

# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

## Auszug aus: *Plastik aus CO<sub>2</sub>*

Das komplette Material finden Sie hier:

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



31. Plastik aus CO<sub>2</sub> – ein Weg zu mehr Umweltschutz 1 von 11

**Plastik aus CO<sub>2</sub> – ein Weg zu mehr Umweltschutz?**

Jochen Hermanns, Würzburg

**Hinweis:** Sek. II

**Dauer:** 12 Unterrichtsstunden (Minimallänge: 5 Unterrichtsstunden)

**Kompetenzen:** Die Schüler\* können ...

- Informationen aus wissenschaftlichen (auch fremdsprachigen) Publikationen entnehmen und anhand dieser für eine und für Lehrer\*erweiterte Fragestellungen zum Umgang mit Kohlenstoffdioxid arbeiten;
- diese Fragestellungen anhand ihres chemischen Wissens theoretisch und experimentell untersuchen, um zu einem abgrenzten Standpunkt zu gelangen und diesen fachlich und sachlich fundiert zu vertreten;
- dabei Grenzen und Möglichkeiten zum Umgang mit Kohlenstoffdioxid begründen aufzeigen;
- innerhalb dieser Grenzen Reaktionen von Kohlenstoffverbindungen zu Reaktionsfolgen und Reaktionsregeln vertiefend entwickeln, um ein Polymer herzustellen;
- bei dieser Entwicklung die Synthese ausgewählter organischer Verbindungen im niederen bis auch im makromolekularen Bereich erläutern;
- so zu einem wissenschaftlich akkuraten Beispiel der Umgang mit der Ressource Erdöl auch unter Berücksichtigung von Gesundheitsaspekten bewerten;
- auf diese Weise der Weg zu einem „mit Kohlenstoffdioxid“-Makrolast mit geeigneten Schemata mehrschrittig.

**Der Beitrag enthält Materialtypen:**

- ✓ offene Unterrichtsformen ✓ Schülerversuche ✓ Altkunorbereitung

**Hintergrundinformationen**

Am 23.08.2015 lehnte der Bundestag die Gesetzesvorlage zum Carbon Capture and Storage (CCS) ab. Wird dies nicht so gelöst, wie der Weg gebahnt werden, ohne weitere Solarstromerwartungen und Forschungen über von 900 Millionen Tonnen jährlich (Stand 2014) das in Deutschland anfallende Kohlenstoffdioxid in unterirdischen Lagerstätten unter unseren Häusern, Städten und Feldern zu verpacken und langfristig zu binden. Das bei der Erzeugung benötigte Gas (Erdgas) auf die Erde, was, wenn dieses nicht in eine Treibhausgas wieder in Massen an die Oberfläche gelangt?

Es ergab sich für Politik, Wirtschaft und Forschung daraus die Herausforderung, Alternativen zum Umgang mit Kohlenstoffdioxid zu finden, um es dauerhaft – oder zumindest eingetrag – aus dem natürlichen Kohlenstoffkreislauf zu entfernen. Ein zentraler Kompetenzbereich, bei dem das Lernen ein Vorbild sein sollte, wurde am 28.02.2015 beschlossen. Das Problem ist allerdings gelöstes Kohlenstoffdioxid ist reaktionsfähig, verpackt aber nahezu bei jedem chemischen großtechnischen Prozess und bei alltäglichen Dingen wie Abmahlung oder Autokatalysator.

Diese Unterrichtseinheit soll im Hinblick auf diese Problematik mehrere Ansätze und Ziele verfolgen. Sie soll auf Aktivitäten

- ✓ Einblick in die Problematik gewinnen und für sie sensibilisieren.
- ✓ Ein Blick zum eigenen Alltag herstellen.

\* Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der einfachen Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet. Schülerinnen sind genauso gemeint.

