

CO₂ speichern und so das Klima schützen? – Wissenschaftlich diskutieren

Nach einer Idee von Jochen Hermanns



© Surasak Suwanmake/Moment

In dieser Unterrichtseinheit beschäftigen sich Ihre Schülerinnen und Schüler mit dem CCS, dem Carbon Capture and Storage. Auf anspruchsvollem Niveau sollen sie wissenschaftlich über die verschiedenen Möglichkeiten zur Speicherung von Kohlenstoffdioxid diskutieren und diese im Anschluss bewerten. Es werden die Thematiken rund um Makromoleküle und Kohlenstoffdioxid angewendet, indem die Herstellung von Weichmachern und recycelbaren Kunststoffen näher betrachtet wird. Ebenso werden die Stoffklassen Ester und Polymere mit der Thematik verknüpft und so ebenfalls wiederholt. In einem Schülerversuch stellen Ihre Schülerinnen und Schüler Biodiesel durch eine Umesterung von Fetten und Ölen selbstständig her.

Kohlenstoff speichern und so das Klima schützen? – Wissenschaftlich diskutieren

Niveau: weiterführend, vertiefend

Klassenstufe: 12–13

Jochen Hermanns

Methodisch-didaktische Hinweise	1
M1: Die Vielfalt von Kohlenstoff und seinen Verbindungen	6
M2: Was passiert mit dem entstandenen CO ₂ ?	7
M3: Polymerisierung von Kohlenstoffdioxid	9
M4–M5: Herstellung Weichmacher	10
M6: Schülerversuch zur Herstellung von Biodiesel	14
M7: Umesterung – Was passiert chemisch?	17
M8: Ein Weichmacher aus Biodiesel	19
M9: Und wo bleibt das Kohlenstoffdioxid?	21
M10: Ist das Verfahren profitabel?	22
Hinweise und Lösungen	23

Kompetenzprofil

Niveau	Weiterführend, vertiefend
Fachlicher Bezug	Stoffkreislauf in der Natur
Methode	Schülerversuch, Gruppenpuzzle,
Basiskonzepte	Struktur – Eigenschaft: Modifikationen des Kohlenstoffs
Erkenntnismethoden	formulieren Hypothesen zur Beeinflussung natürlicher Stoffkreisläufe, beschreiben die Vorläufigkeit der Aussagen von Prognosen zum Klimawandel
Kommunikation	recherchieren angeleitet und unter vorgegebenen Fragestellungen Eigenschaften und Verwendungen und präsentieren die Rechercheergebnisse adressatengerecht, strukturieren und hinterfragen die Aussagen der Informationen
Bewertung/Reflexion	zeigen Vor- und Nachteile ausgewählter Produkte und ihrer Anwendung auf, gewichten diese und beziehen begründet Stellung zu deren Einsatz
Inhalt in Stichworten	Kohlenstoff, Umwelt, Polymerisation

Überblick

Legende der Abkürzungen:

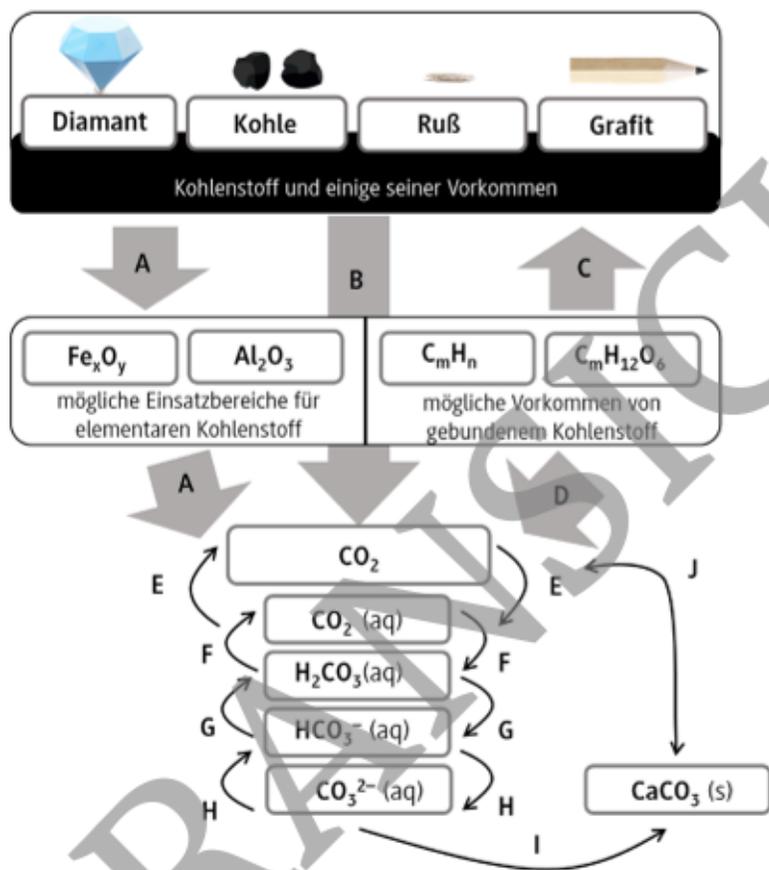
AB Arbeitsblatt

FO Folie

SV Schülerversuch

Thema	Material	Materialart
Die Vielfalt von Kohlenstoff	M1–M2	FO, AB
Polymerisierung von Kohlenstoffdioxid	M3	AB
Herstellung Weichmacher	M4–M5	AB
Schülerversuch zur Herstellung von Biodiesel	M6	SV
Umesterung – Was passiert chemisch?	M7	AB
Ein Weichmacher aus Biodiesel	M8	AB
Und wo bleibt das Kohlenstoffdioxid?	M9	AB
Ist das Verfahren profitabel?	M10	AB

M1 Die Vielfalt von Kohlenstoff und seinen Verbindungen



Aufgaben

- Erläutern** Sie jeden Pfeil mit mindestens einem Beispiel aus dem Chemieunterricht der letzten zwei Jahre. Das können konkrete Prozesse, wie das Haber-Bosch-Verfahren bei der Ammoniak-Synthese, komplizierte Reaktionsmechanismen oder einfache Reaktionen und Stoffbeispiele sein.
- Bewerten** Sie, welche der Möglichkeiten die sicherste (und damit langfristigste), die einfachste und die umweltschonendste Methode ist, Kohlenstoff langfristig zu binden.

