt es nahe, die 12 Prinzipien als Ausgangspunkt für eine schulische Umsetzung zu nutzen. Ein zentraler Aspekt bei der Entwicklung der Unterrichtseinheit zur Grünen Chemie in der Sek. I war die Anbindung an alltagsnahe Beispiele. In der nachfolgend vorgestellten Unterrichtsreihe ist es gelungen, einige ausgewählte und zentrale Prinzipien an einem chemisch-technischen Prozess der organischen Chemie (Gewinnung von L-Carvon) zu verdeutlichen und zu verankern:

- **Abfallvermeidung:** Bei der Produktion fallen kaum Nebenprodukte an.
- **Ungefährliche Synthesen:** Beim **Renessenz**-Verfahren werden weniger gefährliche oder toxische Substanzen als beim traditionellen Verfahren verwendet.
- **Nutzung nachwachsender Rohstoffe:** L-Carvon wird aus Orangenschalen gewonnen.
- **Katalyse:** Die biokatalytische Gewinnung von L-Carvon ist möglich.
- **Biologische Abbaubarkeit:** L-Carvon ist vollständig biologisch abbaubar.
- **Reduktion von Schadstoffemissionen:** Bei der Synthese von L-Carvon belegen Ökobilanzen, dass die Produktion von CO<sub>2</sub> reduziert wird.

### Voraussetzungen der Lerngruppe

Eines der zentralen Inhaltsfelder der Chemie für die Sekundarstufe I ist das Inhaltsfeld „Organische Kohlenstoffverbindungen“. Die Lernenden sollten für die vorliegende Unterrichtsreihe Grundkenntnisse zu Stoffeigenschaften, Stofftrennungsv erfahren und dem Konzept der chemischen Reaktionen aufweisen. L-Carvon wird als Beispiel für einen kosmetischen Inhaltsstoff genutzt. Kenntnisse über die Struktur des L-Carvon sind nicht notwendig, da phänomenologisch argumentiert wird. Falls man das Thema später im Rahmen der Organischen Chemie bearbeiten will, lassen sich vertiefende Informationen integrieren, z. B. Strukturformeln und Eigenschaften der Aromastoffe. Die Chiralität des Carvons soll in der Unterrichtsreihe keine Bedeutung spielen und daher wird vereinfachend von Carvon statt von L-Carvon gesprochen.

Mit dem Ziel, den Lernenden die naturwissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung näherzubringen und damit ihre Kompetenz in diesem Bereich zu fördern, werden verschiedene

Schülerversuche durchgeführt. Weiterhin sollen in der Reihe verstärkt Kompetenzen im Bereich Kommunikation und Bewertung gefördert werden. Deshalb wird in kooperativen Arbeitsphasen die Verbalisierung dieser Grundlagen forciert. Die gesamte Einheit ist schüler- und lernprozessorientiert angelegt und bietet den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit, sich aktiv und eigenständig mit den neuen Unterrichtsinhalten auseinanderzusetzen.

### Zentrale Leitgedanken und Intention der Unterrichtsreihe

Gegenstand der hier beschriebenen Unterrichtsreihe ist die Synthese und Verwendung von L-Carvon in Kosmetikprodukten. Generell ist der Themenbereich (Natur-)Kosmetik ein für Schülerinnen und Schüler beliebter Kontext. Zentrales Ziel der Reihe ist aber die Einführung der Begrifflichkeiten „Nachhaltigkeit“ und „Grüne Chemie“ sowie ausgewählter Grundideen.

### Durchführung

Der gesamte Zeitbedarf der Unterrichtsreihe umfasst ca. 12 Stunden, je nachdem, in welcher Tiefe und Ausführlichkeit die einzelnen Inhalte behandelt und ob Experimente berücksichtigt werden. Viele typische Inhalte aus den curricularen Vorgaben werden durch die Reihe abgedeckt, lediglich der Blickwinkel durch den Fokus auf die Grüne Chemie verschiebt sich.

Diese Tabelle gibt einen groben Überblick über einen möglichen Verlauf der Unterrichtsreihe:

Stunde	Unterrichtsinhalte
1 und 2	Sammeln von Vorkenntnissen zum Begriff „grün“ und „nachhaltig“ Einführung in das Themenfeld der Grünen Chemie
3	Die Gewinnung von Carvon: Grüne Kosmetik (z. B. Mundpflege) Einführung in ein Stationenlernen zu „grünen Prozessen“ bei der Synthese von Carvon
4–8	Station 1: Nachwachsende Rohstoffe (NR) in der Grünen Chemie am Beispiel von Orangenschalen Station 2: Gewinnung von ätherischen Ölen aus Orangenschalen Station 3: Biotechnologie und Enzyme in der Grünen Chemie Station 4: Mikrowellen- und Ultraschalltechnik in der Grünen Chemie
9 und 10	Zusammenfassung der Ergebnisse: Was heißt nun eigentlich Nachhaltige bzw. Grüne Chemie?
11 und 12	Optionaler Exkurs: Wie bewertet man, ob ein Produkt/Prozess tatsächlich nachhaltiger als ein vergleichbares Produkt ist?