© BMBWF, Chemie, August 2015

## Plastik aus CO<sub>2</sub> – ein Weg zu mehr Umweltschutz?

Jochen Hermanns, Würselen

**Niveau:** Sek. II

**Dauer:** 12 Unterrichtsstunden (Minimalplan: 5 Unterrichtsstunden)

**Kompetenzen:** Die Schüler\* können ...

- Informationen aus wissenschaftlichen (auch fremdsprachigen) Publikationen entnehmen und anhand dieser für sie und ihre Lebenswelt relevante Fragestellungen zum Umgang mit Kohlenstoffdioxid aufstellen.
- diese Fragestellungen anhand ihres chemischen Wissens theoretisch und experimentell untersuchen, um zu einem eigenen Standpunkt zu gelangen und diesen fachlich und sachlich fundiert zu vertreten.
- dabei Grenzen und Möglichkeiten zum Umgang mit Kohlenstoffdioxid begründet aufzeigen.
- innerhalb dieser Grenzen Reaktionen von Kohlenstoffverbindungen zu Reaktionsfolgen und Reaktionswegen verknüpfend entwickeln, um ein Polymer herzustellen.
- bei dieser Entwicklung die Synthese ausgewählter organischer Verbindungen im nieder- als auch im makromolekularen Bereich erläutern.
- so an einem wissenschaftlich aktuellen Beispiel den Umgang mit der Ressource Erdöl auch unter Berücksichtigung von Gesundheitsaspekten bewerten.
- auf diese Weise den Weg zu einem „maßgeschneiderten“ Molekül mit geeigneten Schemata nachvollziehen.

**Der Beitrag enthält Materialien für:**

- ✓ offene Unterrichtsformen
- ✓ Schülerversuche
- ✓ Abiturvorbereitung

II/C

### Hintergrundinformationen

Am 23.09.2011 lehnte der Bundesrat die Gesetzesvorlage zum Carbon Capture and Storage (CCS) ab. Wäre dies nicht so gekommen, wäre der Weg geebnet worden, ohne weitere Sicherheitsmaßnahmen und Forschungen drei von 912 Millionen Tonnen jährlich (Stand 2014) des in Deutschland anfallenden Kohlenstoffdioxids in unterirdischen Lagerstätten unter unseren Häusern, Städten und Feldern zu verpressen und langfristig zu binden. Die bei der Entscheidung berücksichtigte Gefahr liegt auf der Hand: *Was, wenn dieses nahezu inerte Treibhausgas wieder in Massen an die Oberfläche gelangt?*

Es ergab sich für Politik, Wirtschaft und Forschung daraus die Herausforderung, Alternativen zum Umgang mit Kohlenstoffdioxid zu finden, um es dauerhaft – oder zumindest längerfristig – aus dem natürlichen Kohlenstoffkreislauf zu entfernen. Ein politischer Kompromiss, bei dem den Ländern ein Verbotsrecht eingeräumt wird, wurde am 29.6.2012 beschlossen. Das Problem ist allerdings geblieben: Kohlenstoffdioxid ist reaktionsträge, entsteht aber nahezu bei jedem chemischen großtechnischen Prozess und bei alltäglichen Dingen wie Atmung oder Autofahrt.

Diese Unterrichtseinheit soll im Hinblick auf diese Problematik mehrere Ansätze und Ziele verfolgen. Sie soll auf Abiturniveau:

- ✓ Einblick in die Problematik gewähren und für sie sensibilisieren.
- ✓ Bezüge zum eigenen Alltag herstellen.

\* Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet. Schülerinnen sind genauso gemeint.

- ✓ zu einer qualifizierten Meinungsbildung und -äußerung befähigen.
- ✓ Wissen aus allen Jahrgangsstufen aufgreifen, bündeln und erweitern.
- ✓ Lösungsansätze aufzeigen und diese kritisch beleuchten.

Sie soll *nicht* die Vermittlung von „normalem“ Wissen zu Polymeren und deren Herstellung und Eigenschaften übernehmen, sondern vielmehr einen Rahmen bieten und das Wissen in eine sehr aktuelle wissenschaftliche und politische Diskussion einbetten.