M6 Schülerversuch zur Herstellung von Biodiesel



Chemikalien

- Methanol
- Natriumhydroxid
- Fett (z. B. Rapsöl, Walnussöl, zerlassener Speck, Butterschmalz)
- Dest. Wasser



Geräte

- Becherglas
- Reagenzglas
- Durchbohrter Stopfen
- Glasrohr
- Wasserbad
- Evt. Magnetrührer und Magnetrührkern

Biodiesel ist nichts anderes als das Ergebnis einer Veresterungsreaktion von Fettsäuren tierischen oder pflanzlichen Ursprungs und Methanol oder Ethanol.

Schritt 1: Bereitstellung des Fettes

Einigen Sie sich im Kurs darauf, welches Fett für den Versuch verwendet werden soll. Es ist natürlich auch möglich, verschiedene Fette zu verwenden und die Ergebnisse anschließend zu vergleichen. Als gut umsetzbar haben sich unter anderem Raps- und Walnussöl herausgestellt. Hier können Sie auch aus frischen Walnüssen das Fett mit Ethanol extrahieren, indem eine Mischung aus zerkleinerten Nüssen und Ethanol aufgekocht und filtriert wird. Natürlich ist durch das Erhitzen schon ein Teil des Fettes mit Ethanol umgeestert! Alternativ muss das Fett herausgepresst werden. Auch zerlassener Speck oder Butterschmalz sind geeignet.

Sie können auch quantitativ arbeiten und die Masse des herausgelösten Fettes im Verhältnis zur Öl Saat bestimmen, um einen Eindruck davon zu erhalten, wie viele Pflanzen notwendig sind, um die gewaltigen benötigten Ölmengen zur Spritherstellung zu substituieren.



Foto: Thinkstock / iStock

Schritt 6: Auswertung auf chemischer und physikalischer Ebene

- **Stellen** Sie einander die Ergebnisse des Versuches **vor**. **Gehen** Sie dabei auch auf Beobachtungen wie Farbveränderungen, Dichteunterschiede oder Trübungen **ein**.
- **Diskutieren** Sie auch mögliche Fehlerquellen.
- **Fassen** Sie tabellarisch die Ergebnisse **zusammen**, die aus den Untersuchungen der Proben resultieren. Etwa so:

verwendete Probe	Fließdauer auf Glas in s *	Dauer bis zum Durchweichen in s **	Beobachtbarer Einfluss auf Pflanzenwachstum	Flammpunkt in °C
Wasser				entfällt
reines Fett (Edukt 1 bis ...)				
Probe (eigenes Produkt 1 bis ...)				
Mineralöldiesel				entfällt wegen Gesundheitsgefährdung

* (für 10 cm Strecke)

** von Pappe

- **Ermitteln** Sie nun mögliche Ursachen für die Veränderungen durch die Reaktion. Gehen Sie dabei auf Kettenlängen der Fettsäuren (Hilfe liefert das Internet) und inter- sowie intramolekulare Wechselwirkungen und Bindungen ein.

Schritt 7: Auswertung auf wirtschaftspolitischer Ebene

Bewerten Sie abschließend die Herstellung von Biodiesel als langfristigen Ersatz für den weltweiten Bedarf an Brennstoffen aufgrund der ermittelten Daten. **Gehen** Sie dabei ggf. auch auf die unterschiedlichen verwendeten Pflanzen (Ertrag, Wachstumsgeschwindigkeit etc.) ein.

Die Umesterung – Was passiert chemisch?

M7

Gruppe A – Von der Reaktionsbeschreibung zur Formel



Aufgabe 1

Stellen Sie den Reaktionsmechanismus für die Umesterung anhand der nachfolgenden Beschreibung auf. Beschriften Sie auch die Schritte mit den richtigen Fachbegriffen. Natriumhydroxid löst sich zunächst in Wasser. Die Hydroxid-Ionen reagieren als Base und deprotonieren je ein Methanolmolekül. Natriummethanolat und Wasser entstehen und bleiben in Wasser gelöst. Das Methanolat-Anion greift an einem der Carbonyl-Kohlenstoffatome des Triglycerids nucleophil unter Bildung eines tetraedrischen Übergangszustands an. Unter Freisetzung des Glycerinats (dem deprotonierten Anion von Glycerin) bildet sich der Methyl ester. Das Glycerinat reagiert mit dem im Überschuss vorhandenen Methanol weiter zu Glycerin und dem Katalysator Methanolat. Die Reaktionsschritte sind zwar prinzipiell reversibel, durch die Unlöslichkeit des Glycerins in der Methyl esterphase wird die Reaktion durch Phasentrennung jedoch auf die Seite des Methyl esters verschoben.

Tip: Schreiben Sie der Einfachheit halber für das gesamte Glycerinmolekül und zwei seiner Fettsäuren einfach ein „R“ für „Rest“ und für die Fettsäure „R1“. Etwa so:



Aufgabe 2

Vergleichen Sie nun mit einem Partner aus Gruppe B Ihr Ergebnis. Im Idealfall sollten beide Lösungen übereinstimmen. **Diskutieren** Sie im Plenum eventuelle Abweichungen.