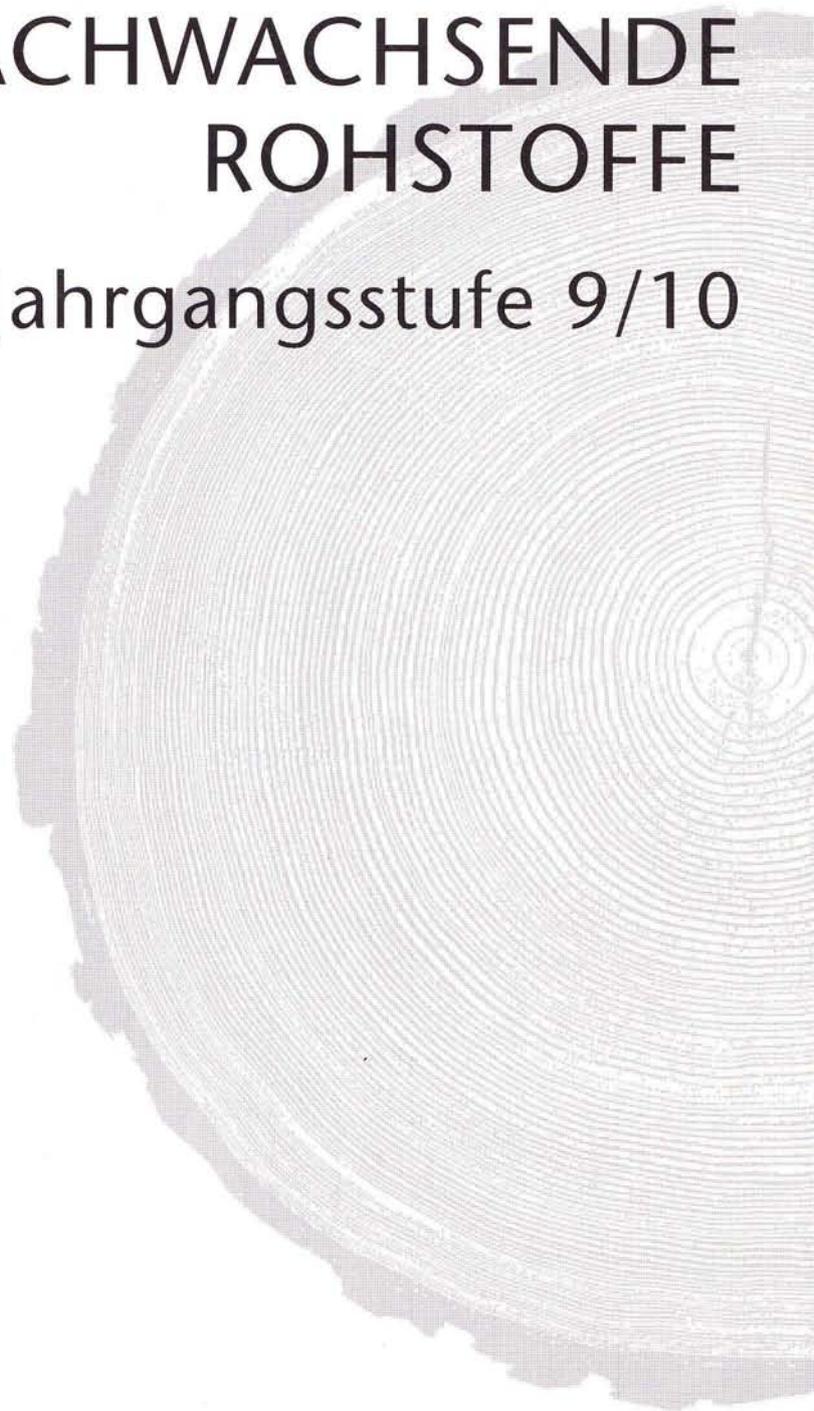


FOSSILE UND NACHWACHSENDE ROHSTOFFE

Jahrgangsstufe 9/10



Lernbereich Naturwissenschaften

Handreichung zum Rahmenthema

Fossile und nachwachsende Rohstoffe

Jahrgangsstufe 9 / 10

Herausgegeben vom
Hessischen Institut für Bildungsplanung und Schulentwicklung

Wiesbaden 1997

Autor: Lutz Stäudel

Redaktion: Brigitte Werber, Armin Kremer

<weitere Bibliographische Daten>

Inhalt	Seite
1. Zum Inhalt dieses Heftes	1
2. Fossile und nachwachsende Rohstoffe in Gesellschaft, Alltag und im Unterricht	2
3. Zur Konkretisierung des Rahmenthemas „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“ im Lernbereich Naturwissenschaften	5
* Didaktische und methodische Hinweise	6
* Hinweise zur Verwendung von Formeln und Modellen im Zusammenhang mit dem Rahmenthema „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“	8
* Konkretisierungsbeispiel (A) <i>Verpackungen aus fossilen und nachwachsenden Rohstoffe</i>	10
* Konkretisierungsbeispiel (B) <i>Rohstoffpflanze Lein</i>	11
4. Experimente / Vorschläge für Untersuchungen	13
5. Materialien	33
6. Außerschulische Lernorte	45
7. Medien	45
8. Literaturhinweise	46
9. Adressen	47
Anhang: Auszug aus dem Rahmenplan Naturwissenschaften	48

1. Zum Inhalt dieses Heftes

Der Rahmenplan Naturwissenschaften für die Sekundstufe I gibt die im Unterricht zu behandelnden verbindlichen Inhalte vor sowie Rahmenthemen, in deren Zusammenhang diese Inhalte zu erarbeiten sind. Diese Rahmenthemen müssen entsprechend der Situation am Ort (Lerngruppe, Bildungsgang, Ausstattung, örtliche und situative Gegebenheiten) weiter konkretisiert werden. Diese Handreichung soll hierfür Hilfe und praktische Unterstützung sein. Ihr Gegenstand ist das Rahmenthema der Jahrgangsstufe 9/10^{*)}

„Fossile und nachwachsende Rohstoffe“

Im ersten Abschnitt wird in Umrissen dargestellt, welche Bedeutung fossile und nachwachsende Rohstoffe in wirtschaftlicher und ökologischer Sicht haben. Damit wird zugleich der Stellenwert der Thematik für heutige Schülerinnen und Schüler skizziert.

Im Zentrum des 2. Abschnitts stehen die praktischen Konkretisierungsmöglichkeiten. Aus der Vielzahl prinzipiell möglicher Themen werden die beiden folgenden näher dargestellt:

Verpackungen aus fossilen und nachwachsenden Rohstoffen

Rohstoffpflanze Lein

Diese Auswahl markiert zugleich die Spannweite für mögliche eigene Konkretisierungen. Je nach Thema kann ein eher kognitiver oder ein eher praktischer Zugang zur Fragestellung eröffnet werden, die Durchführung kann stärker projektartig oder lehrgangsartig sein, und schließlich können auch Dauer und Tiefe der Arbeit am Thema im gegebenen Rahmen variieren.

In den Abschnitten 3 und 4 werden Materialien zu den genannten Unterrichtsthemen angeboten, einerseits als Vorschläge für Unter-

suchungen und als Anleitungen für Experimente, zum anderen Informationen und Daten zum Thema sowie Arbeitsblätter zu fachlichen Details. Die Versuche reichen von der Destillation von Erdöl bzw. der Gewinnung von Stärke aus Kartoffeln bis hin zur Polymerisation eines Kunststoffes bzw. zur Herstellung einer Linoleumprobe aus Leinöl. Hinweise auf Versuchsanleitungen bzw. didaktische Konzepte in der Literatur zu anderen möglichen Themen, an denen das Rahmenthema fossile und nachwachsende Rohstoffe konkretisiert werden könnte, schließen sich an.

Ergänzend sind in den Abschnitten 5 bis 8 Informationen zu außerschulischen Lernorten zusammengestellt, die in den Unterrichtsgang einbezogen werden könnten, zu verfügbaren Medien (Kreisbildstellen), zu weiterführender Literatur, die ggf. auch im Unterricht eingesetzt werden kann, sowie Anschriften z.B. für den Bezug von kostenlosen Broschüren, Materialproben o.ä.

Die vorgeschlagenen Konkretisierungen sind weitgehend in der Praxis erprobt.

Rückmeldungen, Kritik und Vorschläge zur Ergänzung sind ausdrücklich erwünscht.

*) Das Rahmenthema „**Fossile und nachwachsende Rohstoffe**“ ist als Auszug aus dem Rahmenplan im Anhang wiedergegeben.

2. „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“ in Gesellschaft, Alltag und im Unterricht

Die moderne Industriegesellschaft verdankt ihren Aufstieg und ihr Aussehen zu einem großen Teil der umfassenden Verwendung von **fossilen Rohstoffen**: Sie sind Grundlage sowohl für die Energiegewinnung wie auch für die stoffliche Produktion der chemischen Industrie. Kohle wird verstromt und verheizt, Öl und Erdölprodukte sind Treibstoffe für den Verkehr auf den Straßen, auf dem Wasser und in der Luft, Erdgas - lange Jahre als unerwünschtes Nebenprodukt der Erdölförderung abgefackelt - verbrennt in den Haushalten und liefert Wärme für industrielle Prozesse. Mit der Kohle erschloss sich die großtechnische Metallverhüttung, die - zusammen mit der Dampfmaschine - technische Grundlage war für die **Industrielle Revolution**. Metalle, insbesondere Stahl, revolutionierten praktisch alle Lebensbereiche, von der Fahrzeugtechnik und dem konstruktiven Bau bis hin zur Kriegs- und Weltraumtechnik.

Inzwischen werden weltweit Kohlen und Kohlenwasserstoffe im Umfang von etwa **10 Milliarden Tonnen Steinkohleneinheiten (SKE)** jährlich gefördert, mehr als 90% davon werden im Energiebereich eingesetzt.

Nachfrage und Verbrauch steigen weiter, insbesondere wegen der Industrialisierung der Schwellenländer und vieler Staaten der „Dritten Welt“. Auch wenn die diesbezüglichen Schätzungen in der Vergangenheit immer wieder nach oben korrigiert werden mussten, steht fest, dass die **fossilen Reserven erschöpflich** sind. Beim Erdöl geht man heute davon aus, dass es bereits in 40 Jahren knapp werden könnte bzw. schwerer zu erschließende Vorkommen abgebaut werden müssen.

Schon während der Öl-(preis)krise in den 70er Jahren wurde eine Vielzahl von Überlegungen angestellt, wie man Energie und damit fossile Rohstoffe sparen könnte; von den geplanten Programmen konnten sich jedoch nur wenige durchsetzen. Inzwischen wird die energetische Nutzung von fossilen Rohstoffen auch unter

ökologischen Aspekten problematisiert: Mit jedem Liter Öl und jedem Kilo Kohle werden nicht nur unwiederbringlich die Ablagerungen aus Jahrmillionen vermindert, vielmehr wird gleichzeitig auch der **Kohlenstoffdioxidgehalt der Atmosphäre erhöht**.

Erste Anzeichen wie der Anstieg der durchschnittlichen Temperaturen sowie die Zunahme von Unwettern lassen befürchten, dass der zusätzliche Treibhauseffekt (an dem die CO₂-Emissionen etwa zu 50% beteiligt sind) tatsächlich zu kritischen **Klimaveränderungen** führen wird.

Neben der energetischen Nutzung spielten die **fossilen Ressourcen** schon immer eine wichtige, wenn auch mengenmäßig wesentlich kleinere Rolle **als Rohstoffe für die Industrie**. So nahm die chemische Industrie und besonders die moderne Synthese ihren Ausgang bei der Nutzung des bei der Verkokung anfallenden Reststoffs Steinkohlenteer, aus bestimmten Erdölfraktionen wurden und werden sowohl Feinchemikalien wie auch Massenprodukte hergestellt, von pharmazeutischen Präparaten bis zum PVC für Fußböden, Rohre und Isolationen. Immerhin **5%** der insgesamt geförderten Kohlenstoffverbindungen werden so stofflich weiterverarbeitet.

Sowohl der zeitweise deutlich gestiegene Preis des Rohstoffs Öl wie auch spezifische Umweltprobleme bei der Herstellung, Nutzung und Entsorgung z.B. synthetischer Kunststoffe, Fasern und Farben haben dazu geführt, dass seit einigen Jahren verstärkt **nachwachsende Rohstoffe** als **alternative Rohstoffbasis** öffentlich diskutiert werden. Damit sind eine Vielzahl von Erwartungen und Hoffnungen verbunden, deren Berechtigung und praktische Bedeutung erst ansatzweise geklärt sind.

Zunächst ist festzustellen, dass sich verschiedene nachwachsende Rohstoffe unterschiedlich gut für verschiedene Zwecke eignen. (vgl. auch Tabelle im Materialteil M 6)

* Die **klassischen pflanzlichen Rohstofflieferanten** Lein, Raps und Hanf liefern Fasern und hochwertige Öle; daraus lassen sich z.B. Textilien, Schmierstoffe und Lösungsmittel gewinnen. Hierbei bleiben die komplexen, in der Pflanze gebildeten Molekülstrukturen erhalten und werden auf hohem stofflichen Niveau genutzt. (Das gilt auch für Spezialanwendungen wie die Herstellung von Bremsbelägen aus pflanzlichen Kurzfasern.)

* Zuckerrübe, Zuckerrohr, Mais und Kokospalmen liefern **industriell leicht weiterverwertbare Rohstoffe** wie Zucker, Stärke oder fette Öle. Diese werden bereits gegenwärtig als Basis für die Herstellung von Massenprodukten wie Waschmittel, Kunststoffe o.ä. genutzt. Dabei werden die aufgebauten Strukturen zumindest zu einem großen Teil erhalten bzw. durch gezielte Veränderungen für ihren Verwendungszweck zugerichtet, wie z.B. bei der Produktion von Folien, die unter Verwendung von Stärke hergestellt werden.

* Durch **Umwandlung in Ethanol oder Methanol** können aus den verschiedensten Stärke, Zellulose oder Zucker enthaltenden Rohstoffpflanzen **Ausgangsstoffe für die chemische Synthese** gewonnen werden. Von diesen einfachen Alkoholen ausgehend kann, ähnlich wie bei Ethylen oder Methan, praktisch die gesamte Palette der organisch-chemischen Produkte hergestellt werden.

* Für die **Energiegewinnung** spielt der tatsächliche stoffliche Aufbau der Rohstoffe nur eine untergeordnete Rolle. Nur beim Biosprit ist es notwendig, auf eine bestimmte Stoffgruppe, die Fettsäureester, zurückzugreifen, die aus pflanzlichen Ölen mit und ohne Umesterung gewonnen werden. Für die Verbrennung eignet sich praktisch jede Art Biomasse. Erste Projekte verwerten daher Restholz oder Stroh, es ist aber nicht auszuschließen, dass für die Energiegewinnung künftig auch schnellwachsende Pflanzen angebaut werden, die dann als zerkleinerte Biomasse in regionalen Anlagen mit Wärme-Kraft-Kopplung verbrannt werden.

Nachwachsende Rohstoffe spielen aber nicht nur in der Technik oder in neuartigen Produkten eine Rolle. Sie haben seit jeher **ihren Platz im Alltag**:

* **Holz** gehört zu den verbreitetsten Werkstoffen beim Bau, bei der Möbelherstellung und dient auch zur Papierherstellung,

* **Textilien** werden zu ca. 50% aus Baumwolle, Wolle, Lein oder Seide hergestellt, weitere 20% bestehen aus chemisch modifizierter Cellulose (Azetatseide, Viskose u.ä.)

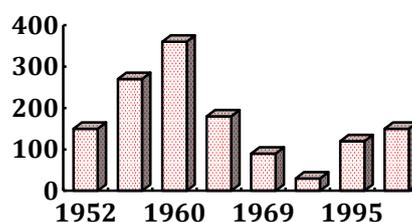
* Fette werden zu **Seifen** verarbeitet, viele **Kosmetika** verwenden natürliche Rohstoffe, und schließlich erscheinen **Pflanzeninhaltsstoffe** als Phytopharmaka und Duftstoffe.

In einigen Bereichen erobern nachwachsende Rohstoffe gerade ihren Platz zurück, von dem sie in der Nachkriegszeit durch kostengünstiger herzustellende Kunststoffprodukte verdrängt worden waren: so das Linoleum, das zunächst dem PVC weichen musste, oder hochwertige Naturfasern, die zeitweise völlig vom Markt verschwunden waren.

Fossile und nachwachsende Rohstoffe werden vermutlich noch viele Jahrzehnte **koexistieren**. Die Auseinandersetzung damit kann aber nicht auf künftige Generationen abgewälzt werden. Vielmehr fallen Entscheidungen für oder gegen eine nachhaltige Nutzung bereits heute. Schule und besonders der naturwissenschaftliche Unterricht kann und soll über die fachliche, die konkret stoffliche und die

territorialen den entsprechenden Fragestellungen daher einen angemessenen Platz einräumen und Möglichkeiten für eine theoretisch-reflektierende wie auch praktische Auseinandersetzung schaffen, die der Tragweite und Bedeutung der Thematik gerecht werden.

**Leinölproduktion weltweit
(in 1000 Tonnen)**



alltagsrelevante Seite hinaus die Einsicht befördern, dass alle menschlichen Aktivitäten - technische wie biologisch-physiologische - in den **Kohlenstoff-Kohlendioxid-Kreislauf** eingebunden sind. Beispiele dafür gibt es von der Ernährung bis zur Energiebereitstellung, von der Produktion bis zur Entsorgung nicht mehr gebrauchsfähiger Produkte.

Den **Schlüssel** für dieses Verständnis stellen die **Naturwissenschaften** bereit. Die chemische Betrachtung offenbart die Verwandtschaft von Kohlenstoffverbindungen fossiler und pflanzlicher Herkunft. Die Entstehungsgeschichten von Erdöl und Kohle verweisen darüber hinaus auf die Photosynthese als gemeinsame Quelle von heutiger Biomasse und den vor ca. 500 Millionen Jahren entstandenen Kohlenstoffreserven: Erdöl, Erdgas und Kohle stellen in diesem Sinne „stillgelegte“ Biomasse dar. Und schließlich las-

sen sich auch Parallelen beim chemischen Reaktionsverhalten herausarbeiten, etwa im Vergleich einer Polymerisation bei Syntheseprodukten und dem „Trocknen“ von pflanzlichen Ölen an der Luft.

Indem Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben wird, dieses Eingebundensein in den globalen Kohlenstoffhaushalt konkret wahrzunehmen und anhand von Stoffbeispielen mit praktischer Bedeutung nachzuvollziehen, eröffnet sich ihnen ein Verständnis dafür, dass die Ressourcen auf der Erde begrenzt sind und dass alles **Leben von der Sonne abhängig ist**.

In diesem Sinne stellt die Thematik „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“ einen wichtigen Beitrag zur schulischen **Umwelterziehung** dar.

3. Zur Konkretisierung des Rahmenthemas „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“ im Lernbereich Naturwissenschaften

Der Rahmenplan Naturwissenschaften fordert, das Thema „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“ unter den Aspekten **Naturwissenschaften**, **Technik** und **Umwelt** zu entfalten und zu konkretisieren.

*

Unter *Umweltaspekten* können die Möglichkeiten **umweltverträglicher Produktion** auf der Basis von fossilen und nachwachsenden Rohstoffen erörtert werden. Beispiele für Stoffe bzw. Produkte sollten nach regionaler Verfügbarkeit gewählt werden.

Unter *Umweltaspekten* ist der Begriff der **Biomasse** von zentraler Bedeutung. Sobald fossile Rohstoffe verstanden werden als im Laufe der Erdgeschichte stillgelegte Biomasse, können sowohl die Grenzen einer exponentiellen technischen Entwicklung wie auch die möglichen Folgen der CO₂-Freisetzung für das Klima diskutiert werden. Biomasse als stets neu wachsendes Reservoir von Kohlenstoffverbindungen lässt weiterhin die Grenzen erkennen, die von den insgesamt verfügbaren bzw. nutzbaren Mengen her gegeben sind.

*

Der *Technikaspekt* konkretisiert diese globale Sichtweise im Zusammenhang mit den Möglichkeiten und Verfahren der **Rohstofferschließung** an den gewählten Beispielen. Über die jeweils bedeutsamen Technologien kommen auch historische Bezüge in den Blick: Praktisch alle heute bekannten Anwendungsfelder von fossilen und nachwachsenden Rohstoffen haben ihre Wurzeln in früheren Zeiten und lassen sich durch **Beispiele aus der Geschichte** ergänzen.

Die technische Sicht auf die Thematik eröffnet weiterhin einen Zugang zu ihrer **ökonomischen Bedeutung**. Am gewählten Beispiel kann erarbeitet werden, insbesondere im Vergleich ähnlicher Produkte auf Basis von einerseits fossilen, andererseits nachwachsenden Rohstoffen, welche Reichweite eine Veränderung der Rohstoffbasis haben könnte.