## Hinweise zur Didaktik und Methodik

Bereiten Sie Ihren Kurs zunächst mit den Aufgaben auf der Farbfolie (**M 1**) auf die Problematik vor. Alternativ können Sie mit der Lerngruppe alle **Kohlenstoffdioxidquellen** sammeln, die ihnen einfallen. Sollte sich diese Liste auf den Alltag beschränken, erweitern Sie sie gezielt um chemische Reaktionen außerhalb der Verbrennung. Zu denken ist hier an das Hydrogencarbonat-Gleichgewicht in Seen und Ozeanen, an Zementherstellung und -verwendung, also den Kalkkreislauf, oder an großtechnische Verfahren wie Hochofenprozess und Aluminiumherstellung.

Stellen Sie dieser Liste nun eine Liste mit **Kohlenstoffdioxidverbrauch und -verwendungsmöglichkeiten** gegenüber. Viele Punkte werden sich aufheben, wie zum Beispiel Kalkbrennen und das Abbinden oder die Verbrennung und die Photosynthese. Sucht man allerdings nach Verwendungsmöglichkeiten, ist hier maximal an die Kolbe-Schmitt-Synthese oder Acetylierung bei der Acetylsalicylsäure-Herstellung zu denken. (Ob Sie als Lehrkraft bereits jetzt laut über diese Ideen mit nachdenken, ist zu überlegen, wie im weiteren Verlauf der Reihe zu sehen sein wird.)

Es hat sich als förderlich erwiesen, nun einige **Berechnungen** mit den Formeln für die (molare) Masse und die Stoffmenge anzustellen. So könnte berechnet werden, wie viel CO<sub>2</sub> ein Schokoriegel oder ein Glas Limonade freisetzt oder eine Ferienreise mit dem Flugzeug emittiert. In Vergleich dazu könnte die Photosynthese gesetzt werden – am besten mit den Schülern, die fit in Biologie sind – nämlich wie viel schwerer eine Pflanze (der Einfachheit halber gerechnet in Glucose) dafür werden muss. So werden Stöchiometrie, molares Gasvolumen, Umgang mit SI-Einheiten ebenso gefordert wie Formeln umstellen und Schätzungen zu Dimensionen im Kilotonnen-Maßstab. Ein Rechenbeispiel finden Sie bei den Erläuterungen zu **M 1**. Sind alle verblüfft genug, wie gigantisch die Ausmaße der Problematik sind, sollten **Auswirkungen** im Unterrichtsgespräch „gesammelt“ werden. Hier ist an Treibhauseffekt, Versauerung der Ozeane oder Pflanzenwachstum zu denken. Das wiederum bedingt Wissen aus Nachrichten und der Mittelstufe, wo obligatorisch das Klima mitbehandelt wird. Ebenso wird die Einführungsphase mit Massenwirkungsgesetz, Gleichgewichtsreaktionen und dem Hydrogencarbonat-Gleichgewicht tangiert. Experimentell kann hier der Versuch „Wie viel Gas entsteht aus einer Brausetablette?“ schnell wiederholt werden, ebenso wie Versuche mit Spritzentechnik, zum Beispiel die Veränderung des pH-Wertes beim Pressen/Lösen von CO<sub>2</sub> in Wasser und umgekehrt (siehe Internetquelle ChemZ.de).

Alternativ kann auch der Kalkkreislauf durch Brennen und Löschen von Kalk – und der damit verbundene Zusammenhang zur energetischen Dimension – wiederholt werden. Sind alle Gegebenheiten zusammengetragen, kann die Frage gestellt werden, was mit dem „überschüssigen“ CO<sub>2</sub> geschehen soll, da nicht alles in Zement gebunden werden kann, was an fossilen Brennstoffen oxidiert wird. Manchmal kommen Lernende automatisch auf das Sammeln und/oder auf Lager. Wenn nicht, kann als vorbereitende Hausaufgabe die Recherche zum Begriff **Carbon Capture and Storage** aufgegeben werden. Dabei sollten der Gedanke des Abscheidens (Capture) und der des Lagerns (Storage) betont werden. Ist das Prinzip in groben Zügen klar, können webbasierte Karten, der originale Gesetzentwurf, Zeitungsausschnitte oder eigene Ideen des Kurses Diskussionsgrundlage sein auf Basis von chemischem (Löslichkeit, Eigenschaften), physikalischen (Druck), geografischen (leere Lagerstätten) und politi-

schen beziehungsweise sozialen Aspekten (Angst vor Gefahren), die Möglichkeit des Lagerns zu bewerten.