### Mögliche Weiterführung der Einheit

Das Thema grüne kosmetische Produkte kann als alternativer Einstieg in die Organische Chemie beschrieben werden, indem kein fachsystematischer Weg gewählt, sondern die grundlegende Ausgangsfrage in den Blick genommen wird, inwiefern (organische) chemische Produkte grün produziert werden können. Im Anschluss können die Stoffklassen der Alkane, Alkanole und Carbonsäuren sowie die Problematik ihrer Synthese thematisiert werden (fossile vs. nachwachsende Rohstoffe). Es ergibt sich ein roter Faden über die gesamte Organische Chemie, der beginnend bei der Grünen Chemie am Anfang der Unterrichtsreihe im Kontext von Plattformchemikalien und deren Verwendung und Abbau endet.

## Mediathek

- ▶ P. Anastas, J. C. Warner: Grundlagenwerk zur Grünen Chemie – Green Chemistry: Theory and practice, Oxford University Press, New York 1998.
- ▶ M. Burmeister et al.: Ein Web-Quest zur Grünen Chemie im Chemieunterricht. Chem. Kon. 2011, 18, 123–128.
- ▶ A. Lühken, H. J. Bader: Fachartikel über die Bedeutung von Nachhaltigkeit im Chemieunterricht. In GDCh (Hrsg.), Green Chemistry, Wiley-VCH, Weinheim, 2003, 77–98.
- ▶ W. Klöpffer, B. Grah: Grundlagenwerk zur Erstellung von Ökobilanzen. Ökobilanz, Wiley-VCH, Weinheim, 2009.
- ▶ M. Linkwitz, I. Eilks: Kurzdarstellung einer Unterrichtsreihe zur Grünen Chemie in der SII. Unterr. Chem. 2019, 172, 19–23.
- ▶ M. Linkwitz, I. Eilks: Einführung der Grünen Chemie in der SII, RAABits II.C.46.
- ▶ M. Linkwitz, I. Eilks, N. Belova: Fachartikel zur grünen Chemie in der SI. Chem. Kon. 2021, 28, 1–7.
- ▶ C. Zowada et al.: Nachhaltigkeit bewerten im Chemieunterricht. Chem. kon. (202027(8), 365–372. Fachartikel über Nachhaltigkeitsbewertungen im Kontext der Chemie.
- ▶ C. Zowada et al.: Fachartikel über aktuelle Nachhaltigkeitskonzepte im Kontext der Chemie. Unterr. Chem. 2019, 172, 2–9.

## Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Sv = Schülerversuch



### Vorbemerkung

Die GBU zu den verschiedenen Versuchen finden Sie zum Download im **Online-Archiv**.

---

### 1./2. Stunde

**Thema:** Einführung in die Thematik Grüne Chemie

**M 1 (Ab)** Was heißt „Grüne“ Chemie?

**M 2 (Ab)** Nachhaltige Kosmetikproduktion – eure Ideen

**M 3 (Ab)** Grüne Chemie – Wie alles begann

---

### 3. Stunde

**Thema:** Grüne Synthese eines Aromastoffs, dem Carvon

**M 4 (Ab)** Forschungsauftrag zu Grüner Chemie in eurem Start-up-Unternehmen

**M 4a (Ab)** Produktionsprozess der Firma Symrise: „Grüne Chemie in Aktion – Von Orangenschalen zur Mundpflege“

**M 4b (Ab)** Entwicklung eines grünen Verfahrens zur Synthese von Carvon

---

### 4.–8. Stunde

**Thema:** Stationenlernen zu grünen Prozessen bei der Synthese von Carvon

**M 5 (Ab)** Was sind nachwachsende Rohstoffe?

**M 6 (Ab)** Einblick in die Biotechnologie – Katalysatoren

**M 7 (Sv)** Gewinnung von Orangenöl – Wasserdampfdestillation

**Dauer:** **Vorbereitung:** 10 min, **Durchführung:** 30 min

**Chemikalien:**  Orangen

**Geräte:**

<input type="checkbox"/> Schutzbrille/Kittel/Handschuhe	<input type="checkbox"/> Heizpilz
<input type="checkbox"/> Destillieraufsatz	<input type="checkbox"/> Schlifftthermometer
<input type="checkbox"/> Messer	<input type="checkbox"/> Liebig-Kühler
<input type="checkbox"/> Erlenmeyerkolben	<input type="checkbox"/> Wasserschläuche
<input type="checkbox"/> Rundkolben	