In der **Verbindung von ökologischen und ökonomischen Fragestellungen** wird die Bedeutung möglicher Entwicklungen für die Lebensbedingungen künftiger Generationen deutlich - in den In-

dustrielländern des Nordens ebenso wie in den Ländern des *Südens*. Neben der Frage nach der Bereitstellung von Energie ist die Rohstoff-Frage entscheidend für eine **nachhaltige und zukunftsfähige globale Entwicklung** (Sustainable Development).

*

Der *naturwissenschaftliche Aspekt* liefert in mehrfacher Hinsicht **Schlüssel für das Verständnis** der Zusammenhänge.

So ermöglicht die chemische Beschreibung charakteristischer Bestandteile von fossilen und nachwachsenden Rohstoffen einen Einblick in deren **stoffliche Verwandtschaft**: Beide sind Verbindungen des Kohlenstoffs, beide entstammen der **Photosynthese als Grundlage der Biomassebildung**.

Über den Vergleich von **offener Verbrennung und Atmung** werden Kohlenstoffverbindungen einerseits als Energielieferanten für alle Lebens- und die meisten technischen Prozesse verstehbar, andererseits wird ein Bild von **Stoffkreisläufen** für die Schülerinnen und Schüler erkennbar.

Kohlenstoffverbindungen werden weiter als Strukturbildner in Pflanzen wie auch als **Werkstoffe** oder zumindest Vorstufen dazu deutlich.

Aus biologischer Sicht können die **Pflanzen** bzw. Pflanzenfamilien charakterisiert werden, die **als Rohstofflieferanten** in Frage kommen bzw. bereits genutzt werden. In engem Zusammenhang damit erschließen sich die Bedingungen, unter denen solche Rohstoffpflanzen hier und anderswo angebaut werden können.

Je nach gewähltem Beispiel können weitere spezielle Informationen zum Gegenstand in den Unterricht eingebracht bzw. erarbeitet werden. Das können z.B. die im Verlauf von Verarbeitungsprozessen stattfindenden **stofflichen Veränderungen** sein, die durch eine **Interpretation auf Teilchen- bzw. Molekülebene** erläutert werden.

Die Tiefe einer solchen Bearbeitung hängt notwendigerweise sowohl vom Gegenstand wie auch vom jeweiligen Bildungsgang der Lerngruppe ab.

Didaktische und methodische Hinweise

Notwendig für ein **exemplarisches Vorgehen** sind einige **Abgrenzungen und Vorentscheidungen**:

Der Rahmenplan Naturwissenschaften geht davon aus, dass unter dem Rahmenthema „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“ bevorzugt die **stoffliche Seite** und nicht die energetische Nutzung von Biomasse bearbeitet werden soll. Zur Thematisierung des letztgenannten Aspekts steht u.a. das Rahmenthema „Energie und Umwelt“ zur Verfügung, in welchem auch auf die Sonne als primäre Energielieferantin Bezug genommen wird. Andererseits muß bei der Gestaltung des Rahmenthemas „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“ berücksichtigt werden, welche Aspekte dieser Thematik in Jahrgangsstufe 7/8 unter dem Rahmenthema „Energie und Stoffwechsel“ bearbeitet wurden.

Angesichts der Vielzahl möglicher Stoffe und Stoffgruppen im Zusammenhang mit fossilen und nachwachsenden Rohstoffen ist das Feld der zur bearbeitenden Stoffe einzugrenzen. Der Unterrichtsgegenstand kann sich z.B. von einem **Anwendungsbereich** her entwickeln (etwa bei den Textilien: natürliche und synthetische Fasern; bei den Tensiden: Seifen und Waschmittel; entsprechend bei den Werkstoffen: Naturmaterialien, Umwandlungsprodukte, Kunststoffe) oder von einer **Rohstoffe liefernden Pflanze** her (Lein, Raps, Holzgewächse), der die **entsprechenden Erdölzweige zugeordnet** werden.

Dabei ist sicherzustellen, dass das gewählte Thema den Anforderungen des Rahmenplans entsprechend bearbeitet werden kann. Dazu gehört, dass eine **experimentelle Auseinandersetzung** mit dem Gegenstand möglich ist; die entsprechenden Technologien der Rohstoffgewinnung, Be- und Verarbeitung müssen wenigstens zu einem größeren Teil für die schulische Arbeit verfügbar sind. Einschlägige **technische Produktionsstätten** bzw. Anbauflächen für Rohstoffpflanzen **in erreichbarer Nähe** lassen sich als außerschulische Lernorte nutzen. Die Verfügbarkeit von Ansprechpartnern bzw. Experten etwa für landwirtschaftliche Fragestellungen sollte bei der Themenauswahl ebenso Berücksichtigung finden wie die Jahreszeit, insbesondere wenn eine Rohstoffpflanze im Zentrum steht.

a) Themen, die sich auf ein Produktfeld beziehen

Tenside: mit Seifen aus tierischen und pflanzlichen Fetten und Ölen als historischen Beispielen, modernen synthetischen Waschmitteln auf Erdölbasis sowie Tensiden aus nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Palmöl und Stärke)

Fasern und Färben: mit Wolle, Baumwolle und Synthesefasern als Beispielen für Textilfasern sowie mit industriellen Farbstoffen und solchen pflanzlicher Herkunft

Lösungsmittel und Bindemittel für Anstriche: mit Leinöl als klassischem Filmbildner, Harzen z.B. für Schellack und modernen Lackrezepturen mit und ohne Lösemitteln

Kosmetik: Cremes, Duftstoffe und ev. Wirkstoffe aus natürlichen Rohstoffen bzw. synthetischer Herkunft an ausgewählten Beispielen

Verpackung: mit Folien, Getränke- und Verkaufsverpackungen aus Papier und Pappe, Kunststoffen und neuen Biopolymeren (z.B. auf Stärkebasis)

Bodenbeläge, Baustoffe, Dämmstoffe: mit PVC und Linoleum; Kork, Zellstoff, geschäumtem Polystyrol; Holz für den konstruktiven Bau; Profile aus Kunststoff

b) Themen, die vom Rohöl oder einer Erdölfraction ausgehen

Kunststoffe: am Beispiel eines Massenkunststoffs wie Polyethylen (oder PVC) und zum Vergleich ähnlicher Produkte, die unter Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden können

Kunststoffe: als konstruktive Werkstoffe und stoffliche Alternativen

c) Themen, die eine Rohstoffpflanze ins Zentrum stellen

Lein (oder Hanf): Entfaltung der Produktpalette (Textilfasern, Kurzfasern für Bremsbeläge / Dämmplatten, Öle für Ernährung oder technische Anwendungen (Anstrichmittel oder Schmierstoffe) und Vergleich mit entsprechenden Waren, die auf Erdölbasis produziert werden

Holz / Cellulose: für Papier bzw. Verpackungen, auch chemisch modifizierte Cellulose, sowie stoffliche Alternativen auf Erdölbasis

Je nach **Schwerpunktbildung** während des Unterrichtsverlaufs und je nach regionalen und situativen Rahmenbedingungen (Möglichkeit zu Exkursionen, Jahreszeit, Besichtigung von Produktionsstätten) können bzw. sollten **spezifische Akzentuierungen** vorgenommen werden. Dabei könnten Fragen erörtert werden wie z.B.:

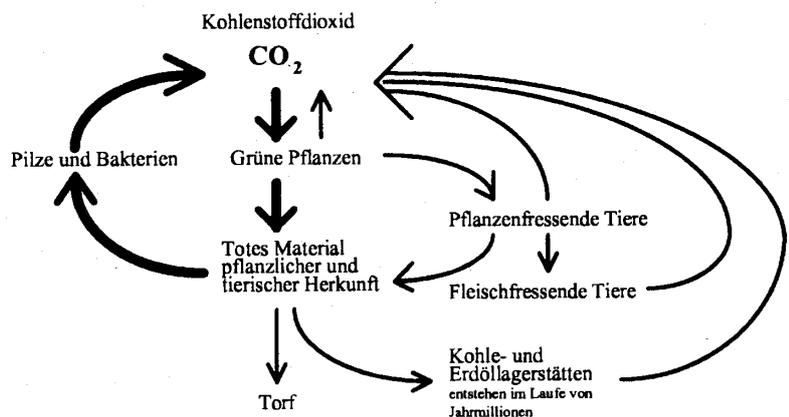
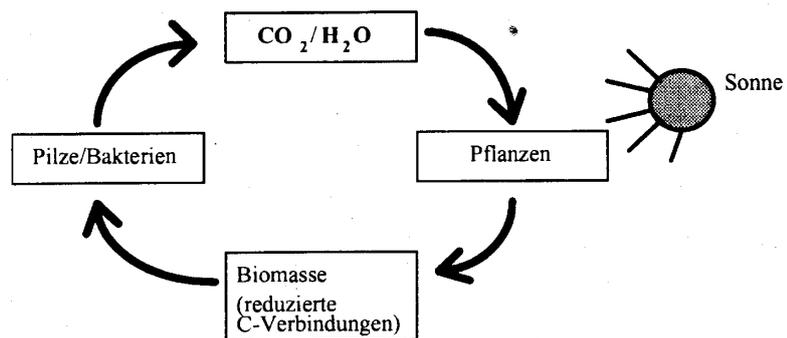
- wirtschaftliche Interessen von verschiedenen Gruppen und deren Unterschiede (Bauern: lohnender Anbau auf stillgelegten Flächen; Industrie: kostengünstige und kontinuierlich verfügbare Rohstoffe)
- alte und neue (politische) Abhängigkeiten (Dritte Welt als Anbaugelände, Nahrungsmittelproduktion vs. technische Rohstoffproduktion)
- ökologische/umweltverträgliche Landwirtschaft im Vergleich zur technisierten/ industrialisierten Landwirtschaft (Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Monokulturen usw.)
- Begrenztheit der (nachwachsenden) Ressourcen vs. Dynamik von Nachfrage und Ansprüchen
- „natürliche“ Herkunft als Verkaufsargument
- Natur und Gesundheit (spezifische Belastungen/Rückstände, Allergien)
- (bilanzierender) Vergleich von synthetischen Produkten und ähnlichen Waren aus nachwachsenden Rohstoffen

Die Spannweite möglicher thematischer Konkretisierungen des Rahmenthemas „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“ erlaubt ebenso eine **Verstärkung des Anteils von praktischen Arbeiten** wie eine **theoretische Vertiefung**. Dies erleichtert u.a., auf die spezifischen Erfordernisse unterschiedlicher Bildungsgänge und Lerngruppen einzugehen.

Wie thematische Konkretisierungen in der Praxis aussehen können, zeigen die im folgenden dargestellten Beispiele *Verpackung* und *Lein*.

Unabhängig von der Wahl des Themas und von den besonderen Bedingungen der Lerngruppe sind die **verbindlichen Inhalte** zu bearbeiten. Die angemessene Berücksichtigung dieser durch den Rahmenplan festgelegten Inhalte gewährleistet, dass das notwendige exemplarische Vorgehen (bezogen auf Stoffgruppen bzw. Produkte und Verfahren) zu **vergleichbaren Ergebnissen** im Verständnis führt.

Als zentrales Element der Bearbeitung kann der **globale Kohlenstoff-CO₂-Kreislauf** dienen. Je nach gewähltem Weg steht er entweder am Anfang der Betrachtungen oder er stellt sich als Ergebnis der Arbeit am Rahmenthema dar. Materialien hierzu finden sich im Abschnitt 4.



Hinweise zur Verwendung von Formeln und Modellen im Zusammenhang mit dem Rahmenthema „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“

Das Rahmenthema „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“ korrespondiert mit dem Anspruch des Faches Chemie, den Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe I einen Einblick in die Organische Chemie bzw. die Chemie der Kohlenstoffverbindungen zu eröffnen. Die Verwendung bzw. Erarbeitung von chemischen Formeln und Modellen orientiert sich an den im Rahmenplan dargestellten *verbindlichen Inhalten* und den in diesem Zusammenhang angesprochenen Stoffe bzw. Stoffgruppen:

- Der Aspekt *Kohlenwasserstoffverbindungen als Strukturbildner* verweist auf die räumlichen Strukturen, die von Molekülen gebildet bzw. eingenommen werden. Hierbei gibt es die unterschiedlichsten Möglichkeiten, mittels Modellen und formelmäßigen Beschreibungen zu einer Abstraktion zu gelangen. Im einfachsten Fall kann eine Mitteilung erfolgen (z.B. die Existenz von *Kohlenwasserstoff-Ketten* betreffend), die durch Plausibilitätsbetrachtungen unterstützt wird. In Lerngruppen des gymnasialen Bildungsgangs kann demgegenüber bereits eine Orientierung auf das Tetraedermodell für den Kohlenstoff angebracht sein, von dem aus räumliche Strukturen fallweise selbständig entwickelt werden können. Die Entscheidung darüber, in welcher Tiefe und mit welcher Intensität diese Bearbeitung erfolgt, ist den Lehrenden im Rahmen der vom Rahmenplan eröffneten Spielräume überlassen und ist von der jeweiligen Fachkonferenz zu regeln.

- Der Aspekt *Kohlenwasserstoffverbindungen als Energielieferanten* verweist auf den Energieumsatz bei chemischen Reaktionen bzw. den unterschiedlichen Energiegehalt von brennbaren Kohlenstoffverbindungen und der Verbrennungsprodukte CO_2 und Wasser. Letztlich ist damit der Energiestatus von verschiedenen chemischen Bindungen angesprochen, der jedoch für die Betrachtungen in der Sekundarstufe I noch keine tragende Funktion hat.

- Für das Verständnis von *Kohlenwasserstoffverbindungen als technischen Rohstoffen* bzw. als *Werkstoffen* ist eine Betrachtung der chemischen Eigenschaften im engeren Sinn notwendig. Dazu

gehören insbesondere das Reaktionsverhalten gegenüber anderen Stoffen, die Benutzung von (Hilfs-)Chemikalien zur gezielten Veränderung von Stoffen, die Wechselwirkungen in bestimmten Medien (z.B. eine „saure Reaktion“ eines Stoffes in Wasser) sowie die Möglichkeiten der Vernetzung bei der Bildung großer Molekülverbände (z.B. Kunststoffe). Hierfür kommen formale Beschreibungen von sehr unterschiedlicher Abstraktion in Frage; so kann die Tensidwirkung von Fettsäuren (langkettigen Carbonsäuren) durch ein einfaches Schwanz-Kopf-Modell veranschaulicht werden, andererseits können im Extremfall Betrachtungen der Polarität auf Bindungsebene durchgeführt werden. Letztere führen hin zu einem Verständnis der Abhängigkeit der Stoffeigenschaften von den Strukturen auf Teilchenebene.

Der Zusammenhang von Struktur und Eigenschaften, dessen Bearbeitung vom Rahmenplan für den gymnasialen Bildungsgang ausdrücklich gefordert wird, kann in sehr unterschiedlichen Bezügen entwickelt werden. Ein einfaches Beispiel ist der Zusammenhang zwischen Molekülgröße bzw. Länge der Kohlenwasserstoffkette und dem Siedepunkt einer Substanz bei den Alkanen, wie er etwa bei der fraktionierten Destillation von Erdöl erarbeitet werden kann. Ein komplexeres Beispiel ist die Betrachtung des chemischen Erfahrungssatzes „Gleiches löst Gleiches“, der gut an den Fetten und Seifen entwickelt werden kann.

- Der *Kohlenstoffkreislauf* verweist auf zwei weitere Aspekte: den der umgesetzten Stoffmengen in der Biosphäre und der Technosphäre und seine formale Beschreibung sowie die biologischen - biochemischen wie physiologischen - Zusammenhänge bei Photosynthese und Kohlenstoff- bzw. CO_2 -Fixierung in den Pflanzen.

Für die *Stoffmengenbetrachtung* kann, abhängig vom Bildungsgang, eine Interpretation von Reaktionsgleichungen hilfreich sein, die die Quantitäten in den Mittelpunkt stellt. So kann ein Zusammenhang hergestellt werden zwischen Brennstoff, Sauerstoffverbrauch und Verbrennungsprodukten und umgekehrt zwischen Kohlenstoff-Fixierung durch Photosynthese und den dabei gebundenen

Mengen CO₂ und Wasser. Mengenbetrachtungen eröffnen zudem Verbindungen zu alltäglichen Vorgängen bzw. technischen Anwendungen: Transportwege können in CO₂-Einheiten ausgedrückt werden, die Sauerstoffproduktion einer Pflanze kann in Beziehung gesetzt werden zu Wachstum und Biomassebildung.

Die *biochemischen und physiologischen* Vorgänge bei der Photosynthese können zwar sehr detailliert formelmäßig beschrieben werden, eine intensive Auseinandersetzung mit den betreffenden Vorgängen sprengt jedoch in der Regel den Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Mittelstufe. Fallweise ist die Verwendung vereinfachter Darstellungen jedoch durchaus sinnvoll.

Anmerkungen zum Konkretisierungsvorschlag A

Beim Konkretisierungsvorschlag „Verpackung“ werden Kunststoffe (als Beispiel für Verpackungsmaterialien auf Erdölbasis), Papier und Pappe (als konventionelle Verpackungsmaterialien auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen) sowie neuartige Materialien (z.B. Stärkefolie) parallel behandelt. Es sollen jeweils die Rohstoffgewinnung, wichtige Elemente im Verarbeitungsprozess und die Möglichkeiten der Entsorgung - stoffliches Recycling bzw. Rückführung in den natürlichen C/CO₂-Kreislauf durch Kompostierung oder auch Verbrennung - erarbeitet werden. Dies kann gemeinsam ggf. auch zeitweise arbeitsteilig erfolgen. Als

durchgängiges Strukturierungselement kann eine vereinfachte Vorstellung einer Produktlinienanalyse dienen, die die in Erfahrung gebrachten bzw. erarbeiteten Informationen den jeweiligen Materialien zuordnet. Dabei muss u.a. deutlich werden, dass platte Vergleiche zwischen „guten Naturprodukten“ und solchen aus chemischer Synthese und industrieller Produktion in der Regel nicht möglich sind. Vielmehr muss eine differenzierte Bewertung im Einzelfall stattfinden sowie eine (persönlich) begründete Entscheidung getroffen werden.

Anmerkungen zum Konkretisierungsbeispiel B

Im Zentrum der Konkretisierung „Rohstoffpflanze Lein“ steht die projektartig organisierte Herstellung eines Stücks Linoleum aus Leinölfirnis, Kolophonium, Holzmehl und Kreide bzw. farbigen Pigmenten. Parallel dazu kann der Einsatz von Leinöl als Filmbildner bei der Farbstoffherstellung im Experiment nachgearbeitet werden. Der Schwerpunkt der theoretischen Bearbeitung liegt bei der Verharzung des Leinöls; der hier zu beobachtenden Bildung von großen Molekülverbänden kann, je nach Bildungsgang, die Polymerisation von Erdölderivaten gegenübergestellt werden.

Die Photosynthese anschließen. Hierbei können auch Untersuchungen an der Leinpflanze durchgeführt werden, z.B. mit Schnitten von Pflanzenteilen unter dem Mikroskop.