Die meisten Schüler nehmen hier auch schnell eine Kontra-Position ein und stellen fest, dass der Nutzen den aktuellen Möglichkeiten unterliegt. Methodisch sind hier Plakate, selbstgedrehte Nachrichtenbeiträge, Experteninterviews oder Debatten denkbar. Moderne Medien – es reicht schon die Mobiltelefonkamera eines Schülers – sollten hier nicht gescheut werden. Filme drehen macht unglaublich Spaß! Und die Komprimierung von Fachwissen auf verständliche Kanäle ist ungeheuer anspruchsvoll und in Teilen studien-, bzw. berufsvorbereitend (Hinweise und Anregungen siehe auch: Lithium – Fluch oder Segen für Schwellenländer? RAAbits Chemie, 43. Ergänzungslieferung, Mai 2013, Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH, Fachverlauf für die Schule, Stuttgart).

Die der Politik mittlerweile auch bekannte Sackgasse ist damit erreicht und muss nun umfahren werden. Es eröffnet sich automatisch eine Alternative zum Speichern von CO<sub>2</sub>: dessen Verwendung (Carbon Capture and Use).

Diesen Gedanken hat auch die Wissenschaft mittlerweile aufgegriffen. Setzen Sie dazu **M 2** ein, und lassen Sie den Kurs zunächst in Einzel-, dann in Gruppenarbeit die beiden Auszüge aus den Einführungen der Doktorarbeiten übersetzen und anschließend vergleichend gegenüberstellen. Es sollte deutlich werden, dass in beiden die gleiche Problematik angesprochen wird und sie äußerst aktuell und nur schwer zu bewältigen ist. Zur gleichen Zeit erfahren die Lernenden,

- ✓ wie eine Studienarbeit angelegt sein kann,
- ✓ wie eine wissenschaftliche Fragestellung entsteht und angegangen wird,
- ✓ wie unentbehrlich die englische Sprache ist,
- ✓ wie aktuell die Thematik ist.

Hier ergibt sich das Problem, dass es sich um ein relativ neues Forschungsfeld handelt und zudem noch ein recht anspruchsvolles. In diesem Beitrag werden daher nur Schlaglichter auf einige Aspekte geworfen. Zunächst sollte deutlich werden, dass die Polymerisation grundsätzlich der geeignete Weg des Bindens von Kohlenstoffatomen allgemein ist. Sind schon Polyene, Polyester, Polycarbonate oder andere Polymere bekannt, kann ungebremst mit diesem Beitrag fortgefahren werden. Ansonsten müssen die Prinzipien der Polymerisation und die entstehenden Produkte gemäß aktuellem Lehrplan besprochen werden. Da das den Rahmen dieser Veröffentlichung sprengen würde, ist der nächste Aspekt die Härte von Polymeren. Es wird davon ausgegangen, dass Elastomere, Duro- und Thermoplaste, ihre Herstellung und Eigenschaften bekannt sind.

Daraufhin kann nämlich gefragt werden: Betrifft mich das? Die Härte von Kunststoff?