**M 8 (Sv)** Einfache Experimente mit Enzymen



**Dauer:** **Vorbereitung:** 10 min, **Durchführung:** 10 min

**Chemikalien**

<input type="checkbox"/> Sonnenblumenöl	<input type="checkbox"/> Biozym F für Fettflecken
<input type="checkbox"/> Kartoffelstärke	<input type="checkbox"/> Biozym P für Stärkelflecken
<input type="checkbox"/> Eiweiß	<input type="checkbox"/> Biozym SE für Eiweißflecken
<input type="checkbox"/> Ananas- oder Kiwisaft (frisch)	<input type="checkbox"/> Gummibärchen mit Gelatine

**Geräte**

<input type="checkbox"/> Schutzbrille/Kittel/Handschuhe	<input type="checkbox"/> Kleine Bechergläser
<input type="checkbox"/> Weiße Baumwolltücher oder Filterpapier	

**M 9 (Ab)** Die Verwendung von Mikrowellen und Ultraschall

**M 10 (Sv)** Gewinnung von Orangenöl in der Mikrowelle



**Dauer** **Vorbereitung:** 5 min, **Durchführung:** 10 min

**Chemikalien**

<input type="checkbox"/> Orangenschalen
<input type="checkbox"/> Eis
<input type="checkbox"/> Wasser

**Geräte**

<input type="checkbox"/> Schutzbrille/Kittel/Handschuhe	<input type="checkbox"/> Plastikfilter mit Löchern
<input type="checkbox"/> Mikrowelle	<input type="checkbox"/> Uhrglas
<input type="checkbox"/> Messer	<input type="checkbox"/> 2 Reagenzgläser
<input type="checkbox"/> Becherglas (1 l)	<input type="checkbox"/> Messkolben (25 ml)
<input type="checkbox"/> 2 Bechergläser (100 ml)	<input type="checkbox"/> Pipette

---

## 9./10. Stunde

**Thema:** **Zusammenfassung der Ergebnisse: Was heißt nun eigentlich Nachhaltige bzw. Grüne Chemie?**

**M 11 (Ab)** Der Pitch eures Lebens

**M 11a (Ab)** Bewertungsbogen für den *Elevator Pitch*

**M 12 (Ab)** Grüne Chemie – auch etwas für Influencer?

---

## 11./12. Stunde

**Thema:** **Wie bewerte ich, ob ein Produkt tatsächlich nachhaltig/grün ist?**

**M 13 (Ab)** Bewertung grüner Produkte durch *Green Cosmetics*

**M 14 (Ab)** Bewertung: Ist ein Produkt oder Prozess wirklich grün?

**M 15 (Ab)** Bewertung von Nachhaltigkeit: Von Spinnen zu Ampeln

**M 16 (Ab)** Ist die alternative Synthese von Carvon wirklich grün?



## Lernerfolgskontrolle

**Thema:** Lernerfolgskontrolle/Klausur zum Thema Grüne Chemie

**M 18 (LEK)** Klassenarbeit zur Grünen Chemie

---

## Minimalplan

Die Unterrichtsreihe ist modular aufgebaut, d. h., die einzelnen Stunden können unabhängig voneinander oder kontinuierlich aufeinanderfolgend unterrichtet werden. Dabei müssen die Stunden 1 und 2 mit den Materialien **M 1–M 3** als Einführung in die Grüne Chemie notwendigerweise durchgeführt werden. Die folgenden Stunden und Materialien können dann wahlweise unterrichtet werden.

# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Grüne kosmetische Chemie - organische Chemie*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



J.G.28

Chemie bestimmt unser Leben

**Grüne kosmetische Chemie – Nachhaltige und Grüne Chemie in der Sek. I bewerten**

Ein Beitrag von Dr. Michael Liebald, Dr. Nadja Böhme, Lea Döckel, Prof. Dr. Inge Eibl



Die Grüne Chemie (engl.: Green Chemistry) ist ein vorgehensweise neues Teilgebiet der Chemie. Sie widmet sich der Entwicklung umweltverträglicher, sicherer, nachhaltiger, Material- und Energie-sparender sowie sicherer industrieller Prozesse und Produkte. Die Grüne Chemie erstet in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen hat, wodurch immer ein wachsendes Interesse an dieser Thematik des Chemieunterrichts als Schule. In dieser Unterrichtsvorbereitung werden Arbeitsmaterialien und Experimente zur Grünen Chemie für die Sekundarstufe I vorgestellt, die einen ersten Einblick in die Chemie der Grünen Chemie gewähren.

**KOMPETENZPROFIL**

**Klassenstufe:** 8-10

**Dauer:** 30-45 Unterrichtsstunden

**Kompetenzen:** 1. Zusammenhängen zwischen Naturwissenschaften, Umwelt und Eigenverhalten von Stoffen beschreiben, 2. vernetzte Zusammenhänge und globale Zusammenhänge erkennen, 3. Problemlösungsmethoden und auf Basis eines chemischen Sachverhalts diskutieren, 4. die Nachhaltigkeit chemischer Produkte und Prozesse bewerten.

**Thematische Bereiche:** Organische Chemie, Grüne Chemie, Nachhaltigkeit, Stoffeigenschaften, Molekulargewicht, Trennmethoden