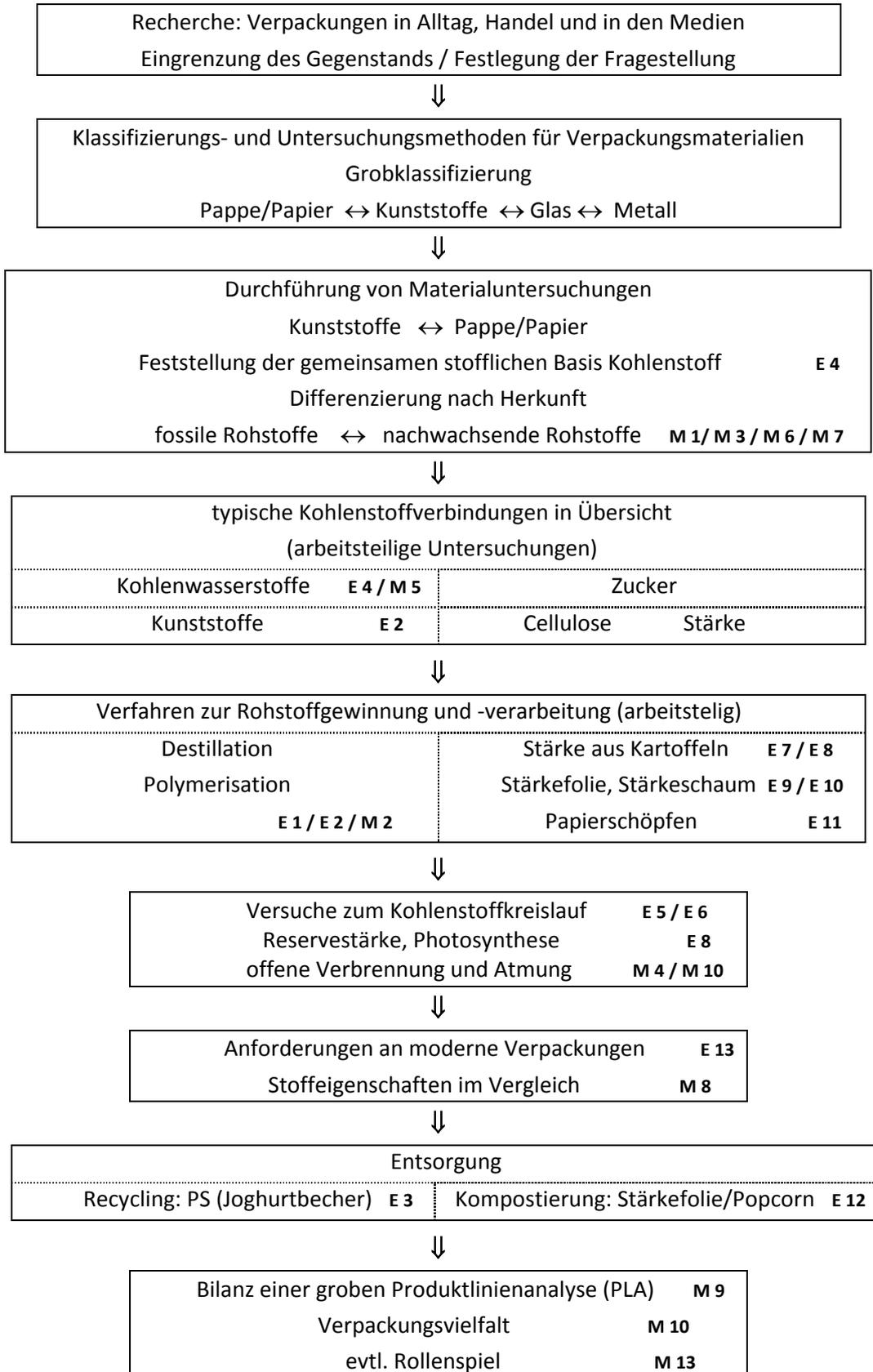
Der Aspekt „Fasern von der Leinpflanze“ wird im Rahmen der vorgeschlagenen Konkretisierung nicht weiter verfolgt. Er könnte bei einer anderen Unterrichtsgestaltung selbst im Zentrum stehen. Jedoch sind gegenwärtig für eine entsprechende Vertiefung experimentelle Ansätze und Zugänge nicht in ausreichendem Umfang bekannt und verfügbar.

Eingeschoben werden sollte wie bei Konkretisierung A eine exkursartige Sequenz zum C/CO₂-Kreislauf. Diese kann sich unter dem Stichwort „Produktionsstätte Pflanze“ an die Erläute-

Im Zusammenhang beider Konkretisierungen können Exkursionen durchgeführt bzw. außerschulische Lernorte aufgesucht werden: landwirtschaftliche Betriebe, Raffinerie, Verarbeiter, Entsorger.

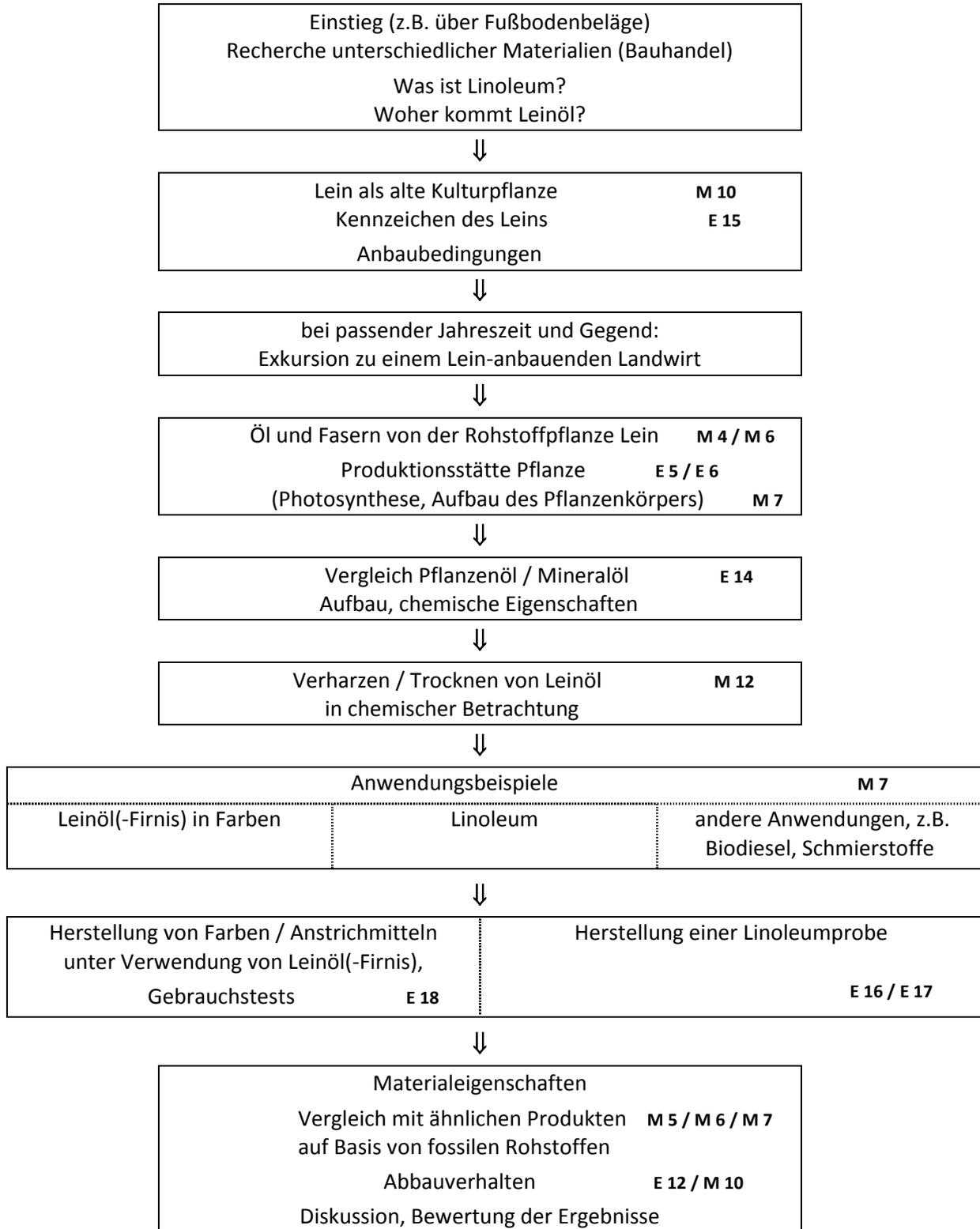
Konkretisierung A: Verpackungen aus fossilen und nachwachsenden Rohstoffen

Schematische Verlaufsübersicht



Konkretisierung B: Rohstoffpflanze Lein

Schematische Verlaufsübersicht



4. Experimente / Vorschläge für Untersuchungen - Übersicht

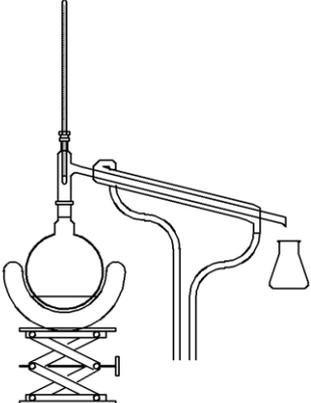
E 1	Fraktionierte Destillation von Erdöl	13
E 2	Kunststoffherstellung - Herstellung eines Polyesters	14
E 3	Recycling von Polystyrol bzw. Polyethylen/Polypropylen	15
E 4	Charakterisierung von Materialien auf Kohlenstoffbasis	16
E 5	Versuch zum biologischen Kohlenstoffkreislauf	17
E 6	Versuche zur Photosynthese	18
E 7	Isolierung von Stärke aus Kartoffeln	19
E 8	Untersuchung von Stärke aus verschiedenen Feldfrüchten	20
E 9	Herstellung einer eßbaren Folie aus Stärke	21
E 10	Herstellung eines festen Stärkeschaums	22
E 11	Herstellung von Recycling-Papier	23
E 12	Kompostierungsversuche in Petrischalen	24
E 13	Vergleich Styropor / Popcorn unter dem Mikroskop	25
E 14	Mineralöl und Pflanzenöle - Gemeinsamkeiten und Unterschiede	26
E 15	Untersuchung der Leinpflanze	27
E 16	Vom Leinöl zum Standöl	28
E 17	Anleitung zur Linoleumherstellung	29
E 18	Herstellung von Farben / Anstrichmitteln unter Verwendung von Leinöl	30
E 19	Hinweise auf interessante Experimente/Versuche zu anderen Anwendungsfeldern nachwachsender Rohstoffe	31

Die hier zusammengestellten Experimente, Versuchsanleitungen und Vorschläge für Untersuchungen beziehen sich zum einen auf die unter 2. beschriebenen Konkretisierungen des Rahmenthemas „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“, sie können aber auch im Zusammenhang mit anderen - eigenen - Konkretisierungen verwendet werden. Bei der Auswahl wurden bevorzugt Schülerexperimente berücksichtigt. Experimente, die sich auf andere thematische Konkretisierungen beziehen, werden in E 19 kurz vorgestellt.

Bei den Experimenten und Materialien sind fallweise chemische Formeln wiedergegeben. Dies dient in erster Linie zur schnellen Information der Lehrkraft. Inwieweit die formelmäßige Darstellung für die jeweilige Lerngruppe angemessen ist, hängt von Bildungsgang, schulinternem Arbeitsplan (Jahrgangsstufe) und der Schülergruppe ab (vgl. die Hinweise auf S. 6).

E 1	Fraktionierte Destillation von Erdöl
-----	--------------------------------------

Materialien / Chemikalien	Gefahrensymbole	Sicherheits-hinweise	Entsorgungshinweise	Geräte
100 ml Erdöl (auf Anfrage erhältlich bei Mineralölgesellschaften)	F (brennbar) T (giftig) R 45 (Benzol) Xn (schädlich) (Hexan)	nicht mit offener Flamme arbeiten! möglichst im Abzug arbeiten! Schutzbrille benutzen!	Die Fraktionen können wiedervereint und nochmals genutzt werden. Zur Entsorgung kleine Mengen im Freien abbrennen.	- Destillationsapparat - Thermometer (360°C) - Heizpilz, - Reagenzgläser - Stopfen - Porzellanschale - Siedesteine

Versuchsaufbau	Versuchsdurchführung
	<p>Aufbau nach Abbildung, mit Stativmaterial befestigen und sichern, dabei Spannungen vermeiden!</p> <p>In den Kolben werden etwa 100 ml Rohöl und einige Siedesteine gefüllt, die Apparatur verschlossen und im Heizpilz erhitzt. Es werden Destillate von unterschiedlichen Siedeintervallen aufgefangen (30 - 100 °C Leichtbenzin, 100 - 150 °C Schwerbenzin, 150 - 250 °C Petroleum, 250 - 300 °C Gasöl) und weiter untersucht.</p> <p>Dazu müssen die Temperatur genau beobachtet und die Vorlagen rechtzeitig gewechselt werden. Menge, Farbe und Geruch der Fraktionen sowie ihr Fließverhalten und das Entzündungsverhalten (man nähert sich einer kleinen Flüssigkeitsprobe in einer Porzellanschale mit einem brennenden Holzspan) können untersucht und beschrieben werden.</p>

Anmerkungen / Erläuterungen

Bessere Trennergebnisse erhält man bei Verwendung einer Kolonne. Jedoch reicht dann oft die Heizleistung der Wärmequelle wegen der höheren Wärmeverluste nicht mehr aus. Abhilfe: Die Kolonne wird mit Aluminiumfolie umwickelt.

Bei den Entzündungsversuchen nur kleinste Mengen verwenden und auf gute Lüftung achten; es dürfen sich keine größeren Volumina zündfähiger Gasgemische bilden.

Die wiedervereinigten Fraktionen können maximal dreimal wieder für den gleichen Versuch eingesetzt werden, da von den leicht flüchtigen Kohlenwasserstoffen bei jeder Destillation ein Teil als Gas austritt und den entsprechenden Anteil im Gemisch verringert.

E 2	Herstellung eines Polyesters
-----	------------------------------

Materialien / Chemikalien	Gefahrenhinweise	Sicherheits- hinweise	Geräte
6 g Maleinsäure 3 g Ethylenglykol konz. Schwefelsäure (1Tropfen)	R 22-36/37/38 S 26-28.1-37 gesundheitsschäd- lich, reizend R 22 gesundheitsschäd- lich	Versuch möglichst im Abzug durch- führen! Schutzbrille benut- zen!	-großes Reagenz- glas - Stativmaterial - Brenner - Siedesteine - Thermometer - Waage - 2 Bechergläser

Versuchsaufbau	Versuchsdurchführung
	<p>Das große Reagenzglas wird leicht schräg am Stativ befestigt, so dass es mit dem Brenner erhitzt werden kann.</p> <p>Die Säure und der Alkohol werden eingefüllt und mit einem Tropfen konz. Schwefelsäure versetzt. Nach Zugabe einiger Siedesteinchen wird vorsichtig erhitzt.</p> <p>Es bildet sich eine wasserklare Schmelze, die bei 130 °C Wasserdampf abgibt. Eine zu Beginn entnommene Probe löst sich vollständig in Wasser, nach 10 Minuten bilden sich beim Lösen deutliche Schlieren: es haben sich Makromoleküle gebildet.</p>

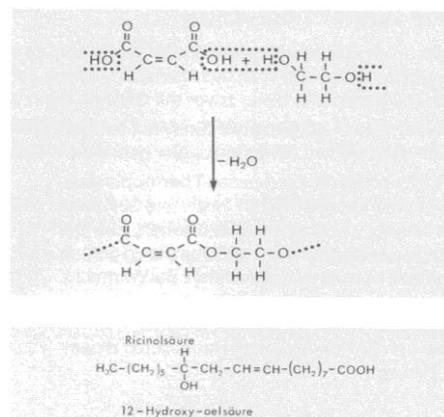
Anmerkungen / Erläuterungen

Es findet eine **Polykondensation** statt. Das Reaktionsprodukt fällt als viskose Masse an. Durch Zugabe von Methyläthylketon kann der Polyester ausgehärtet werden.

Zum Vergleich kann ein **Polyester aus nachwachsenden Rohstoffen** hergestellt werden. Dazu werden 4,5 g Zitronensäure und 10 g Ricinusöl in einem Becherglas so lange erhitzt, bis ein weiches, klebriges Harz entstanden ist. Die Reaktionstemperatur darf 240 °C nicht übersteigen, da sonst die Zersetzung der Zitronensäure einsetzt.

Die Reaktion ist nach 10 Minuten beendet.

Ricinusöl dient bei dieser Reaktion als Alkohol:
Die Fettsäurekomponente Ricinolsäure trägt am Kohlenstoff-Atom 12 eine Hydroxy-Gruppe.



E 3 Recycling von Polystyrol bzw. Polyethylen / Polypropylen

Materialien / Chemikalien	Sicherheitshinweise	Entsorgungshinweise	Geräte
Joghurtbecher aus - Polystyrol (PS), - Polyethylen (PE) oder - Polypropylen (PP)	Temperatur kontrollieren! Bei Überhitzung werden giftige und leicht entzündliche Gase (Monomere) frei.	Kunststoffreste werden über das Duale System / den gelben Sack entsorgt.	- Schere - Messer - Trockenschrank - 2 Glasscheiben - Arbeitshandschuhe

Versuchsdurchführung

Die Kunststoffbecher werden gründlich gereinigt und nach Sorten zusammengestellt (Kennzeichnungen beachten!). Jeweils sortenrein werden sie mit der Schere zerkleinert.

Die Schnipsel werden in die Mitte einer Glasplatte und diese in den vorgeheizten Trockenschrank gelegt. Wenn die Schnipsel beginnen, sich plastisch zu verformen, wird eine zweite Glasplatte vorsichtig daraufgelegt. Ist die Masse zu einer planaren, dicken Folie verlaufen, nimmt man die Glasplatten aus dem Trockenschrank (Arbeitshandschuhe) und lässt sie auskühlen.

Die umgeschmolzene Masse kann jetzt weiter verarbeitet werden, z.B. zu kleinen Schreibunterlagen, Lesezeichen o.ä..

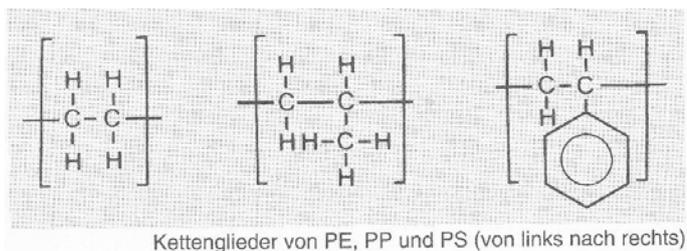
Die Temperaturen im Trockenschrank richten sich nach der verarbeiteten Kunststoffsorte. Die Erweichungspunkte sind (ca.): PE: 100 °C, PP: 110 °C, PS: 80 - 100 °C

Anmerkungen / Erläuterungen

Tellerartige Gegenstände erhält man, wenn man zwei Bechergläser benutzt. In das größere Glas füllt man die Recyclingmasse und stellt das kleinere obenauf. Zur besseren Trennung der aufgeschmolzenen Masse von der Glaswand kann diese zuvor mit Glycerin dünn eingestrichen werden.

Vorsicht beim Umgang mit Glas, es besteht Verletzungsgefahr. Bei den benutzten Glasplatten sollten die Kanten mit feinem Schmirgelpapier gebrochen und entschärft werden.

PP, PE und PS gehören zu den **Thermoplasten**, verformen sich also in der Hitze. Sie bestehen im wesentlichen aus Molekülketten, die bei Zimmertemperatur nicht oder nur wenig gegeneinander bewegt werden können. Bei Wärmezufuhr lassen sie sich verschieben; ähnlich einer Flüssigkeit nimmt ein geschmolzener Thermoplast den ihm angebotenen Raum durch Hineinfließen ein.



Kettenglieder von PE, PP und PS (von links nach rechts)

E 4	Charakterisierung von Materialien auf Kohlenstoffbasis
-----	--

Materialien / Chemikalien	Sicherheitshinweise	Geräte
- Materialproben (Zucker, Mehl, Stärke, Kohle, Holz, Leder, Mineralöl, Pflanzenöl usw.) - Kalkwasser (Ca(OH) ₂ aq)	Verbrennungs- und Verschwe-lungsversuche unter dem Ab-zug durchführen!	- Waschflasche - Wasserstrahlpumpe - Porzellanschale - feuerfeste Unterlage - Brenner, Stativmaterial - Tiegelzange, Reagenzgläser - Trichter, Schläuche

Versuchsaufbau	Versuchsdurchführung
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; position: relative;"> <div style="position: absolute; top: 5px; left: 5px; width: 20px; height: 20px; border: 1px solid black; text-align: center; line-height: 20px; color: red; font-size: 10px;">x</div> </div>	<p>A. Kohlenstoffnachweis</p> <p>Verschiedene Materialproben werden im Reagenzglas über dem Bunsenbrenner erhitzt, zunächst vorsichtig, dann bis zur vollständigen Zersetzung erhitzt. Bei den meisten Proben (Zucker, Stärke, Bakelit, Papier, Leder, Wolle, Kunstfaser, Holz) färbt sich das Zersetzungsprodukt braun bis schwarz.</p> <p>B. Nachweis der Verbrennungsprodukte CO₂ und Wasser</p> <p>Verschiedene Materialproben werden mit der Brennerflamme entzündet. Das entstehende CO₂ wird über Trichter und Schlauch durch eine Waschflasche mit Kalkwasser geleitet. CO₂ ruft eine helle Trübung durch CaCO₃ hervor. Die Waschflasche wird dazu an einer Wasserstrahlpumpe angeschlossen.</p> <p>Der Wasserdampf kondensiert zunächst am Trichter. Wasser kann auch in einer leeren Waschflasche aufgefangen werden, die in einem Becherglas mit Eiswasser steht.</p>

Anmerkungen / Erläuterungen

Wasser- und CO₂-Nachweis können auch mit der **ausgeatmeten Luft** durchgeführt werden. Damit wird der **Zusammenhang zwischen offener Verbrennung und Zellatmung** hergestellt bzw. gezeigt, dass Kohlenstoffverbindungen für beide Prozesse die Grundlage sind.

Pflanzenöle und Mineralöle dürfen aus Sicherheitsgründen nur im **Lehrerversuch** verbrannt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Porzellanschale vor dem Einfüllen des Öls vollständig trocken ist.

Zucker verbrennt nur, wenn man etwas (Zigaretten-) Asche aufstret. Diese wirkt als „Docht“, an dem der geschmolzene Zucker abbrennt. Zucker kann durch Reaktion mit konzentrierter Schwefelsäure (80 g Zucker, 50 ml H₂SO₄) zersetzt werden (Vorsicht! Gefahr schwerer Verätzungen!). Dabei bildet sich Zuckerkohle, die als Pilz aus dem Reaktionsgefäß herauswächst.