Und es muss unmissverständlich gezeigt werden: Ja! Tut sie! Täglich und überall. Kunststoffe sind von Natur aus oft starr und meist spröde. Dies ist nicht für alle Anwendungszwecke gewünscht. An dieser Stelle kann im Unterrichtsgespräch gesammelt werden, für welche Verwendung welcher Kunststoff gewünscht wird. Die Frage, wie Kunststoffe weicher gemacht werden, ist meist schnell beantwortet. Entweder wird ihre Struktur verändert (z. B. bei LDPE) oder ihnen werden bis zu 30 % Weichmacher beigefügt. Jedem Kursmitglied wird mithilfe von **M 3** schnell klar, wo dies überall der Fall ist. In der Regel werden hier Einweg-Trinkflaschen genannt. Auch ist die resultierende Gefahr oft klar: Wenn ein Weichmacher beigefügt wird – bleibt er dann im Kunststoff? Wenn nicht, ist das schädlich? Meist ist an dieser Stelle auch schnell klar: Ein Gefahrstoff wie der Weichmacher hat nur zwei Möglichkeiten, zu entweichen: in die Umwelt nach außen oder in die Flasche und damit in ihren Inhalt. So wird auch klar: Je weicher die Flasche, desto mehr Weichmacher wurde verwendet. Dies steigert die Wahrscheinlichkeit, in den Flascheninhalt emittiert und damit von uns inkorporiert zu werden. Als vorbereitende Hausaufgabe könnte arbeitsteilig gestellt werden, was es für Weichmacher gibt, wie sie hergestellt werden, wie sie verwendet werden und welche Wirkung sie auf einen Organismus haben. Trägt man die Informationen zusam-

men, ergeben sich Teile der Übersicht in **M 1**. Zudem werden nicht nur die östrogenen Wirkungen bei Tieren, sondern auch bei Menschen durch Medienrecherchen schnell angesprochen. Dieser Bewertungsaspekt kann nun in Kooperation mit dem Fach Biologie beliebig vertieft werden. Interessant für das Fach Chemie ist jedoch eher die Herstellung eines solchen Weichmachers. Zur Wiederholung organischer Mechanismen (u. a. die elektrophile aromatische Substitution) können Sie die Herstellung eines klassischen Weichmachers (**M 4**) nutzen. Mit **M 5** wiederholen Sie Begriffe rund um die Veresterung und bereiten so auf den Mechanismus der Umesterung von Rapsöl (**M 6**) vor. Dieses Öl stellt im Hinblick auf den Hunger der Welt nach nachwachsenden Energieträgern einen den Schülern vertrauten Aspekt dar. Diesen können Sie mit **M 6** und **M 7** ausgiebig mechanistisch und verfahrenstechnisch erarbeiten. Hier sollte Einzelarbeit oder maximal Partnerarbeit vorherrschend sein, um einen Geschmack universitären Arbeitens zu erhalten. Die Präsentation der Arbeitsergebnisse dem Plenum ergänzt das Vorhaben.

Die experimentelle Auswertung der Herstellung rundet den Teil mit eigenen Ergebnissen ab. Hier kann die Lerngruppe aus dem Vollen schöpfen und analytische Verfahren aus den vorangegangenen Jahren Chemieunterricht mit erwarteten Stoffeigenschaften verknüpfend anwenden, um der Frage nachzugehen, inwieweit Biodiesel als Ersatz für fossile Brennstoffe realistisch scheint. Wurde dieser Frage kontrovers nachgegangen, schließt sich die Epoxidierung von Biodiesel an, bei der aus dem biologischen Rohstoff ein Weichmacher wird (**M 8**).

Dies ist das in **M 2** angesprochene aktuelle Forschungsgebiet vieler verschiedener Forschergruppen, das Sie mit **M 9**, dem Mechanismus der Ringöffnungspolymerisation, erarbeiten. Scheitert nämlich bis hierhin die Idee – das Binden von CO<sub>2</sub> in Pflanzen –, ist der nächste Schritt – die Herstellung von Kunststoffen aus den epoxidierten Biodieseln – stöchiometrisch wenig sinnvoll, denn pro Mol Epoxid wird nur ein Mol CO<sub>2</sub> gebunden. Damit haben Sie eine gute Bewertungsgrundlage für die Lerngruppe (**M 10**). Der Mechanismus der Epoxidierung und die anschließende Ringöffnungspolymerisation (**M 9**) sind zwar nicht expliziter Bestandteil der Lehrpläne, bieten aber einen hervorragenden „Blick über den Tellerrand“, denn nun ist es inhaltlich bis zu den Themen der ersten Vorlesungen in organischer Chemie nicht mehr weit.

### Hinweise zum fachübergreifenden Unterricht

Sie können bei diesem Projekt eng mit der Biologie zusammenarbeiten. Lohnenswert wäre es besonders im Hinblick auf Photosynthese und Stoffwechsel, das benötigte Pflanzenwachstum anzusprechen oder in Bezug zur Genetik fettreiche Pflanzen zu züchten.