E 5 Versuch zum biologischen Kohlenstoffkreislauf

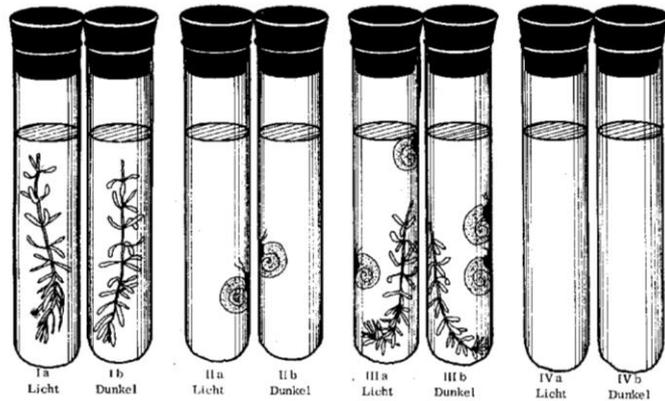
Materialien / Chemikalien	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> - Bromthymolblau-Lösung - Sprossen der Wasserpest (4 pro Gruppe) - Wasserschnecken (6 pro Gruppe), z.B. Posthornschncken 	<ul style="list-style-type: none"> - große Reagenzgläser (8 pro Gruppe) - Stopfen - 2 Reagenzglasgestelle - Becherglas - ev. Lichtquelle

Versuchsaufbau / Versuchsdurchführung

In einem Becherglas wird zu 200 ml Wasser 5 Tropfen Bromthymolblau hinzugefügt. In die blaugefärbte Lösung wird solange mit einem Glasrohr ausgeatmete Luft eingeblasen, bis der Indikator nach gelb umschlägt. Die Lösung wird auf die Reagenzgläser verteilt.

Die Reagenzgläser werden paarweise wie abgebildet mit Sprossen der Wasserpest bzw. mit den Wasserschnecken beschickt.

Die Hälfte der Reagenzgläser wird dunkel gehalten (Schrank, übergestülpte Konservendose), die anderen werden an einem hellen Ort aufgestellt bzw. mit einer Lampe beleuchtet.



Nach ein bis zwei Tagen wird beobachtet, wie sich die Indikatorfarbe geändert hat. Die Ergebnisse werden in eine Tabelle eingetragen

Anmerkungen / Erläuterungen

Der Indikator Bromthymolblau hat einen Umschlagspunkt zwischen pH 7,6 (blau) und pH 6,0 (gelb). In Wasser gelöstes CO₂ bildet HCO₃⁻ Ionen („Kohlensäure“), der pH-Wert verschiebt sich zu Werten < 7, die Lösung ist gelb. Wenn CO₂ fehlt bzw. verbraucht worden ist, ist die Lösung blau (pH > 7, basisches Milieu).

Wasserpest im Licht bindet bei der Photosynthese CO₂. Schnecken geben bei ihrer Atmung CO₂ an das Wasser ab, unabhängig von der Beleuchtung. Mit Schnecken und Wasserpest im Licht stellt sich ein Gleichgewicht ein.

Dass bei Stoffwechselprozessen CO₂ freigesetzt wird, zeigen Vergleichsversuche mit Hefe und Zuckerlösung (anaerob) bzw. Kompost (aerob) in einem Reagenzglas mit Gäraufsatz.

Nach: Knodel, Bäßler, Haury: Biologie-Praktikum, Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1973, S, 50 - 51

E 6	Versuche zur Photosynthese
-----	----------------------------

Materialien / Chemikalien	Gefahren- und Sicherheits- hinweise	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> - Wasserpestsprossen - Kressesamen - grüne Blätter - J₂/KJ-Lösung 	<p>Ethanol ist leicht entzündlich R 11 S 7 - 16</p> <p>Jod: gesundheitsschädlich R 20/21 S 23.2 - 25</p> <p>Kaliumjodid: R 36/38 S 26</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Petrischalen - Bechergläser - Heizplatte - Pinzette - Glimmspan - Glastrichter mit Hahn

Versuchsdurchführung
<p>a) Produktion von Biomasse</p> <p>In einer Petrischale lässt man Kressesamen auf angefeuchtetem Filterpapier keimen. Die Schüler/innen wiegen die Samen vor Versuchsbeginn und die Kressepflänzchen nach 10 bis 14 Tagen. Den effektiven Biomassezuwachs durch Photosynthese erhält man, wenn man die Pflänzchen vor dem Wiegen trocknet (bei 60°C, 24 h).</p> <p>b) Abgabe bzw. Produktion von Sauerstoff</p> <p>Wasserpestsprossen werden in einem Becherglas mit Wasser ins Licht gestellt oder mit einem Diaprojektor belichtet. Den sich bildenden Sauerstoff fängt man unter einem umgestülpten Glastrichter mit Hahn (Glasfritte) auf. Wenn sich hinreichend viel Sauerstoff gebildet hat, kann eine Glimmspanprobe durchgeführt werden. Dazu hält man den glimmenden Span unmittelbar an die Öffnung des Glastrichters und lässt das Gas herausströmen.</p> <p>c) CO₂-Aufnahme bei der Photosynthese: siehe E 5</p> <p>d) Stärkenachweis in belichteten Blättern</p> <p>Ein grünes Blatt wird abgeschnitten wird kurz in kochendes Wasser eingelegt, anschließend in heißem Brennspiritus (Ethanol) geschwenkt. Es wird unter fließendem Wasser abgewaschen und in einer Petrischale mit Jod/KJ-Lösung beträufelt. Blaufärbung zeigt Stärke an, die durch Photosynthese gebildet worden ist.</p>

Anmerkungen / Erläuterungen

Die **Lichtabhängigkeit** der Stärkebildung kann man zeigen, indem ein Blatt **teilweise abgedeckt** wird, z.B. mit einem Streifen Aluminiumfolie. Die abgedeckten Stellen färben sich beim Stärkenachweis (d) weniger stark an als die belichteten.

Der **Biomassezuwachs** durch Photosynthese wurde im 17. Jahrhundert durch Johann Baptist van Helmont an einem Weidenbäumchen nachgewiesen. Eine solche **Langzeituntersuchung** ist prinzipiell auch in der Schule möglich (vierteljährliche Wägung).

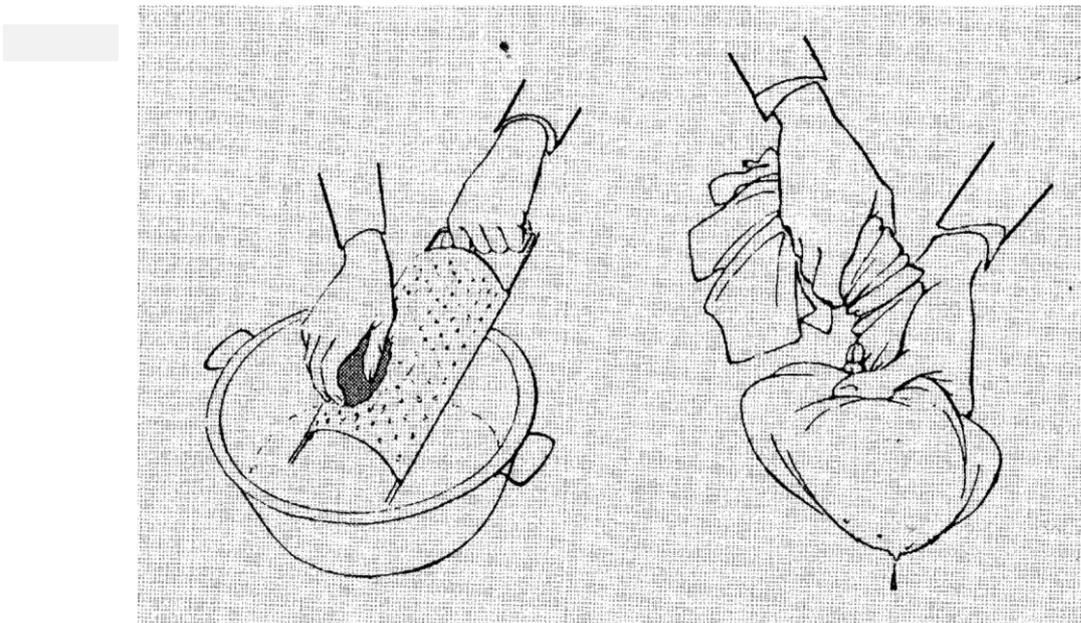
E 7	Isolierung von Kartoffelstärke aus Kartoffeln
-----	---

Materialien	Geräte
1 bis 2 Kartoffeln pro Gruppe	<ul style="list-style-type: none"> - Messer oder Kartoffelschäler - Kartoffelreibe - 2 Plastikschüsseln - Geschirrtuch

Versuchsdurchführung
<p>Die Kartoffeln werden mit Messer oder Kartoffelschäler geschält und auf der Kartoffelreibe in eine Schüssel gerieben. Das Tuch wird über der zweiten Schüssel ausgebreitet und der Brei vorsichtig in die Mitte geschüttet. Von den Seiten her rafft man das Tuch zusammen und presst es kräftig aus. Es tritt ein schwach gelblicher Kartoffelsaft aus, der den Großteil der Kartoffelstärke enthält. Im Verlauf einer Stunde (oder über Nacht) setzt sich die Stärke als weißes Mehl am Boden ab. Der braun gewordene Saft wird abgesehen, die Stärke getrocknet und für weitere Versuche aufgehoben.</p>

Anmerkung

Die Stärke sollte möglichst bald nach dem Abpressen isoliert und getrocknet werden, damit sich auf dem Kartoffelwasser kein Schimmel bilden kann.



E 8

Untersuchung von Stärke aus verschiedenen Feldfrüchten

Materialien / Chemikalien	Gefahrensymbole	Geräte
Kartoffelstärke (aus Versuch E 7 oder käufliches Stärkemehl) Körner von Weizen, Mais u.ä., Bohnen Jod/KJ-Lösung	Jod: gesundheitsschädlich R 20/21 S 23.2 - 25 Kaliumjodid: R 36/38 S 26	- Mikroskop oder Binokular - Objektträger - Messer oder Rasierklinge - Pipette

Versuchsdurchführung

Aus den durchgeschnittenen Körnern wird jeweils etwas Mehl herausgekratzt und mit einem Tropfen Wasser auf einen Objektträger gebracht. Im Fall der Kartoffelstärke werden einige Körnchen der getrockneten Stärke (aus Versuch E 7) verwendet. Das Deckgläschen wird darübergelegt und leicht angedrückt.

Das Präparat wird mit mindestens 100-facher Vergrößerung mikroskopiert. Die unterschiedlichen Formen der Stärkekörner können zur weiteren Auswertung gut gezeichnet werden.

Mit der Pipette gibt man einen Tropfen Jod/Kaliumjodid-Lösung an den Rand des Deckgläschens. Die Stärkekörner färben sich vom Rand her zunächst blau, dann intensiv blau-schwarz.

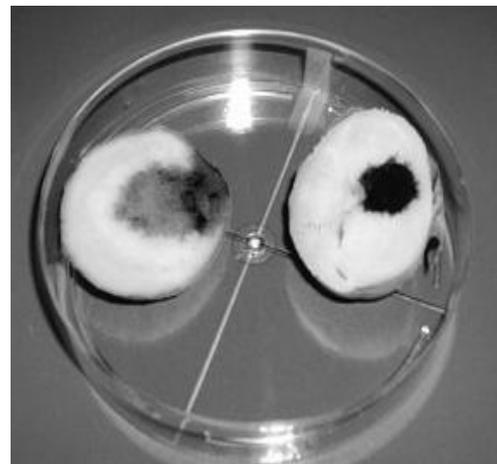
Anmerkungen / Erläuterungen

Als Schüler-Gruppenversuch geeignet, maximal 4 Schüler/innen benutzen ein Mikroskop; sie müssen zuvor in die richtige Handhabung des Mikroskops eingewiesen worden sein. Alle Gruppen untersuchen die selbst isolierte Kartoffelstärke sowie eine weitere Körner- oder Hülsenfrucht.

Im Zentrum der Auswertung sollte die **Funktion der Reservestärke** stehen, die bei praktisch allen Pflanzen als **stofflicher Energiespeicher** dient, sowie ihre Herkunft aus der Photosynthese.

Als **Vorversuch** kann Stärke an rohen und gekochten Kartoffeln nachgewiesen werden. Dazu wird das Nachweisreagenz auf die Schnittfläche getropft. Bei der gekochten Kartoffel sind die Zellwände in großem Umfang zerstört; der Stärkenachweis fällt daher deutlich kräftiger aus.

Rohe und gekochte Kartoffeln: Schwärzung der Schnittfläche durch Reaktion der Stärke mit aufgetropfter J_2/KJ -Lösung (Foto verändert nach chemieunterricht.de)



E 9	Herstellung einer (essbaren) Folie aus Stärke
-----	---

Materialien / Chemikalien	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> - lösliche Stärke - Kartoffelstärke (Kartoffelmehl) - destilliertes Wasser, - 50 %ige Glycerinlösung - evtl. Lebensmittelfarbstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> - Rund- oder Erlenmeyerkolben - Heizrührer, Rührfloh - Thermometer - Plexiglasplatte (∅ ca. 30 cm bzw. DIN A4) - Trockenschrank

<p>Versuchsdurchführung</p> <p>Aus den folgenden Substanzen wird eine Mischung hergestellt:</p> <p>5 g lösliche Stärke / 2,5 g Kartoffelmehl / 10 ml 50%ige Glycerinlösung / 70 ml destilliertes Wasser [+ ein oder mehrere Tropfen Lebensmittelfarbstoff-Lösung]</p> <p>Die Mischung wird in den Kolben gegeben und unter Rühren (Magnetrührer) etwa 15 Minuten zum Sieden erhitzt. Die dann entstehende homogene Lösung wird vorsichtig auf die bereitgelegte Plexiglasplatte gegossen. Durch Schwenken der Platte erhält man eine 1 bis 2 mm dicke (tortengussartige) Masse.</p> <p>Über Nacht trocknet und schrumpft die Masse bei Raumtemperatur. Die entstandene Folie kann vorsichtig abgezogen werden.</p> <p>Zum schnellen Trocknen (1½ Stunden) legt man die Platte mit der ausgegossenen Masse bei 105 °C in den Trockenschrank.</p>
--

Anmerkungen / Erläuterungen

Bessere Ergebnisse erhält man, wenn die Masse im Rundkolben mit Rückflusskühler im Paraffinbad erhitzt wird (Temperaturkontrolle, die Temperatur darf den angegebenen Wert von 110 °C nicht überschreiten!). Es kann aber auch ein Becherglas benutzt werden; man erhitzt dann in einem Wasserbad auf einem Dreifuß mit Ceranplatte und Bunsenbrenner.

Die erhaltene Folie kann bedenkenlos gegessen werden (bei Zusatz von Lebensmittelfarben auf Allergiker achten!). Der süße Geschmack rührt vom Glycerin her, das auch als Weichmacher fungiert. Mit Lebensmittelfarben kann eine Art Tinte zubereitet werden, mit der man auf der Folie (am Overheadprojektor) schreiben kann.

Eine **Glasplatte** an Stelle von Plexiglas **ist ungeeignet**, weil die polare Folie auf der ebenfalls polaren Glasplatte einen fest haftenden Überzug bildet und sich nicht abziehen lässt. Die hier auftretenden **Kräfte an Grenzflächen** lassen sich im Zusammenhang mit entsprechenden ergänzenden Versuchen thematisieren (z.B. Tropfen unterschiedlicher Flüssigkeiten - Wasser, Ethanol, Glycerin - auf der Glasplatte eines Overheadprojektors; je dunkler die Ränder der Tropfen erscheinen, desto stärker die Wölbung der Tropfenoberfläche; ggf. Wiederholung der Versuche auf unterschiedlichen Kunststoffflächen).



E 10	Herstellung eines festen Stärkeschaums
------	--

Materialien / Chemikalien	Sicherheitshinweise	Geräte
- Kartoffelstärke - NaHCO ₃ (als Backtriebmittel) - Natriumalginat oder Guarkernmehl (als Emulgiermittel)	Beim Umgang mit dem Waffeleisen besteht Verbrennungsgefahr.	- 2 Bechergläser (250 ml und 400 ml) - Spatel oder Löffel - Glasstab - Waffeleisen

Versuchsdurchführung
<p>Aus den folgenden Substanzen wird im kleineren der beiden Bechergläser eine Mischung hergestellt:</p> <p>70 g Kartoffelstärke, 3 g NaHCO₃ und 1 g Natriumalginat oder Guarkernmehl.</p> <p>Diese Mischung lässt man langsam unter ständigem Rühren in das große Becherglas laufen, in das zuvor bereits 80 ml Wasser gegeben worden sind.</p> <p>Die gebildete Masse wird in 4 Portionen dünn in einem Waffeleisen verteilt. Die Zacken des Waffeleisens sollen nicht bedeckt sein. Backzeit: 4 1/2 Minuten.</p> <p>Bei diesem Versuch entsteht ein fester Stärkeschaum, wie er u.a. als Behältnis für Fast-Food-Produkte verwendet wird.</p>

Anmerkungen / Erläuterungen

Der Teig kann bedenkenlos in einem haushaltsüblichen Waffeleisen gebacken werden. Die Mengenangaben sind ungefähre Angaben. Durch Variation der Wassermenge werden die Waffeln mehr oder weniger fest bzw. bleiben elastisch.

Anstelle von Hydrogencarbonat kann als **Backtriebmittel** eingesetzt werden:

- eine äquimolekulare Mischung aus NaHCO₃ und Natriumhydrogentartrat,
- NH₄CO₃ oder Na₂HPO₄

Die in diesem Versuch hergestellten Waffeln können auf ihre Stabilität und auf ihr Verhalten gegenüber Wasser untersucht werden. Sie können auch für den Kompostierungsversuch (E 12) verwendet werden.



Waffel aus Stärkeschaum („Formteil“)

E 11

Herstellung von Recycling-Papier

Arbeitsanleitung

Du brauchst: alte Zeitungen, ein elektrisches Rührgerät mit Pürierstab, eine Wanne, einen zweiteiligen Schöpfrahmen, ein Nudelholz, eine Rührschüssel, einige Stücke Filz, Stofflappen, eine Wäscheleine und Wäscheklammern.

Zerreiße alte Zeitungen in kleine Schnippsel und weiche sie in einer Rührschüssel mit viel Wasser ein. Wenn sie gut durchgeweicht sind, kannst du die Papiermasse mit dem Pürierstab weiter zerkleinern. Je feiner der Papierbrei ist, desto dünneres Papier kannst du anschließend schöpfen. Den Brei gießt du in die Wanne.

Einen Schöpfrahmen kannst du aus Holz-Vierkanteleisten und Fliegendraht herstellen. Füge die Leisten so zusammen, dass du zwei gleich große Rechtecke erhältst. Auf dem einen Rahmen befestigst du mit Drahtstiften das zugeschnittene Fliegengitter.

Zum Papierschöpfen legst du den offenen Rahmen auf die bespannte Seite des zweiten Rahmens und tauchst beide schräg in den zuvor gut aufgerührten Papierbrei ein. Durch kreisende Bewegung verteilt sich der Faserbrei gleichmäßig auf dem Netz.

Nimm den Schöpfrahmen aus der Wanne und lasse das Wasser abtropfen. Mit einem Stofflappen kannst du von unten weitere Feuchtigkeit abstreifen. Lege jetzt den oberen Rahmen zur Seite und stürze die Papiermasse auf das zurechtgelegte Filzstück. Mit dem Lappen drückst du vorsichtig gegen das Netz, bis sich die noch feuchte Masse vom bespannten Rahmen löst.

Über das rohe Recyclingpapier legst du eine zweite Lage Filz und Zeitungspapier. Mit dem Nudelholz wird das Papier durch vorsichtiges Rollen weiter entwässert. Entferne Zeitung und Filz, nimm das Papier auf und hänge es zum Trocknen auf die Wäscheleine.

Anmerkungen und Erläuterungen

Besonders **hübsche Papiere** erhält man, wenn dem Faserbrei Schnippsel aus buntem Papier oder feine Hobelspäne hinzugefügt werden. Es ist darauf zu achten, dass das farbige Papier nicht „ausblutet“. **Schmuckpapiere** können auch mit trockenen Gräsern oder Blüten hergestellt werden. Dazu holt man den Schöpfrahmen mit etwas Papierbrei aus der Wanne, legt die vorbereiteten Gräser darauf und schöpft eine weitere dünne Schicht Papier darüber.

Untersuchungsvorschlag: **Unter dem Mikroskop** erkennt man in einem Tropfen des Papierbreis die Fasern. Die **Faserstruktur** erklärt, warum das Papier auch ohne Leim zusammenhält. Ebenso wird deutlich, warum sich Papier nicht beliebig oft recyceln lässt.

Mit alten Zeitungen als Rohmaterial erhält man stets mehr oder weniger graue Recyclingprodukte. Bei Druckereien kann man statt dessen - oft kostenlos - Rollenreste von unbedrucktem Papier erhalten, die Resultate sind entsprechend heller.

Beim **technischen Recycling** werden verschiedene De-inking-Verfahren angewandt, um die Druckerschwärze vor der Weiterverarbeitung zu entfernen. Ein entsprechender Versuch für den Unterricht ist beschrieben im Themenheft „Papier“ der Zeitschrift Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie (6. Jhg., H. 29 / 1995, Aulis Verlag Köln). Das Heft enthält außerdem Beiträge zur Geschichte und Technologie der Papierherstellung sowie, zur Zellstoffbleichung, zur Papierausrüstung und zum chemischen Aufbau u.a.

E 12	Kompostierungsversuche in Petrischalen
------	--

Materialien / Chemikalien	Geräte
einige Popcorns, je zwei Streifen verschiedener Materialien (z.B. Papier, Zellophan, Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol, Materialien auf Stärkebasis) Komposterde (ohne Regenwürmer)	- Pipette, - Pinzette - Lupe - Petrischalen mit Deckeln (entsprechend der Anzahl der zu untersuchenden Materialien) - Wasser

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung
<p>Die Petrischalen werden mit einer bodenbedeckenden Schicht Kompost gefüllt und so lange vorsichtig mit Wasser beträufelt, bis die Oberfläche zu glänzen beginnt. Die Probestreifen bzw. -stücke der Testmaterialien werden überkreuz aufgelegt (jeweils eine Materialsorte in eine Petrischale). Sie sollen gerade vollständig durchfeuchtet sein. Die Petrischalen werden mit dem zugehörigen Deckel verschlossen und beschriftet (Datum, Material).</p> <p>Die rundherum mit Klebefilm zugeklebten Schalen bleiben einige Tage an einem warmen Ort stehen. Die Veränderungen lassen sich leicht beobachten. - Wartezeit: einige Tage.</p>

Anmerkungen / Erläuterungen

Organische Materialien verrotten nur in Gegenwart von **Mikroorganismen bzw. Bodentieren**; daher muss möglichst frischer Kompost für den Versuch benutzt werden. Die am Abbau beteiligten Bodentiere können mit der **Lupe** beobachtet werden. Von den beteiligten Mikroorganismen sind lediglich die Schimmelpilze makroskopisch erkennbar. Schleimbildung und Verflüssigung läßt auf die Gegenwart von Bakterien schließen.

Wegen der entstehenden Schimmelsporen müssen die Petrischalen verschlossen werden. Um die Proben mit dem zur Verrottung notwendigen Sauerstoff zu versorgen, werden die Petrischalen von der Lehrkraft jeweils vor dem Zeitpunkt, zu dem die Ansätze begutachtet werden sollen, unter dem Abzug geöffnet. Bei dieser Gelegenheit können eventuell beschlagene Petrischalendeckel abgewischt werden.

Zur Kontrolle kann ein **Ansatz mit sterilem Substrat** durchgeführt werden. Dazu werden die Petrischalen wie oben vorbereitet. Die geschlossenen Schalen werden auf einen Einsatz im Dampfkochtopf gestellt und 20 Minuten lang in heißem Wasserdampf behandelt.



E 13 Vergleich Styropor / Popcorn unter dem Mikroskop

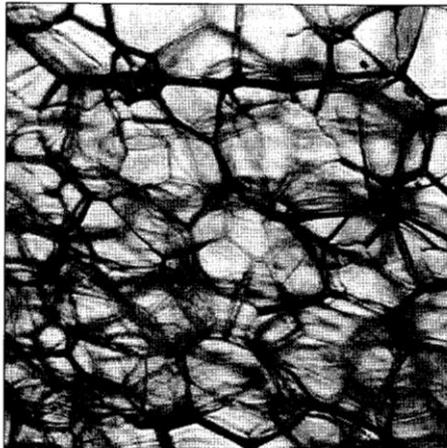
Materialien / Chemikalien	Sicherheitshinweise	Geräte
- Popcorn - Styroporschnipsel - ggf. Kork	Beim Umgang mit Rasierklingen besteht Verletzungsgefahr!	- Rasierklingen - Mikroskop oder Binokular - Objektträger

Versuchsdurchführung

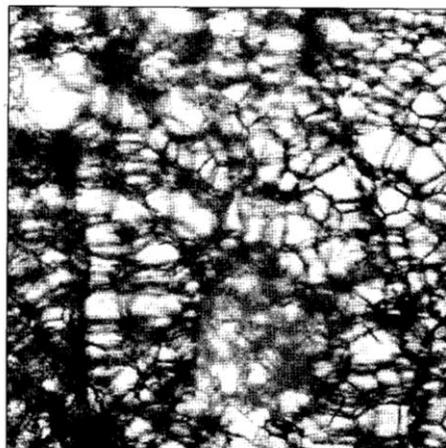
Von den zu untersuchenden Materialien werden mit der Rasierklinge dünne Schnitte angefertigt. Sie werden auf einen Objektträger gelegt und bei kleiner bis mittlerer Vergrößerung mit dem Mikroskop betrachtet und abgezeichnet.

Anmerkungen / Erläuterungen

Die nachstehenden Fotos wurden mit 40-facher Vergrößerung aufgenommen. Es ist gut erkennbar, dass die Wände große Luftvolumina einschließen. Diese **Gaspolster isolieren thermisch** (vgl. den Einsatz von Styropor als Isolationsmaterial am Bau). Bei der Verwendung als Verpackungsmaterial **federn diese Luftkissen Stöße und Erschütterungen ab**.



geschäumtes Polystyrol (Styropor®)



Popcorn

Einige Elektronikhersteller verwenden Popcorn inzwischen an Stelle von Styropor-Chips als Schüttverpackung. Dazu wird das geblähte Naturprodukt mit Aluminium- oder Borsalzen gegen bakteriellen oder Schimmelbefall ausgerüstet.

Popcorn kann man in der Schule leicht selbst herstellen. Eine Anleitung dazu findet man in der Regel auf der Verpackung.

E 14 Mineralöl und Pflanzenöle - Gemeinsamkeiten und Unterschiede

Materialien / Chemikalien	Gefahren- und Sicherheitshinweise	Entsorgungshinweise	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> - verschiedene Pflanzenöle (z.B. Sonnenblumenöl, Distelöl, Leinsamenöl o.ä.) - Paraffin, flüssig - Erdöl - Ethanol - Na₂CO₃-Lösung bzw. Natronlauge 	<p>wegen des Benzolgehaltes von Erdölproben vgl. die Sicherheitshinweise bei E 1</p> <p>Schutzbrille tragen!</p> <p>d) Alkalische Lösungen neigen beim Erhitzen zum Verspritzen!</p>	<p>Mineralöle sind wie andere organische Abfälle zu behandeln. Kleine Mengen können im Abzug verbrannt werden.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Porzellanschale - Brenner - Becherglas - Heiz-Rühr-Gerät - Glasstab

Versuchsvorschläge

- a) Vergleich des Geruchs
- b) Vergleich der Mischbarkeit mit Wasser bzw. mit Ethanol
Je einige Tropfen Mineralöl bzw. Öl pflanzlicher Herkunft werden in einem Reagenzglas mit Wasser versetzt, in einem zweiten Versuch mit Ethanol.
- c) Vergleich der Entflammbarkeit
Je 3 cm³ des Mineralöls und des Pflanzenöls werden in je eine Porzellanschale gegeben. Mit dem Bunsenbrenner wird versucht, die Ölproben zu entzünden. Beobachtet werden können Flammenfarbe, Rußbildung und Leichtigkeit der Entzündung.
- d) Verseifung von Pflanzenölen
In einem kleinen Becherglas oder Erlenmeyerkolben werden 5 ml Pflanzenöl mit 5 ml Wasser und 5 ml Ethanol versetzt. Die Mischung wird unter Rühren auf dem Heiz-Rühr-Gerät erwärmt. Zur Verseifung gibt man 5 ml gesättigte Natriumcarbonatlösung nach und nach hinzu und erhitzt ca. 10 Minuten lang weiter. Mit der Reaktionsmischung, die einen hohen Anteil an Seifen (Natriumsalze der Fettsäuren) enthält, kann nach dem Abkühlen eine Schäumprobe durchgeführt werden. Dazu gibt man Wasser hinzu und schüttelt kräftig.

Anmerkungen / Erläuterungen

Hauptbestandteil von Mineralölen sind **Paraffine**, d.h. unverzweigte oder verzweigte Kohlenwasserstoffe. Pflanzliche Öle bestehen aus **Fettsäuren**, die meist mit dem dreiwertigen Alkohol **Glycerin** verknüpft sind.

Als Kohlenwasserstoff-Verbindungen sind beide Stoffgruppen brennbar, als wenig polare Substanzen lösen sie sich in Ethanol, der ebenfalls wenig polar ist; bei der Behandlung mit Laugen (Natriumcarbonat-Lösung; Natronlauge reagiert schneller, ist aber gefährlicher) reagieren Paraffine nicht weiter, Pflanzenöle werden „**verseift**“. Dabei wird die Fettsäure-Glycerin-Bindung (Ester) gespalten, und die freigesetzten Fettsäuren bilden mit der Lauge Salze. Diese Salze der Fettsäuren (= Seifen) schäumen in Wasser und wirken als Tenside.

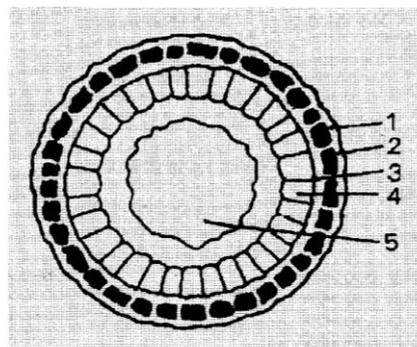
E 15	Untersuchung der Leinpflanze
------	------------------------------

Materialien / Chemikalien	Geräte
Leinpflanzen (ab Mai) Leinsamen	- Mörser und Pistill - Rasierklingen - Mikroskop bzw. Binokular - Objektträger, Deckglas

- Versuchsvorschläge
1. Einige Leinsamen werden im Mörser gründlich zerstoßen. Der Mörser wird mit einem Löschpapier ausgewischt: Es bildet sich ein bleibender Fettfleck.
 2. Der Stengel einer Leinpflanze wird geknickt, und es wird versucht, die beiden Teile auseinanderzuziehen.
 3. Aus dem Stengel werden mit Rasiermesser oder Präparierbesteck dünne Schnitte hergestellt. Diese Querschnitte werden unter dem Mikroskop oder Binokular betrachtet.

Anmerkungen / Erläuterungen

Anmerkungen / Erläuterungen



Schema des Stengelquerschnitts

- 1 – Bastfaserbündel
- 2 – Rindenschicht
- 3 – Kambium
(teilungsfähige Zellen, "Wachstumsschicht")
- 4 – Holzschicht
- 5 – Hohlraum durch Zerreißen der Markschicht

Schema des Stengelquerschnitts

Beim Lein sind die Bastfaserbündel sehr lang: 2 bis 6 cm. Sie bestehen aus 20 bis 40 Einzelfasern, die ebenfalls unter dem Mikroskop gesehen werden können.

Schnitte können auch von anderen Teilen der Pflanze hergestellt werden, z.B. von der reifen Frucht. (vgl. M 11)

Nach: Peter Rode, Edith Fellner: Hecheln und Spinnen - Flachs. Eine Handreichung des Modellversuchs SchUB. Berlin 1995, S. 9

E 16	Vom Leinöl zum Standöl
------	------------------------

Materialien / Chemikalien	Sicherheitshinweise	Entsorgungshinweise	Geräte
Leinölfirnis	Mit Leinöl getränkte Tücher oder Papiere neigen in seltenen Fällen zur Selbstentzündung!	entsprechend wie bei Farbresten oder organisch-chemischen Abfälle	<ul style="list-style-type: none"> - Becherglas - Heizplatte mit Magnetrührer - Aquarienpumpe - Glasrohr

Versuchsaufbau	Versuchsdurchführung
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> x </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">Kochen des Leinölfirnis</p>	<p>Zur Standölgewinnung werden 200 ml Leinölfirnis in einem Becherglas auf eine Heizplatte mit Magnetrührer gerührt und erhitzt (ca. 80 °C). Mit einer Aquariumpumpe wird andauernd Luft durch die Flüssigkeit geleitet. Die Zuleitung erfolgt über einen Gummischlauch mit Glasrohr.</p> <p>Erhitzen und Durchblasen von Luft wird ca. 3 Tage (und Nächte) fortgesetzt. Wegen der Gefahr der Selbstentzündung und der Freisetzung von organischen Säuren ist in jedem Fall ein Abzug zu benutzen. Alternativ kann der Kochvorgang über mehrere halbe Tage unter Aufsicht gestreckt werden.</p> <p>Nach Versuchsende können geprüft werden: Farbe, Zähigkeit, Geruch.</p>

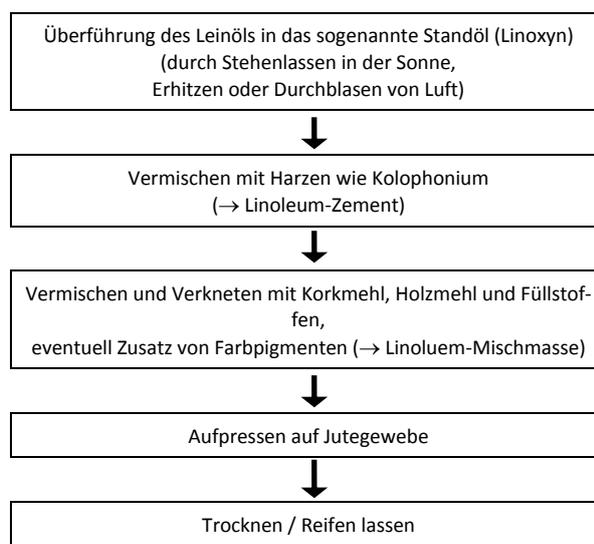
Anmerkungen / Erläuterungen

Als Ausgangsstoff zur Herstellung von Linoleum oder Ölfarben wird in der Regel Leinölfirnis gewählt. Dieses Produkt enthält bereits im notwendigen Umfang Sikkative (Schwermetallsalze), die sonst schwer zu beschaffen und zu dosieren wären.

Das nebenstehende Schema zeigt die Herstellung von Linoleum. Der erste Schritt ist die Herstellung von Standöl. Die weiteren Verfahrensschritte sind bei E 17 dargestellt.

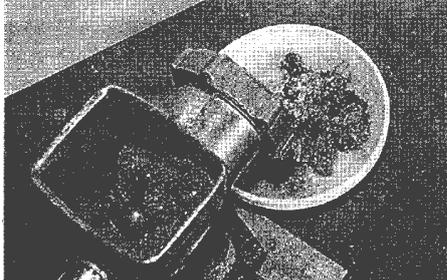
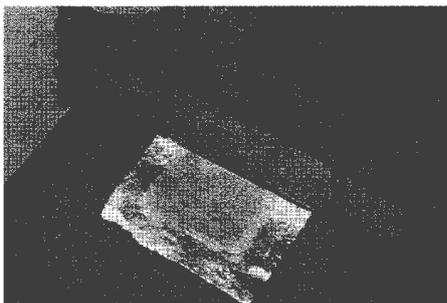
Zur formelmäßigen Darstellung der Verharzung siehe M 12.

Herstellung von Linoleum



E 17	Anleitung zur Linoleumherstellung
------	--

Materialien / Chemikalien	Sicherheitshinweise	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> - Linoxyn (aus E 16) - 20 g Kolophonium - Holzmehl - Korkmehl - Kreide - Jutegewebe - Aluminiumfolie 	<p>Mit Leinöl getränkte Tücher oder Papiere neigen in seltenen Fällen zur Selbstentzündung!</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Becherglas - Heizplatte mit Magnetrührer - Porzellantiegel - Mörser - Waage - Fleischwolf - Presse oder Wäskemangel - Messer - eventuell Trockenschrank

Versuchsdurchführung	
<p>Dem zähflüssigen Linoxyn werden 20 g geschmolzenes Kolophonium zugeben. Dazu wird das abgewogene Kolophonium erst im Mörser zerkleinert, dann im Porzellantiegel geschmolzen und flüssig untergerührt.</p>	
	<p>Anschließend wird die Masse auf ca. 150°C erhitzt und einen weiteren Tag gekocht. Der sich bildende Linoleumzement hat kautschukartige Konsistenz. Der abgekühlte Linoleumzement wird in Kreidestaub oder Holzmehl gewälzt.</p>
	<p>Für die Linoleummischmasse werden 37 Gew.-% Linoleumzement, 30 Gew.-% Holzmehl, 20 Gew.-% Korkmehl und 13 Gew.-% Kreide vermengt. Zuerst vermischt man die trockenen Zutaten miteinander, dann gibt man abwechselnd Linoleumzement und Trockensubstanz in den Fleischwolf. Das Durchmengen muss so oft wiederholt werden, bis eine einheitliche Masse entstanden ist. Wegen der großen Scherkräfte erwärmt sich die Masse bei der Bearbeitung.</p> <p>Die noch warme Mischmasse wird auf ein Stück Jute gegeben und mittels der Walzen aufgepresst. Der Vorgang muss so oft, mit immer gesteigertem Druck, wiederholt werden, bis eine glatte Oberfläche vorhanden und das Jutegewebe von der Masse durchdrungen ist. Falls die Mischmasse an der Walze kleben bleibt, verwendet man Aluminiumfolie als Trennschicht.</p> <p>Das Linoleum muss etwa eine Woche bei ca. 40°C (im Trockenschrank) trocknen. Bei Zimmertemperatur dauert der Trocknungsvorgang entsprechend länger.</p>

Anmerkung

Leinölfirnis, Kolophonium sowie Erdpigmente können z.B. über (Öko-)Baumärkte preisgünstig bezogen werden.

E 18 Herstellung von Farben/Anstrichmittel unter Verwendung von Leinöl

Materialien / Chemikalien	Sicherheitshinweise	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> - Leinöl oder Leinölfirnis - Terpentinöl - Erdfarben (z.B. Umbra, Siena, Ocker) oder pulverisierte Minerale (z.B. Eisenoxid, Ultramarin) - Magerquark - gelöschter Kalk (Ca(OH)_2) - geschlämmte Kreide 	<p>Mit Leinöl getränkte Tücher oder Papiere neigen in seltenen Fällen zur Selbstentzündung!</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mörser und Pistill - Bechergläser oder Marmeladengläser - Schutzbrille - Pinsel

Versuchsdurchführung

a) Herstellung einer Ölfarbe (Künstlerfarbe)

In einem Mörser werden Leinöl oder Leinölfirnis mit fein geriebenem Pigment vermischt und zu einem festen Brei durchgearbeitet. Die fertige Ölfarbe kann mit Terpentinöl (Destillat aus Kiefernharz) verdünnt werden. Als Pigmente eignen sich Erdfarben wie Umbra, Siena, Ocker oder Englischrot oder Minerale wie Ultramarin, Eisenoxid oder Chromoxidgrün.

b) Herstellung eines Kasein- bzw. Tempera-Anstrichs

250 g Magerquark werden in einer Schüssel gründlich mit 50 g Kalkbrei vermischt. Den Kalkbrei stellt man zuvor durch Einsumpfen von gelöschten Kalk (Ca(OH)_2) in wenig Wasser her (Vorsicht! Verätzungsgefahr, Schutzbrille tragen!).

Der aus Quark und alkalischem Brei entstehende gelblich-glasige Kasein-Leim wird mit Wasser verdünnt, bis er honigartige Konsistenz besitzt. Anschließend werden 25 ml Leinöl sowie die gewünschten Pigmente zugesetzt. Zur Erhöhung der Deckkraft kann geschlämmte Kreide untergerührt werden.

c) Haltbarkeitstests

Ölfarben, Tempera oder Leinölfirnis können zu Testzwecken auf Holz, Pappe oder Mauerwerk verstrichen werden. Beobachtet werden können Abbindeverhalten („Trocknen“), Filmbildung und Verhalten gegenüber Sonne und Witterungseinflüssen.

Anmerkungen

Zum „Trocknen“ von Ölfarben vgl. M 12.

Leinölfirnis und Erdpigmente können z.B. über (Öko-)Baumärkte preisgünstig bezogen werden

E 19 Hinweise auf interessante Experimente/Versuche zu anderen Anwendungsfeldern fossiler und nachwachsender Rohstoffe

Tenside

Aus pflanzlichen und tierischen **Fetten und Ölen** können durch Verseifung mit Laugen **Seifen** hergestellt werden (z.B. 20 ml Ölsäure, 50 ml Natriumcarbonatlösung 10%ig, eventuell Zusatz von Ethanol zur Lösungsvermittlung, siehe auch E 14).

Weitere Versuche: Demonstration von Schaumbildung und Waschwirkung, Verminderung der Oberflächenspannung durch die hergestellte Seife.