### Literatur

Anregendes Protokoll zur Umweltverträglichkeit von Biodiesel:

**Huber, Dominic; Maier, Hanna, und Stiedel, Julia:** Nachwachsende Rohstoffe – Vom Raps zum Biodiesel. o. O. 2012 (auch online einsehbar unter [www.seminare-bw.de/site/pbs-bw-new/get/documents/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/Seminare/seminar-reutlingen-rs/pdf/nwa-tag-biodiesel-neu.pdf](http://www.seminare-bw.de/site/pbs-bw-new/get/documents/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/Seminare/seminar-reutlingen-rs/pdf/nwa-tag-biodiesel-neu.pdf))

Schönes Skript der Uni Marburg zum Umesterungsversuch:

**Lasse, Torsten:** Herstellung von Biodiesel. Skript zum organisch-chemischen Praktikum für das Lehramt. Marburg 2008 (auch online einsehbar unter: [www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/praktikumsprotokolle.html](http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/praktikumsprotokolle.html))

Informationen zur Synthese cyclischer Carbonate inkl. Mechanismus:

**North, Michael, und Pasquale, Riccardo:** Mechanism of Cyclic Carbonate Synthesis from Epoxides and CO<sub>2</sub>. Angewandte Chemie. Int. Ed. 2009, 48, S. 2946–2948.

(online einsehbar unter [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2898159](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2898159))

Und umgekehrt, tolle Informationen zur Ringöffnung und Polymerisation (passend zu M 9):

**Piesik, Dirk:** Ringöffnungspolymerisation polarer Monomere mit mono- und bimetalischen Initiatoren der Gruppen 2 und 12. Dissertation an der Universität Duisburg-Essen. 2010. (online unter: <http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet/Document-24191/PhD.pdf>).

Wer eine Hochschulbibliothek in der Nähe hat, findet gute weiterführende Informationen zur Prileschajew-Epoxidierung von Biodiesel (M 8) – zum Beispiel für einen Leistungskurs:

**Wilde, Nicole; Worch, Christian; Suprun, Wladimir, und Gläser, Roger:** Epoxidation of biodiesel with hydrogen peroxide over Ti-containing silicate catalysts. *Microporous and Mesoporous Materials*, Volume 164, 1 December 2012, S. 182–189.

## Internet

Informationen zum CCS Gesetz:

**[www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/Artikel/2011/04/2011-04-13-kabinett-ccs.html](http://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/Artikel/2011/04/2011-04-13-kabinett-ccs.html)**

Versuche mit Spritzentechnik von Gregor von Borstel zur Wiederholung des chemischen Gleichgewichtes: **[www.chemz.de](http://www.chemz.de)**

Informationen zum Gefährdungspotenzial von BPA (nötig für M 3):

**[www.bfr.bund.de/de/fragen\\_und\\_antworten\\_zu\\_bisphenol\\_a\\_in\\_verbrauchernahen\\_produkten-7195.html](http://www.bfr.bund.de/de/fragen_und_antworten_zu_bisphenol_a_in_verbrauchernahen_produkten-7195.html)**

## Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

⌚ D = Durchführungszeit Fo = Folie GBU = Gefährdungsbeurteilung

# Die **Gefährdungsbeurteilungen** finden Sie auf  **CD 52**.

<b>M 1</b>	<b>Fo</b>	<b>An Kohlenstoff kommt keiner vorbei!</b>
	⌚ D: 45 min	Wiederholung der Eigenschaften und Verwendung von Kohlenstoff
<b>M 2</b>	<b>Ab</b>	<b>Carbon Capture and Use – how to use Carbondioxide?</b>
	⌚ D: 60 min	Wissenschaftlicher Einstieg in die Thematik anhand von zwei Doktorarbeiten
<b>M 3</b>	<b>Ab (Info)</b>	<b>Polymerisierung von Kohlenstoffdioxid – warum?</b>
	⌚ D: 10 min	Ggf. auch Lehrervortrag über die Wirkung von Weichmachern in Kunststoffen
<b>M 4</b>	<b>Ab</b>	<b>EXKURS – Herstellung klassischer Weichmacher</b>
	⌚ D: 45 min	Anwendungsbezogene Wiederholung organischer Reaktionsmechanismen und des RedOx-Begriffes
<b>M 5</b>	<b>Ab</b>	<b>Herstellung biologisch abbaubarer Weichmacher</b>
	⌚ D: 90 min	Vorbereitung der Experimente durch Wiederholung rund um die Stoffklasse der Ester anhand von Fetten