Aus Zucker und Palmkernöl bzw. Kokosöl werden industriell Alkylpolyglycoside (Plantaren®) hergestellt. Für die Sekundarstufe I kann ein entsprechender Schulversuch nicht empfohlen werden.

Duftstoffe

Aus vielen pflanzlichen Produkten können **etherische Öle und Duftstoffe** gewonnen werden. Aus zerkleinerten Schalen von Orangen, Zitronen oder Mandrinen erhält man durch Wasserdampfdestillation ein etherisches Öl mit intensivem Geruch. Größere Mengen Öl sind auch in den Nadeln von Fichten, Tannen oder Kiefern enthalten.

Etherische Öle werden oft als Lösungsmittel für alternative Anstriche bzw. Lacke verwendet.

Faserstoffe

Die Herstellung von Fasermaterial aus Pflanzen in ausreichender Menge und Qualität ist sehr schwierig. Neben den beschriebenen Untersuchungen von Pflanzenstengeln (E 15) können Fasern verschiedener Herkunft unter dem Mikroskop untersucht werden, es kann die Entflammbarkeit und die Wasserdampfdurchlässigkeit getestet werden. Durchgeführt werden können auch Färbversuche (s.u.).

Lösungsmittel / Filmbildner

Die Gewinnung von etherischen Ölen für Lösungsmittelzwecke ist oben bei den Duftstoffen angeführt. Mit **Orangen- oder Zitronenschalenöl** können Löseversuche, z.B. mit Teer, Farbstoffen oder Kunststoffen durchgeführt werden.

Neben trocknenden Ölen (wie Leinöl) können Oberflächenfilme auch auf Eiweißbasis hergestellt werden. Aus Kasein und gelöschtem Kalk entsteht beim Kochen ein sehr haltbarer Leim.

Kosmetische Produkte

Wollfett ist Grundlage für zahlreiche **Salben und Cremes**. Mit Wasser können Emulsionen hergestellt werden, durch Zusatz von Duftstoffen erhält man gebrauchsfähige Präparate.

In der fachdidaktischen Literatur finden sich eine Reihe weiterer Vorschläge zur experimentellen Bearbeitung von speziellen nachwachsenden Rohstoffen; u.a. werden Versuche mit Lignin oder Chitin beschrieben. In der Regel sind die betreffenden Experimente jedoch entweder sehr aufwendig oder wenig aussagekräftig, so dass auf eine nähere Darstellung hier verzichtet wird. Hinweise auf die entsprechenden Quellen sind in der unter 7. zusammengestellten Literatur zu finden.

4. Materialien - Übersicht

M 1	„Öl geht alle an“ - Erdöl im Bewusstsein der Öffentlichkeit	34
M 2	Kunststoffe - Werkstoffe nach Maß	34
M 3	Nachwachsende Rohstoffe - zum Verbrennen zu schade?	36
M 4	Biomasse und CO ₂ -Bilanz	37
M 5	Produzieren im Verbund: Der „Erdölbaum“	38
M 6	Nachwachsende Rohstoffe - vielfältige Nutzungsmöglichkeiten	39
M 7	Industriepflanzen und ihr Einsatz	40
M 8	Rohstoff Stärke - Produktpalette	41
M 9	Produktlinienanalyse, z.B.: Verpackung	42
M 10	Produzieren in Kreisläufen der Biosphäre	43
M 11	Informationsblatt zur Leinpflanze	44
M 12	Verharzung - Reaktionsschema	45
M 13	Nachwachsende Rohstoffe - Elemente zu einem Rollenspiel	46

Die Materialien geben, soweit sie sich auf nachwachsende Rohstoffe beziehen, den Stand der Diskussion Ende 1996 wieder. Die betreffenden Dokumente besitzen daher nur Beispielcharakter und müssen für den Unterricht entsprechend ergänzt bzw. aktualisiert werden.

Formelmäßige Darstellungen sind insoweit aufgenommen, als sie für das Verständnis der konkreten Zusammenhänge hilfreich erscheinen. Allgemein zugängliche Sachverhalte, etwa die Bildung von polymeren Kunststoffen aus monomeren Bausteinen, können ergänzend und in Abstimmung mit den Anforderungen des jeweiligen Bildungsgangs den Chemie-Schulbüchern entnommen werden.

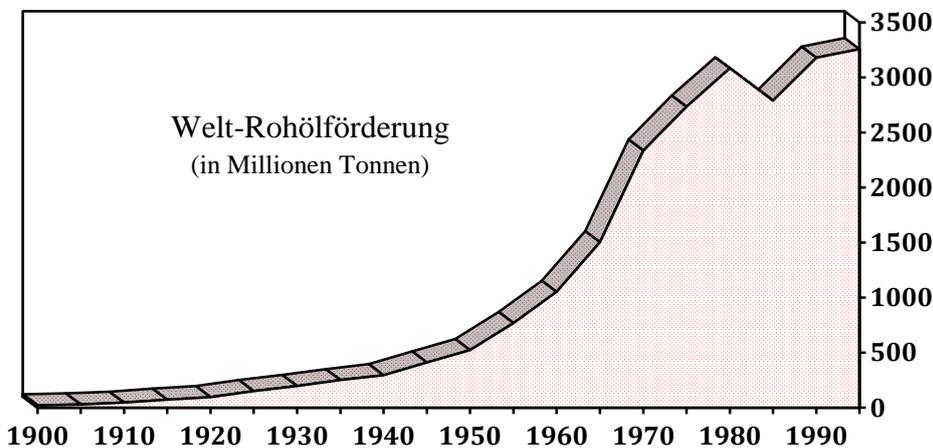
Bezüglich des Erdöls, seiner Geschichte, der Technologien von Förderung, Transport, Raffination und Weiterverarbeitung sowie hinsichtlich seiner Verwendung wird hier auf die entsprechenden Informationsmaterialien verwiesen, die - auch im Klassensatz kostenlos - von den Mineralölgesellschaften bezogen werden können. Bezugsadressen sind in Abschnitt 9 (S. 47) aufgeführt.

M 1 Öl geht alle an - Erdöl im Bewußtsein der Öffentlichkeit

Als im Oktober/November des Jahres 1956 im Zuge der damaligen Suezkrise davon die Rede war, dass die politisch gespannte Lage im Nahen Osten möglicherweise eine Verknappung von Öl zur Folge haben könnte, hamsterten in der Bundesrepublik verängstigte Hausfrauen große Mengen von - Speiseöl. Im Oktober 1973 dagegen, als der Jom-Kippur-Krieg die arabischen Länder zu wirtschaftlichen Sanktionen veranlasste, standen die Autofahrer in langen Schlangen vor den Tankstellen, erlebte der Heizölhandel eine außergewöhnliche Hochsaison.

An diesen beiden Tatbeständen zeigt sich, in welchem Umfang Erdöl während der letzten 20

Jahre überhaupt erst in das Bewusstsein der Verbraucher gedungen ist. (...) Die Motorisierungswelle und der Vormarsch der Ölheizungen waren es zunächst, die die Verbraucher der Bundesrepublik veranlassten, sich näher mit jenem Stoff zu beschäftigen, der ihnen Komfort, Mobilität und wirtschaftlichen Nutzen brachte. Heute wissen wir, dass Öl nicht nur als Energieträger ein unentbehrlicher Faktor für das Gedeihen der Wirtschaft ist, sondern dass auch wichtige Produktionszweige wie die Chemie, die Kunststoffverarbeitung oder die Landwirtschaft, der Straßenbau oder die Kosmetik - um nur einige Beispiele zu nennen - auf den Rohstoff Öl angewiesen sind.



Text aus: Mineralölwirtschaftsverband e.V. (Hrsg.): Öl. Ein Rohstoff und sein Markt, Hamburg 1977, S. 4
Graphik nach: BP Oil Deutschland GmbH (Hrsg.): Zahlen aus der Mineralölwirtschaft 1996, Hamburg 1996, S. 10

M 2 Kunststoffe - Werkstoffe nach Maß

Beispiel PKW

Der Trend geht heute zu immer komfortabler und sicherer ausgestatteten Autos. Doch wurden diese mit jeder Fahrzeuggeneration ständig schwerer. Je höher aber das Gewicht, desto größer ist auch der Treibstoffverbrauch. Ohne den Einsatz von Kunststoffen würde die Gewichtszunahme noch drastischer ausfallen. So können durch die Verwendung von 100 kg Kunststoffbauteilen etwa 200 kg herkömmliche Werkstoffe ersetzt werden. Eine Verminderung des Fahrzeuggewichts um 100 kg bringt aber eine Treibstoffersparnis von ca. ½ Liter pro 100 gefahrener Kilometer und damit auch eine geringere Umweltbelastung mit sich.

Ein wichtiges Ziel bei der Konstruktion von Automobilen ist daher die Gewichtsreduzierung durch Leichtbauweise. Und hierzu sind die Kunststoffe mit

ihren genau auf den Verwendungszweck abgestimmten Eigenschaften besonders geeignet. Kunststoffteile sind in und an sämtlichen Baueinheiten der Automobile zu finden. Besonders ins Auge fallen Karosserie- und Außenteile wie Stoßfänger, Kühlergitter und Frontschürzen, Scheinwerfereinfassungen, Verkleidungen und Lufteinlassgitter, Außenspiegel und Rückleuchtenmodul. Hinzu kommt die vollständige Ausstattung des Innenraums. Die gesamte Autoelektrik und -elektronik ist ohne Kunststoffe nicht mehr denkbar. Auch im Motorraum haben die Kunststoffanwendungen zugenommen. Dazu gehören Ansaugrohre, Kraftstoffverteilersysteme, Tanks für Servoaggregate, Wasserpumpen, Zahnriemenräder u.a.

Aus: AKI (Hrsg.): Kunststoffe - Werkstoffe unserer Zeit. Frankfurt 1993 (5. Aufl.), S. 22-23

Diskussion um Anbau von Energiepflanzen

Europas Bauern produzieren ganz einfach zu viel. Allein in Deutschland sind nach Expertenmeinung zwischen 1,5 und 4 Mio. Hektar (ha) landwirtschaftlich genutzter Fläche langfristig für die Nahrungsmittelproduktion überflüssig und müssten stillgelegt werden. Angesichts solcher düsterer Aussichten verheißt die Produktion energetisch nutzbarer

Biomasse auf solchen Flächen eine helle Zukunft in doppelter Hinsicht: Lohn und Brot für die Landwirte sowie eine umweltverträgliche Form der Energieerzeugung. Doch zunächst einmal ist eine zurückhaltende und vorsichtige Bewertung angesagt.

Nicht nur wirtschaftliche Fragen sondern auch ökologische Gesichtspunkte, die allerdings noch nicht abschließend geklärt sind, zeigen die Grenzen von Energiepflanzen auf.

Anbau von Energie

Versuche, durch den Anbau schnellwachsender Pflanzen „Brennstoff“ für die Strom- und Wärmeversorgung zu produzieren und somit z.B. Kohle, Öl oder Erdgas zu ersetzen, brachten zunächst durchaus erfolgversprechende Resultate. Inzwischen liegen die Zwischenergebnisse einer ganzen Reihe von Feldversuchen vor. Experimente wurden unternommen mit schnellwachsenden Bäumen - Weiden oder Pappeln - und speziellen Schilfpflanzen, z.B. dem Riesen-Chinaschilf (*Miscanthus*), das als sog. C4-Pflanze in der Lage ist, bis zu 6,5% der Strahlungsenergie von der Sonne in Form von Kohlenstoff zu binden.

Die jährlichen Erträge, so ergab eine Studie der Energieversorgung Schwaben auf Basis von Feldversuchen in Forchheim bei Karlsruhe, liegen in unseren Breiten bei maximal 20 bis 40 t Trockenmasse je Hektar. Dies entspricht einem Heizwert von 10 bis 20 t Steinkohleeinheiten (SKE) pro Hektar.

Hohe Kosten

Jedoch sind nach heutigem Wissen auch bei sehr optimistischen Schätzungen mindestens 3500 DM/ha aufzuwenden, was zu Heizwärmekosten von 6 und Stromerzeugungskosten von 17 Pf/kWh führen würde - jetzige Anlagentechnik vorausgesetzt. Eine weniger optimistische, als realitätsnäher angesehene Berechnung des Unternehmens spricht von 19 bzw. 50 Pf/kWh für die Erzeugung von Wärme bzw. Strom, also rund dem Vierfachen des Preises bei konventioneller Erzeugung.

Aber nicht nur Kostenaspekte, sondern auch Umweltgesichtspunkte sind es, die zweifelhaft erscheinen lassen, ob Energieplantagen zukünftig einen Beitrag zu unserer Energieversorgung

werden leisten können.

Günstige CO₂-Bilanz

Zwar ist die Verbrennung von Biomasse CO₂-neutral. D.h. es wird nur diejenige Menge des klimawirksamen Kohlendioxids freigesetzt, die während des Wachstums von den Pflanzen verbraucht wird. Allerdings darf man dabei nicht verkennen, dass in eine solche Bilanz eigentlich auch der Energieverbrauch für den Anbau, die Ernte, den Transport zum „Kraftwerk“, die Lagerung und ggf. die notwendige Trocknung eingerechnet werden müsste, was die Bilanz erheblich verschlechtern würde.

Offene ökologische Fragen

Bedenken und Vorbehalte, derzeit insbesondere von Seiten der Umweltschutzverbände geäußert, betreffen aber in erster Linie die nicht auszuschließende Belastung der Böden und des Grundwassers durch Düngung, Herbizide und Pestizide sowie den erheblichen Wasserverbrauch dieser schnellwachsenden Pflanzen. Hinzu kommen mögliche Beeinträchtigungen der natürlichen Flora und Fauna durch riesige Monokulturen.

Diesel aus Raps

Rapsöl oder Rapsmethylester (RME) bietet sich als Ersatz oder Zusatz zum herkömmlichen Diesel-Treibstoff angesichts der Überproduktion bzw. freier Anbauflächen geradezu an, so dachte man.

Sicher, der Preis von 1,90 bis 2,30 DM pro Liter spricht zunächst einmal nicht gerade für große Marktchancen. Aber sollte man angesichts der vermuteten Umweltvorteile gegenüber herkömmlichen Kraftstoffen auf Erdölbasis nicht trotzdem „Biodiesel“ einsetzen?

UBA-Studie

Eine kürzlich vom Umweltbundesamt vorgelegte Ökobilanz kommt da zu einem ernüchternden Ergebnis: Der guten CO₂-Bilanz von Biodiesel verglichen mit Erdöldiesel - Reduzierung um 65% - steht eine erhebliche zusätzliche Freisetzung von Lachgas (N₂O) - eben-

falls ein Klimagas - infolge der Stickstoffdüngung gegenüber. In der Summe aller Treibhausgase ergibt sich lediglich eine 35%ige Reduzierung. Die Emissionen von Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden werden durch den Einsatz von Biodiesel zwar geringfügig bis deutlich gemindert, drastisch erhöht sich jedoch der Ausstoß von Aldehyden, die - zumindest teilweise - als krebserregend gelten.

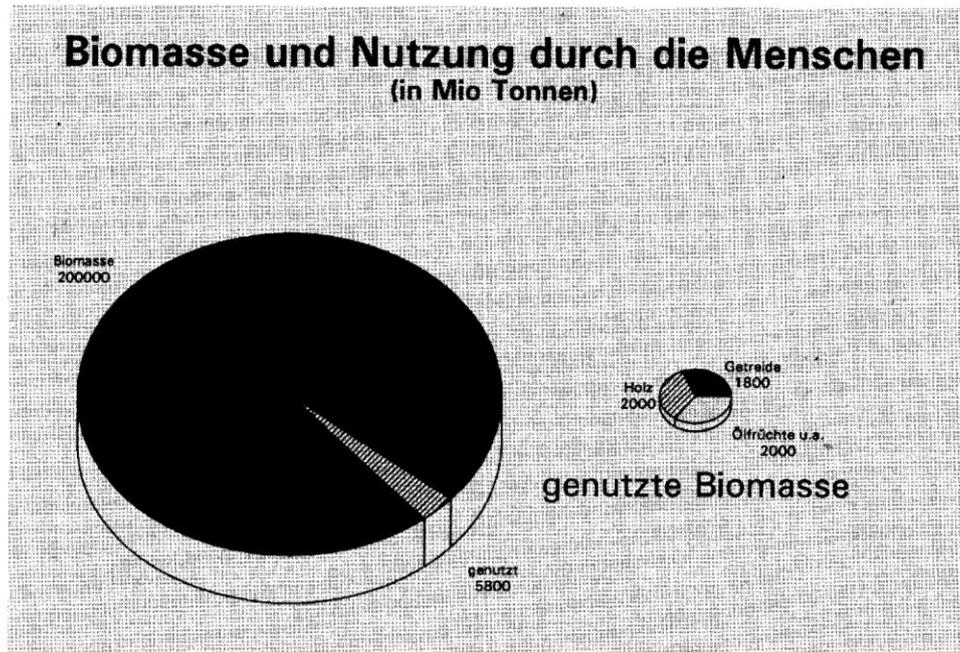
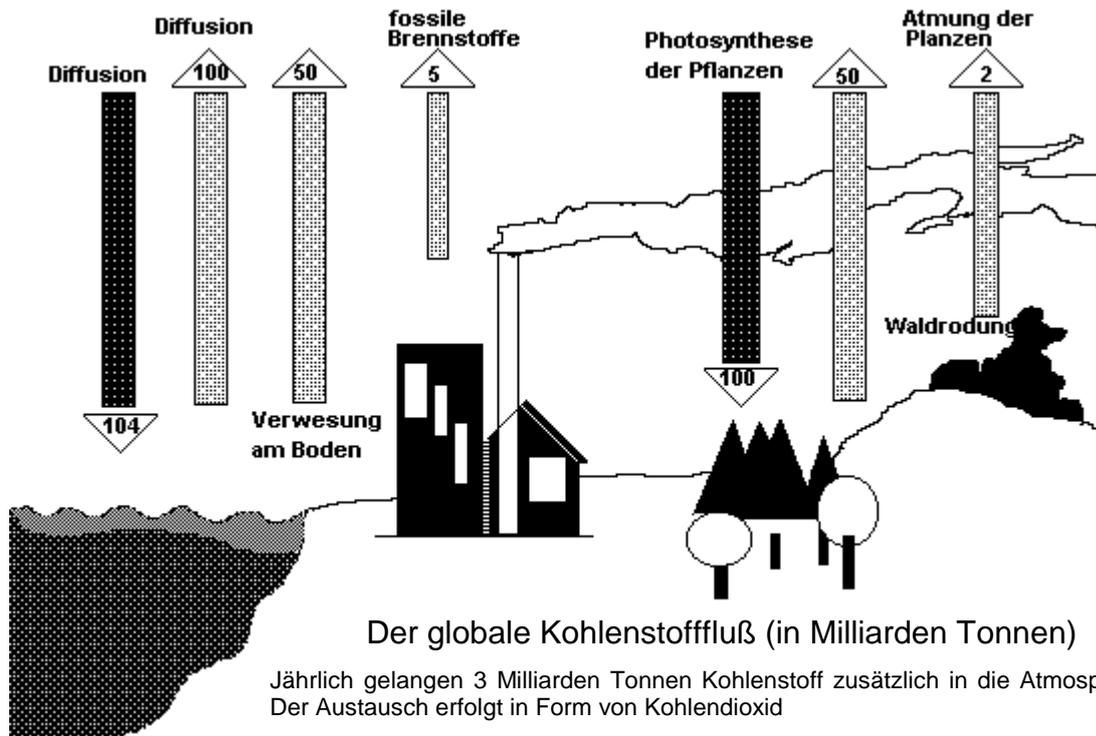
Das Umweltbundesamt kommt angesichts des hohen Preises und der dennoch auftretenden ökologischen Belastungen, zu denen auch nicht auszuschließende Bodenbelastungen durch Düngung und Herbizid- sowie Pestizideinsatz zu rechnen seien, zu einer gegenwärtig eher negativen Bewertung.

Fachagentur „Nachwachsende Rohstoffe“

Noch sind viele Fragen der Biomassennutzung offen. Die Bundesregierung will deshalb die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten intensivieren und stärker als bisher koordinieren. ... Eine Fachagentur „Nachwachsende Rohstoffe“ wird die Arbeiten koordinieren. Sie soll neben der energetischen Nutzung von landwirtschaftlichen Produkten auch deren industrielle Einsatzchancen als Rohstoff verbessern helfen. Bei ihrer Arbeit soll sie aber auch die Ausweitung der Nutzungsmöglichkeiten von organischen Rest- und Abfallstoffen wie z.B. Waldrestholz, Stroh, tierischen Exkrementen, Klärschlamm usw. berücksichtigen.

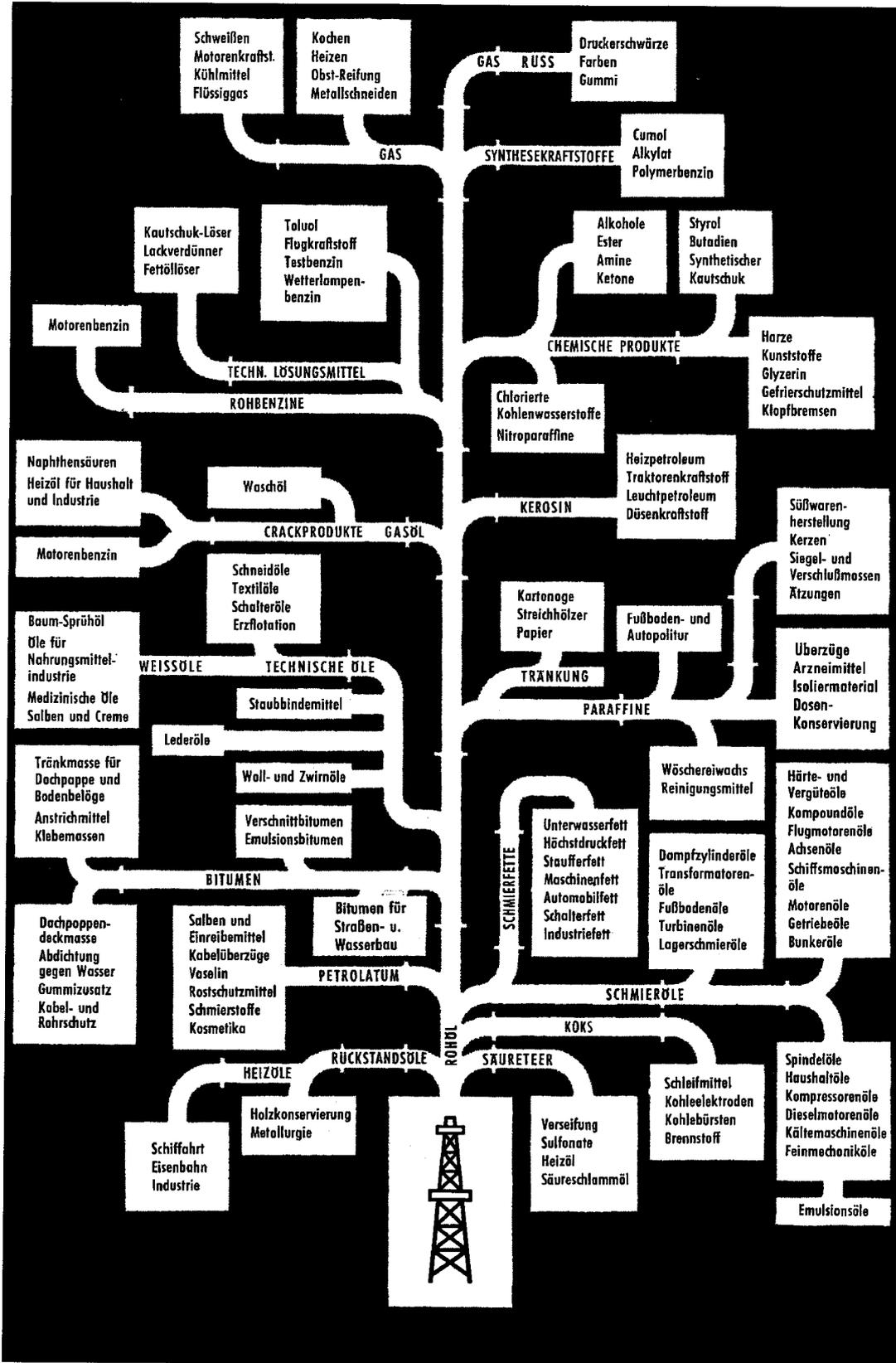
Skeptisch stimmt allerdings die Tatsache, dass diese Fachagentur nicht - wie ursprünglich geplant - beim Bundesumweltministerium angesiedelt ist, sondern beim Landwirtschaftsminister. Es bleibt nur zu hoffen, dass sie ökologischen Gesichtspunkten zumindest den gleichen Stellenwert einräumt wie dem sicher nicht unwichtigen Aspekt neuer Einnahmequellen für Landwirte.

M 4 Biomasse und CO₂-Bilanz *)



*) Obere Graphik verändert nach: Volker Best: Ökologikum. Umweltlexikon auf CD-Rom, Vieweg Verlag o.J.
Untere Graphik aus: Raabits Chemie, III A 1, Nachwachsende Rohstoffe, S. 10, Heidelberg 1994

M 5 Produzieren im Verbund: Der „Erdölbaum“



Aus: Deutsche Shell Aktiengesellschaft: Vom Erdöl. Ein Blick in die Welt eines Rohstoffes. Hamburg 1976, S. 72

M 6 Nachwachsende Rohstoffe - vielfältige Nutzungsmöglichkeiten

Unerschöpfliches Rohstoffpotential

Der Begriff „Nachwachsende Rohstoffe“ umfasst pflanzliche, aber auch tierische Produkte, die der chemisch-technischen und/oder energetischen Nutzung dienen.

Wenn pflanzliche Inhaltsstoffe oder Fasern als Grundstoff in industriellen Prozessen eingesetzt werden, spricht man im allgemeinen von Industriepflanzen. Werden Pflanzen oder Pflanzenteile verbrannt, vergast oder vergoren, bezeichnet man sie üblicherweise als Energiepflanzen.

Seit jeher finden zahlreiche pflanzliche und tierische Rohstoffe vielfältige Verwendungen im Nicht-Nahrungsbereich. Die wirtschaftlich wichtigsten darunter sind heute Stärke, Öle und Fette, Pflanzenfasern, Holz und Zellulose, Farbstoffe, wertvolle Inhaltsstoffe der Heil- und Gewürzpflanzen, aber auch ganze Pflanzen. Zum einen handelt es sich um Pflanzen, die speziell für Nicht-Nahrungszwecke angebaut werden; zum anderen sind es Rest- und Abfallprodukte der pflanzlichen oder tierischen Produktion und Verarbeitung.

Mit der Gewinnung von pflanzlichem Material auf landwirtschaftlichen Böden zur technischen oder energetischen Nutzung werden agrar-, energie- und umweltpolitische Ziele verfolgt. Die wichtigsten sind:

Sinnvolle alternative Nutzung freierwerdender Flächen im Pflanzenbau

Die technischen Fortschritte im Pflanzenbau einerseits und eine stagnierende

Nachfrage nach Nahrungsmitteln andererseits führen zu stetig steigenden Überschüssen in der Landwirtschaft.

Um diesen Überschüssen entgegenzuwirken, müssen immer größere Teile der landwirtschaftlichen Nutzfläche einer alternativen Verwertung zugeführt oder stillgelegt werden.

Neben der Schaffung von naturnahen Flächen, sogenannten ökologischen Ausgleichsflächen, und der vermehrten Nutzung von Flächen für Erholung und Sport, stellt der Anbau nachwachsender Rohstoffe eine interessante alternative Nutzungsmöglichkeit der freiwerdenden Flächen dar. Er bietet den Landwirten neue Produktions- und Absatzmöglichkeiten, eine Bereicherung der Fruchtfolge und Artenvielfalt und dadurch eine sinnvolle Alternative zur ~~Beauftragte~~ Fläche hinaus können durch die gewerbliche und industrielle Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe im ländlichen Raum neue Arbeitsplätze geschaffen werden.

Ersatz nicht erneuerbarer Ressourcen

Die Volkswirtschaft ist zurzeit noch in hohem Maße auf fossile Rohstoffe angewiesen, wie z.B. Erdöl, Erdgas und Kohle. Diese sind nicht vermehrbar und bei weiter steigendem Verbrauch in absehbaren Zeiträumen erschöpft. Zur Schonung dieser wertvollen Vorräte müssen Ersatzprodukte bzw. alter-

native Rohstoffquellen erforscht und erschlossen werden.

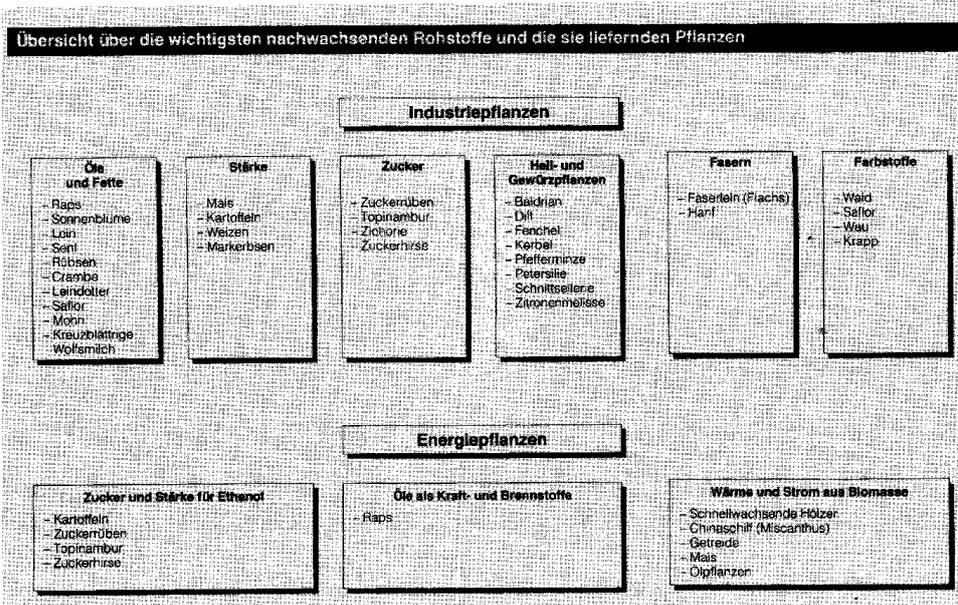
Pflanzliche und somit erneuerbare Rohstoffe bieten viele Möglichkeiten, fossile Energieträger zu ersetzen. nachwachsende Rohstoffe können somit einen wertvollen Beitrag zur Deckung des Rohstoffbedarfs leisten.

Beitrag zum Umweltschutz

Die ökologischen Probleme nehmen rasant zu. Mittel- und langfristig drohen Umweltbelastungen mit weitreichenden negativen Folgen für die natürlichen Ressourcen Boden, Wasser und Luft.

So erhöht z.B. der steigende Verbrauch von fossilen Brennstoffen weltweit den Gesamtausstoß an Kohlendioxid (CO₂), dem bedeutendsten klimarelevanten Gas. Dagegen wird bei der Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen zur energetischen Nutzung lediglich die CO₂-Menge an die Umwelt abgegeben, die vorher von den Pflanzen gespeichert wurde. Durch den Anbau langlebiger Pflanzen, insbesondere Bäumen, kann sogar überschüssiges CO₂ der Luft entzogen werden.

Ein weiterer wichtiger ökologischer Vorteil der nachwachsenden Rohstoffe stellt ihre biologische Abbaubarkeit dar. Sie leisten somit einen wertvollen Beitrag zur Lösung der immer größer werdenden Abfallprobleme.



Aus: Centrale Marketing Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH (CMA) (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe. Bonn, o.J., S. 4-7

M 7 Industriepflanzen und ihr Einsatz

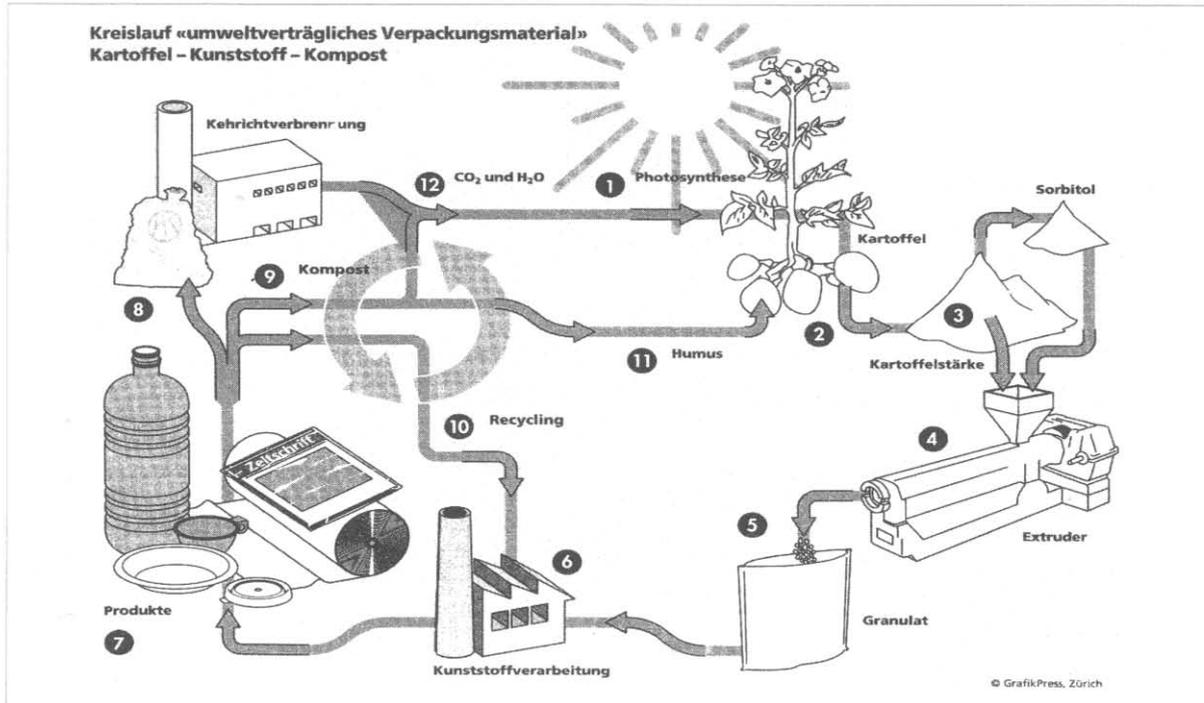
Wichtige industrielle Einsatzmöglichkeiten von Stärke	
Industriezweig	Produkte
Papier und Pappe	Pack-Papiere Zeitungspapiere Graphische Papiere Wellpappen lamierte Papiere
Baustoffe	Gips-Karton-Platten Mineralfaser-Platten
Klebstoffe	Tapetenkleister Leime für Holzplatten
Kunststoffe	Verpackungen und Folie
Chemie	Wäsche-Seifen Wasch-Pulver Wasch-Rohstoffe
Kosmetik	Zahn-Pasten Trockenshampoo Gesichtspuder
Pharmazie	Tabletten Antibiotika Vitamin C

Chemisch-technische Erzeugnisse aus Zucker	
Pharma-Bereich	Technischer Bereich
Ätznatron Aminosäuren Vitamin B 12 Penicillin andere Antibiotika Milchsäure Zitronensäure Dextrane	Anstrichmittel Lösungsmittel Desinfektionsmittel Farbstoffe Kernbindemittel für Gießereien Abbindeverzögerer für Zement Entschalungsmittel für Beton Klebstoffe/Leim Kunststoffe Kosmetik Seifen Waschmittel Weichmacher Textilhilfsmittel

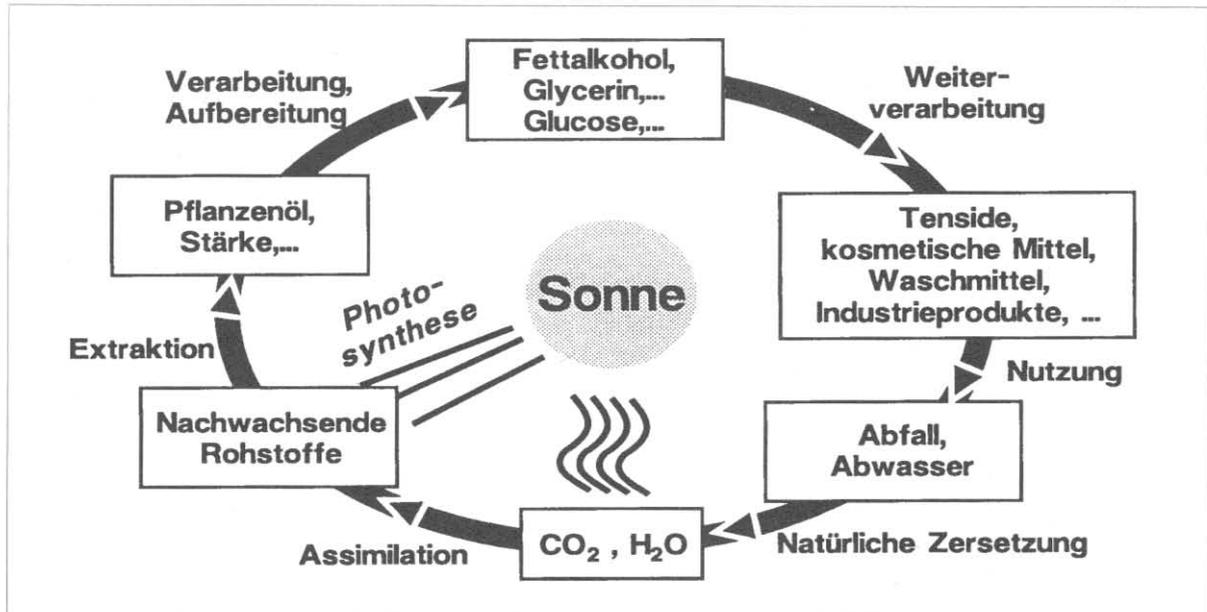
Industrielle Verwendung natürlicher Öle und Fette	
Ölliefernde Pflanzen	Einsatzbeispiele
Raps	Schmiermittel, Hydrauliköle, Weichenöle, Zweitaktmotorenöle, Schalöl im Betonbau, Füllmaterial des Kautschuks, Hilfsstoffe zur Erdölförderung, Tenside, Farben, Lacke, Polyethylen-Zusätze
Lein	fettchemische Industrie (Linolensäure), Lacke, Farben, Firnis, Linoleum, Druckfarben, Alkydharze, Weichmacher, PVC-Stabilisatoren, Tenside, Kitt, Papier-, Leder-, Wachtuchindustrie, Produktion wasserdichter Gewebe, Trägerstoff für Pflanzenschutzmittel, Staubbindemittel, Spezialseife
Sonnenblume	Farben, Lacke
Soja	Lacke, Farben, Firnis, Seifen, Schmiermittel, Alkydharze, Weichmacher, PVC-Stabilisatoren
Saffor	Schnelltrocknende technische Öle, Alkydharze, Lacke, Farben, Firnis
Rizinus	Grundstoff für Weichmacher bei der Kunststoffherstellung, Schmiermittel für schnellaufende Motoren, Gummifabrikation, Farbenindustrie, Druckfarben, Seife, Lacke, Lösungsmittel, Parfüm, Lederindustrie, Hydraulikflüssigkeiten, Kosmetika, Pharmazeutika, Alkydharze, Linoleum
Senf	fettchemische Industrie (Erucasäure)
Leindotter	Seife, Anstrichöl, Firnis, Lampenöl
Koriander	fettchemische Industrie (Petroselinensäure)
Olmadie	technische Zwecke (z.B. Schmieröl)
Cuphea-Arten	Waschmittel
Wolfsmilchgewächse	Kosmetika
Crambe	fettchemische Industrie (Erucasäure)
Mohn	hochwertige Malerfarben

Aus: CMA (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe. Bonn, o.J., S. 12 / 16 / 28
 Aktuelle Grafiken siehe z.B. <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/industrielle-nutzung.html>

M 10 Produzieren in Kreisläufen der Biosphäre



Nachwachsende Rohstoffe als Teil des geschlossenen Kreislaufs der Biosphäre



Obere Graphik aus: Lotte Schilder Bär, Christoph Bignens: Hüllen füllen. Verpackungsdesign zwischen Bedarf und Verführung. Katalog der Ausstellung im Museum für Gestaltung Zürich. Zürich 1994

Untere Graphik aus: Horst Eierdanz (Hrsg.): Perspektiven nachwachsender Rohstoffe in der Chemie. Weinheim 1996, S. XXIII

Eine kleine Geschichte des Leins

Als eine der ältesten Kulturpflanzen wurde Lein bereits 5000 bis 4000 v.Chr. von den Ägyptern, Babyloniern, Phöniziern und anderen Völkern angebaut. Einige Leinsamenfunde aus Mesopotamien (im heutigen Irak) sollen sogar 7000 Jahre alt sein. Die Mumien des alten Ägyptens wurden in Leinwandbinden gewickelt, altägyptische Darstellungen (ca. 3000 v. Chr.) zeigen typische Leinertesen.