**M 6 SV, GBU# Herstellung von Biodiesel im Schülerversuch**

⌚ V: 10 min Basenkatalysierte Verseifung von Speisefetten zu Biodiesel und experimentelle Auswertung  
 ⌚ D: 90 min

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> NaOH <sub>(s)</sub>   | <input type="checkbox"/> Regelbare Heizvorrichtung (z. B. Heizplatte)                                 |
| <input type="checkbox"/> Methanol      | <input type="checkbox"/> Glasplatte und unbeschichteter Pappkarton zum Viskositätsvergleich           |
| <input type="checkbox"/> ggf. einige Tropfen Mineralöldiesel     für Kressewachstumsvergleich | <input type="checkbox"/> Thermometer bis 500 °C für Flammpunktsbestimmungen                           |
| <input type="checkbox"/> Reagenzgläser entsprechend der Probenanzahl  | <input type="checkbox"/> Kammern für Beobachtung des Kressewachstums (z. B. Bechergläser mit Uhrglas) |
| <input type="checkbox"/> durchbohrte Stopfen mit Glasrohr zu den Reagenzgläsern passend   | <input type="checkbox"/> Pipetten, Waage, Stativmaterial, Spatel                                      |
| <input type="checkbox"/> 1 Becherglas als Wasserbad   |   |

**M 7 Ab Der Mechanismus der Umesterung**

⌚ D: 30 min Partnerarbeit zum Mechanismus der Umesterung zur Wiederholung und Einübung der Fachsprache mit gegenseitiger Lernerfolgskontrolle

**M 8 Ab Wie wird aus Biodiesel ein Weichmacher?**

⌚ D: 60 min Epoxidierung nach Prileschajew

**M 9 Ab Und wo bleibt das Kohlenstoffdioxid? Die Herstellung von Polyetherpolycarbonaten aus Epoxiden**

⌚ D: 30 min Exkurs in die Polymerisation von Epoxiden zum Verständnis von **M 2**

**M 10 Ab Lernerfolgskontrolle**

⌚ D: 45 min Eine interaktive Lernerfolgskontrolle durch Bewertung der einzelnen bisherigen Arbeitsschritte

**Minimalplan**

Ihnen steht nur wenig Zeit zur Verfügung? Dann lässt sich die Unterrichtseinheit auf **vier Stunden** kürzen. Die Planung sieht dann wie folgt aus:

<b>1. Stunde (M 1–3, evtl. M 4–5)</b>	Wiederholen Sie mit M 1 Wissen rund um den Kohlenstoff. Aufgabe 1 kann dazu auch eine vorbereitende Hausaufgabe sein, um Aufgabe 2 in der Stunde zu besprechen. Die Stunde kann mit einem Lehrervortrag zu M 2 u./o. M 3 abgeschlossen werden. Geben Sie zur nächsten Stunde M 4 u./o. M 5 auf, um Wissen rund um Reaktionen in der Organik zu wiederholen.
<b>2./3. Stunde (M 6–8)</b>	Hier müssten industrielle Fette vorgehalten werden, um den Bereitstellungsprozess abzukürzen. Während die Umesterung läuft, kann M 7 in Partnerarbeit bearbeitet werden. Die Auswertungsversuche können auf die Viskositätsmessung beschränkt werden. Bei einer Doppelstunde kann die Auswertung ausführlicher erfolgen, oder es kann z. B. die HA ausführlich besprochen werden. Geben Sie M 8 als neue Hausaufgabe auf.
<b>4. Stunde (M 9)</b>	Vergleichen Sie die noch nicht besprochenen Ergebnisse, und stellen Sie im Lehrervortrag kurz die Ringöffnungspolymerisation vor. Diskutieren Sie abschließend die Zukunftsaussichten der Grundidee.

**Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 18.**

# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

## Auszug aus: *Plastik aus CO<sub>2</sub>*

Das komplette Material finden Sie hier:

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



31. Plastik aus CO<sub>2</sub> – ein Weg zu mehr Umweltschutz 1 von 11

**Plastik aus CO<sub>2</sub> – ein Weg zu mehr Umweltschutz?**

Jochen Hermanns, Würzburg

**Hinweis:** Sek. II

**Dauer:** 12 Unterrichtsstunden (Minimallänge: 5 Unterrichtsstunden)

**Kompetenzen:** Die Schüler\* können ...

- Informationen aus wissenschaftlichen (auch fremdsprachigen) Publikationen entnehmen und anhand dieser für eine und für Lehrer\*erweiterte Fragestellungen zum Umgang mit Kohlenstoffdioxid arbeiten;
- diese Fragestellungen anhand ihres chemischen Wissens theoretisch und experimentell untersuchen, um zu einem abgrenzten Standpunkt zu gelangen und diesen fachlich und sachlich fundiert zu vertreten;
- dabei Grenzen und Möglichkeiten zum Umgang mit Kohlenstoffdioxid begründen aufzeigen;
- innerhalb dieser Grenzen Reaktionen von Kohlenstoffverbindungen zu Reaktionsfolgen und Reaktionsregeln vertiefend entwickeln, um ein Polymer herzustellen;
- bei dieser Entwicklung die Synthese ausgewählter organischer Verbindungen im niederen bis auch im makromolekularen Bereich erläutern;
- so zu einem wissenschaftlich aktuellen Beispiel der Umgang mit der Ressource Erdöl auch unter Berücksichtigung von Gesundheitsaspekten bewerten;
- auf diese Weise der Weg zu einem „mit Kohlenstoffdioxid“-Makrol mit geeigneten Schemata mehrschrittig.

**Der Beitrag enthält Materialhilfen für:**

- ✓ offene Unterrichtsformen ✓ Schülerversuche ✓ Abiturvorbereitung

**Hintergrundinformationen**

Am 23.08.2015 lehnte der Bundestag die Gesetzesvorlage zum Carbon Capture and Storage (CCS) ab. Wird dies nicht so gelöst, wie der Weg gebahnt werden, ohne weitere Solarheizeffizienzen und Forschungen über von 900 Millionen Tonnen jährlich (Stand 2014) das in Deutschland anfallende Kohlenstoffdioxid in unterirdischen Lagerstätten unter unseren Häusern, Städten und Feldern zu verpressen und langfristig zu binden. Das bei der Erzeugung benötigte Gas (Erdgas) auf die Erde, was, wenn dieses nicht in eine Treibhausgas wieder in Massen an die Oberfläche gelangt?

Es ergab sich für Politik, Wirtschaft und Forschung daraus die Herausforderung, Alternativen zum Umgang mit Kohlenstoffdioxid zu finden, um es dauerhaft – oder zumindest eingetrag – aus dem natürlichen Kohlenstoffkreislauf zu entfernen. Ein zentraler Kompetenzbereich, bei dem das Lernen ein Vorbild sein sollte, wurde am 28.02.2015 beschlossen. Das Problem ist allerdings gelöstes Kohlenstoffdioxid ist reaktionsfähig, veratmet aber nahezu bei jedem chemischen großtechnischen Prozess und bei alltäglichen Dingen wie Abmahlung oder Autokatalyse.

Diese Unterrichtseinheit soll im Hinblick auf diese Problematik mehrere Ansätze und Ziele verfolgen. Sie soll auf Aktivitäten

- ✓ Einblick in die Problematik gewinnen und für sie sensibilisieren.
- ✓ Ein Blick zum eigenen Alltag herstellen.

\* Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der einfachen Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet. Schülerinnen sind genauso gemeint.

© BMBWF, Chemie, August 2015