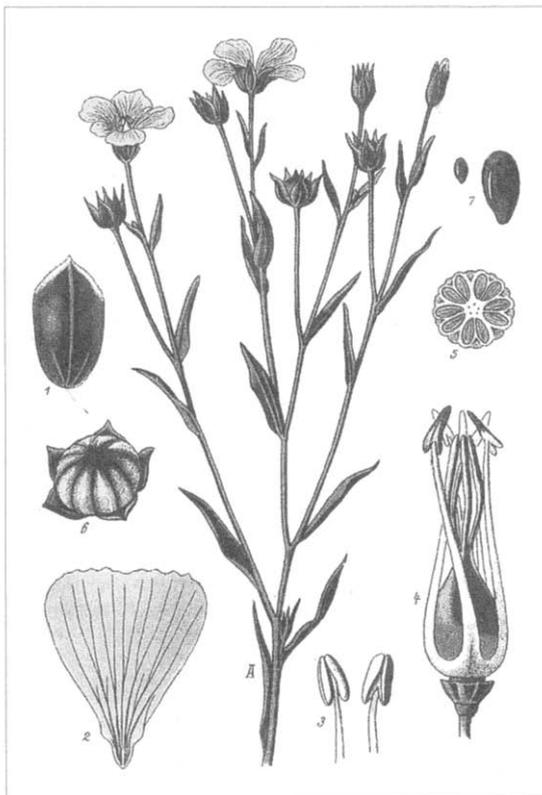
In Europa stammen die ältesten Leinsamenfunde aus der Schweiz: von den über 4000-jährigen Pfahlbauten von Egolzwil. Leinstoffe waren bevorzugte Textilien der Antike.

Im Mittelalter war Leinen ein wichtiges Handelsgut. In Deutschland entwickelte sich ab dem 15. Jahrhundert eine blühende Leinindustrie. Erst der Import der billigeren und leichter zu verarbeitenden Baumwolle im 19. Jahrhundert führte dazu, dass der Leinanbau drastisch reduziert wurde. Immer schon war neben der begehrten Leinfaser Lein auch als Öllieferant genutzt worden.

Seinen systematischen Namen *Linum usitatissimum*, erhielt er von dem schwedischen Naturforscher Carl von Linné; die Bezeichnung heißt übersetzt "der äußerst nützliche Lein", wohl weil alle Teile dieser Pflanze durch den Menschen genutzt werden können.

Linum usitatissimum L. gehört zur Familie der Linaceen oder Leingewächse, welche 22 Gattungen umfasst. Die ca. 200 Arten der Gattung *Linum* sind hauptsächlich in den gemäßigten und subtropischen Gebieten heimisch. In trockeneren Gebieten wird bevorzugt Öllein angebaut, in feuchteren überwiegt der Faserlein.

Die Ansprüche des hier angebauten Leins an Klima und Boden sind nicht sehr hoch. Wegen seines Pfahlwurzelsystems können auch tiefgründige Böden gut genutzt werden. Lein bevorzugt neutrale bis leicht saure Böden (pH 6 bis 7); zu hoher Stickstoffgehalt wirkt sich negativ auf sein Wachstum aus.



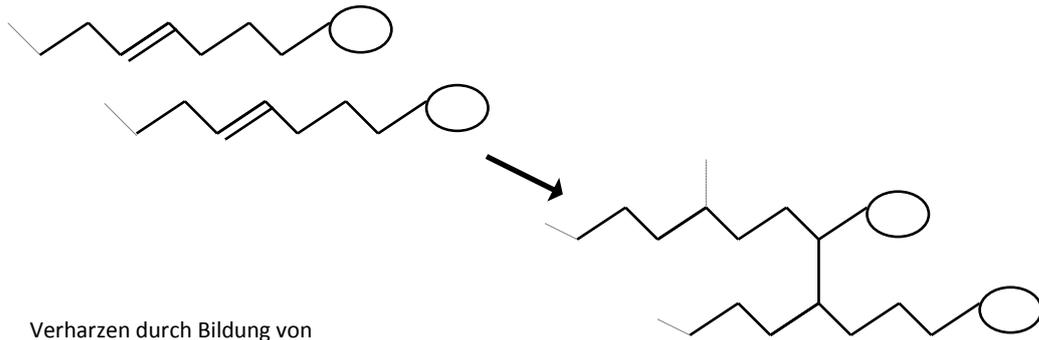
Linum usitatissimum

- 1 - Kelchblatt
- 2 - Blütenblatt
- 3 - Staubblätter
- 4 - Fruchtknoten mit Staubblättern
- 5 - Querschnitt durch den Fruchtknoten
- 6 - Samenkapsel
- 7 - Leinsamen

Abb. aus: Peter Rode, Edith Fellner: Hecheln und Spinnen
- Flachs. Eine Handreichung des Modellversuchs SchUB.
Berlin 1995, S. 9

M 12

Verharzung - Reaktionsschema



Verharzen durch Bildung von zwischenmolekularen Bindungen

Am Aufbau des Leinöls sind zu 7 bis 12 % gesättigte Säuren (Palmitin- und Stearinsäure) beteiligt; die einfach ungesättigte Ölsäure hat einen Anteil von 15 bis 25 %; den größten Teil nehmen die mehrfach ungesättigten Fettsäuren Linol- und Linolensäure mit 62 bis 76 % ein.

Leinöl	wichtige enthaltene Fettsäuren	
H ₂ -C--R ₁	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH	Linolensäure
H - C--R ₂	CH ₃ -CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-CH ₂ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH	Linolensäure
H ₂ -C--R ₃	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH=CH-(CH ₂) ₇ -COOH	Ölsäure

Der Gehalt an ungesättigten Fettsäuren kann experimentell quantitativ bestimmt werden. Ein Maß hierfür ist die sog. **Iodzahl**; sie gibt an, wieviel Gramm Iod von 100 g Öl (an die Doppelbindungen der Fettsäuren) addiert werden.

Wie genau die **Trocknung des Leinöls** abläuft, ist - ausgenommen die Startreaktionen - nicht bekannt:

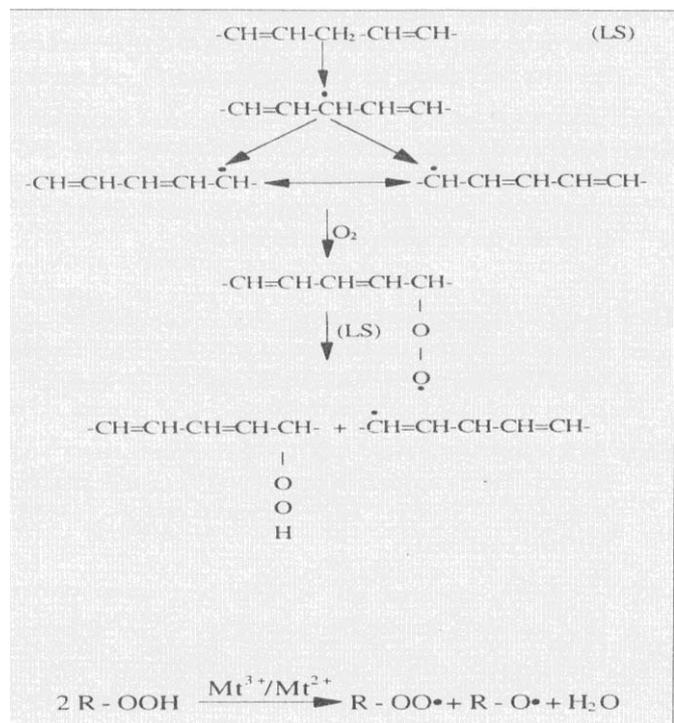
Im ersten Schritt bildet sich durch Wasserstoffabspaltung ein Radikal. Durch Reaktion mit Luftsauerstoff bilden sich Peroxyradikale. Bei der weiteren Reaktion mit neuen Eduktmolekülen entsteht ein Hydroperoxid sowie ein neues Radikal der Linol- bzw. der Linolensäure. Die Kettenreaktion verläuft autokatalytisch.

Es schließt sich ein Hydroperoxidzerfall an.

Um den Trockenvorgang weiter zu beschleunigen, werden seit langem Sikkative (öllösliche Schwermetallsalze) eingesetzt. Dazu eignen sich alle Metalle, die leicht ihre Oxidationsstufe um eine Einheit verändern können, z.B. Co²⁺/Co³⁺, Fe²⁺/Fe³⁺, Mn²⁺/Mn³⁺, Mn⁴⁺

Im Beispiel reagiert Kobalt (III) mit einem Hydroperoxid zu einem Peroxyradikal und Kobalt (II). Kobalt (II) reagiert wiederum mit einem Hydroperoxid zu einem Alkoxyradikal und Kobalt (III). In der Gesamtreaktion werden Radikale gebildet und Wasser abgespalten.

Im weiteren Reaktionsverlauf findet durch Bildung von C-O-C-Bindungen und C-C-Bindungen eine Vernetzung statt, und es entstehen thermisch stabile Verbindungen mit großer Elastizität (Anstrichfilme, Harze, Linoleum).



M 13 Nachwachsende Rohstoffe - Elemente für ein Rollenspiel

Die folgenden Kurzbeschreibungen von Interessen bzw. möglichen Standpunkten zu nachwachsenden Rohstoffen können in einem Rollenspiel umgesetzt werden. Die Diskussion findet als Expertengespräch im Wirtschaftsministerium statt.

Der Moderator aus dem Wirtschaftsministerium hat zu dieser Sitzung eingeladen. Er stellt zu Anfang fest, dass nachwachsende Rohstoffe langfristig die Basis für Treibstoffe und für die Herstellung von organisch-chemischen Produkten bilden können.

Der Bauer hat in den letzten Jahren fast ein Viertel seiner Anbaufläche für Getreide und Kartoffeln stillgelegt und freut sich, dass er diese Flächen jetzt zum Anbau von Rohstoffpflanzen nutzen kann und dafür auch noch EG-Zuschüsse erhält.

Der Öko-Bauer hält nichts vom „Industriepflanzenanbau“. Er will lieber weniger auf der zur Verfügung stehenden Fläche produzieren, dafür auf den Einsatz von Kunstdünger und Pestiziden verzichten.

Der Hersteller von „Bio-Verpackungen“ betont, dass seine Produkte umweltfreundlich sind, dass bei der Herstellung kaum gefährliche Nebenprodukte anfallen und dass keine aggressiven Chemikalien in seiner Fabrik eingesetzt werden. Nach der Nutzung lassen sich die Produkte problemlos kompostieren.

Der Vertreter der Kunststoffverarbeitenden Industrie kritisiert, dass die neuen Produkte längst noch nicht ausgereift sind. Er meint, dass die Herstellung hochwertiger Kunststoffe immer noch das Beste ist, was man mit Erdöl anfangen kann.

Der Vertreter der chemischen Industrie erklärt, dass nachwachsende Rohstoffe bereits heute in gewissem Umfang genutzt werden. Auf das Erdöl kann die Industrie jedoch nicht verzichten. Nachwachsende Rohstoffe sind nicht in beliebiger Menge verfügbar, auch schwanken Qualität und Preis.

Der Vertreter des Dualen Systems Deutschland (DSD) möchte keine neuen Kunststoffe zwischen den bereits vorhandenen. Das Sortieren ist sowohl für den Verbrauchern wie auch für das DSD-System bereits heute schwierig genug.

Der Umweltschützer ist prinzipiell für den Ausstieg aus der Erdölverarbeitung. Nachwachsende Rohstoffe sind aber nur dann ein Gewinn für die Umwelt, wenn sie nicht unter den Bedingungen der industriellen Landwirtschaft angebaut werden. Eine Gefahr sieht er auch darin, dass Rohstoffpflanzen genetisch manipuliert werden könnten.

Der Agraringenieur aus dem Entwicklungsdienst sieht in der zunehmenden Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen die Gefahr einer neuen Ausbeutung der Drittweltländer als billigen Rohstofflieferanten. Auch werden Umweltprobleme so in die Länder des Südens verschoben.

Der Klimaforscher hält den Ausstieg aus der Erdölnutzung mit sofortiger oder späterer Verbrennung für dringend notwendig. Die zunehmende CO₂-Konzentration kann zu drastischen Veränderungen des Klimas führen, die längst noch nicht absehbar sind. Nachwachsende Rohstoffe sind demgegenüber klimaneutral.

Die einzelnen Rollen können von Kleingruppen weiter ausgearbeitet werden. Es empfiehlt sich, hierzu Originalmaterialien von den entsprechenden Organisationen anzufordern und in die Argumentation einzubauen. Das Ergebnis der Diskussion kann (vom Publikum) in einer Tabelle festgehalten werden.

Sowohl die Rollen wie auch die Spielsituation sind veränderbar (Podiumsdiskussion, Talkshow, Bürgerversammlung im Zusammenhang mit einer möglichen Industrieansiedlung).

6. Außerschulische Lernorte

Kontakte zu Firmen, die Kunststoffe herstellen bzw. verarbeiten, vermitteln die entsprechenden Industrieverbände (siehe Adressenliste) sowie die örtlichen Industrie- und Handelskammern. Adressen von Landwirten, die Rohstoffpflanzen anbauen, erhält man bei den regionalen Bauernverbänden.

Erkundungen im thematischen Zusammenhang können auch durchgeführt werden bei Verpackungsherstellern, im Supermarkt, bei örtlichen Entsorgungsbetrieben und beim DSD. Lohnend sind Besuche in regionalen Museen und im Hessenpark, wo Zeugnisse traditioneller Handwerkstechniken besichtigt werden können, z.B. Erntegeräte oder Ölpresen.

7. Medien

Bei der nachstehenden Medienauswahl sind, soweit nichts anderes vermerkt, die Signaturen der hessischen Landesbildstelle angegeben.

Die aktuellen Kontaktdaten und Bezugsbedingungen (für Hessen) findet man hier:
<http://medienzentren.bildung.hessen.de/>

Erdöl / fossile Rohstoffe / Kunststoffe

- Entstehung von Erdöl und Erdgas (1984) 9 min, FWU; 16-mm-Film 32 03527 / VHS 42 01637
(Ausgehend von den Lebensvorgängen im Flachmeer werden im Trick Sedimentationsvorgänge, die Umbildung organischen Materials in Erdöl und Erdgas, die Bildung von Lagerstätten und deren Erkundung gezeigt.)
- Wirtschaftsmacht Erdöl - Preise, Politik und Perspektiven (1991) 18 min, FWU; VHS 42 01367
(Bedeutung des Öls für die Ölexport- und die Verbraucherländer; Zusammenhang von Krisen im Nahen Osten und Ölvorkommen; Möglichkeiten zum Abbau der Ölabhängigkeit der westlichen Industrienationen.)
- Erdöl - Rohstoff und Energieträger (1991) 14 min, FWU; 16-mm-Film 32 03958 / VHS 42 03958
(Einsatzmöglichkeiten von Erdöl als Energieträger und Rohstoff; Explorations- und Fördermethoden sowie der weitere Weg bis hin zur Raffinerie; fraktionierte Destillation in Realaufnahmen und im Trick.)
- Erdölverarbeitung (1992) Arbeitsvideos mit 6 Kurzfilmen, insgesamt 30 min, FWU, VHS 42 01475
(Atmosphärische Destillation / Vakuumdestillation / Cracken / Entschwefelung / Benzinveredelung / Schmierölverarbeitung)
- Bekämpfung von Ölschäden (1993) 12 Farbdias, FWU, 10 03181
(mechanische und chemische Bekämpfungsmethoden, um die Folgen von Ölnfällen und Ölverschmutzungen zu mindern und zu beseitigen.)
- PP-Recycling; Kreisläufe beim PET-Recycling; VHS, Bezug: Hoechst AG, Unternehmenskommunikation, 65926 Frankfurt/M., Tel. 069 305-5752

- Kunststoffe - zum Wegwerfen zu schade: Mit der Umwelt verträglich. VHS, 19 min, Produktion Hoechst AG 1993. Verleih: intermedia. Belle Alliance-Str. 54, 20259 Hamburg (Tel. 040-438085)
- Streitfall Grüner Punkt, Dokumentarfilm, VHS, 17 min., 1992
Verleih: AV-Medien, Ev. Informationszentrum, Medienzentrale, Heinrich-Wimmer-Str. 4, 34131 Kassel (kritische Auseinandersetzung mit dem dualen Müllentsorgungssystem)

Nachwachsende Rohstoffe

- Nachwachsende Rohstoffe (1995) 15 min, FWU, 16-mm-Film 32 10332 / VHS 42 10332
(nachwachsende Rohstoffe als Ergänzung bzw. Ersatz von fossilen Rohstoffen; Produktbeispiele: Agrarfolien auf Stärkebasis, Bremsbeläge aus Leinfasern, PKW-Innenverkleidung aus Hanf, Raps-Diesel)
- Nachwachsende Rohstoffe (1995) 12 Farbdias, FWU, 10 03219
(u.a. historische Beispiele für Werkzeuge und Alltagsgegenstände aus nachwachsenden Rohstoffen, der „ecological footprint“ Deutschlands, Biosprit betreffend, Farben und Lacke aus der Natur)
- Weg vom Öl - Beispiele aus der Landwirtschaft (1984) 15 min, FWU, VHS Nr. 42 00507
(Biowärme, Strohverbrennung, Biogas als Beispielen für erste Versuche, aus landwirtschaftlichen Abfallprodukten Energie zu gewinnen.)
- Das Leinölprojekt. AURO, Braunschweig 1994. 9 min (Bezug: AURO, Braunschweig. Preis: 20 DM)
(Werbefilm des alternativen Farben- und Lackherstellers AURO; umweltverträglichen Leinanbau; Leinöl als Rohstoff für verschiedene Anstrichmittel).

7. Literaturhinweise (Stand 1995)

- H. F. Bauer, M. Scherbaum, H. J. Bader: Industriepflanzenanbau - Nachwachsende Rohstoffe. Ein Vorschlag zur Behandlung des Themas „Pflanzenöle“ im Chemieunterricht der Hauptschule. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie, 37.Jg., H. 47/1989, S. 19 - 27
- Dieter Bockey, Wolfgang Jantzen: Biodiesel aus Raps. In: Unterricht Biologie H.215 (1996), S. 38-42
- Rüdiger Blume, Herbert Sommerfeld: Abbaubare Folien auf Stärkebasis. In: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, 44. Jg., H. 2/1991, S. 93 - 96
- H. Brinkmann: Einfache Schulversuche zum Thema „Treibstoffe“. In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, 40. Jg., H. 3/1991, S. 24 - 32
- Centrale Marketing Gesellschaft der deutschen Agrarwissenschaften (CMA): Nachwachsende Rohstoffe, Bonn o.J. (kostenlose, sehr informative Broschüre zu Anbau und Nutzung nachwachsender Rohstoffe)
- Reinhard Demuth (Hrsg.): Themenheft Nachwachsende Rohstoffe der Zeitschrift Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, 45. Jg., H. 6/1996
(verschiedene theoretische und praktische Beiträge, u.a. zur Ökobilanz, Versuche mit Huminsäuren, mit Chitin und mit Proteinen)
- Manfred Eggersdorfer, Siegfried Warwel, Günter Wulff (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe. Perspektiven für die Chemie. Weinheim 1993 (Beiträge zu einem Symposium, das sich 1992 mit der Einsetzbarkeit von nachwachsenden Rohstoffen in der chemischen Produktion befasste)
- Horst Eierdanz (Hrsg.): Perspektiven nachwachsender Rohstoffe in der Chemie. Verlag Chemie, Weinheim, 1996 (Nachwachsende Rohstoffe und industrielle Nutzungsmöglichkeiten, Tenside, Kosmetik, Kunststoffe, Linoleum, genetisch veränderte Pflanzen; z.T. auch für Schüler gut lesbare Artikel)
- Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des Deutschen Bundestages (Hrsg.): Verantwortung für die Zukunft. Wege zum nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen, Economica Verlag, Bonn 1993
- Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.): Klimaänderung gefährdet globale Entwicklung. Zukunft sichern - Jetzt handeln, Economica Verlag, Bonn 1992
- Dieter Eschenhagen (Hrsg.): Nutzpflanzen. Unterricht Biologie H. 74 (1982)
- Hermann Fischer: Plädoyer für eine Sanfte Chemie. Über den nachhaltigen Gebrauch der Stoffe, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1993
(programmatische Schrift zu einem veränderten Umgang mit Rohstoffen und der Natur)
- M. Hesse: Nachwachsende Rohstoffe aus dem Industriepflanzenanbau. In: Praxis der Naturwissenschaften - Biologie, 36. Jg., H. 8/1987, S. 34 - 42
- Armin Kremer, L. Stäudel: Projekt Naturwissenschaften - Verpackung, Klett Verlag, Stuttgart 1996
(Vorschläge zur projektartigen Bearbeitung des Themas Verpackung)
- R. Peter: Eine Kolonne für die fraktionierte Destillation von Rohöl. In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, 37. Jg., H. 6/1988, S. 43 - 46
- R. Peter: Demonstrationsversuch zum katalytischen Cracken und Reformieren. In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, 38. Jg., H. 1/1989, S. 41 - 44
- Wilfried Probst (Hrsg.): Neue Kulturpflanzen. Unterricht Biologie H. 206 (1995)
- Peter Rode, Edith Fellner: Hecheln und Spinnen - Flachs. Eine Handreichung des Modellversuchs SchUB. Berlin 1995 (Informationen zur Leinpflanze und ihrer Verwendung, Ansätze für den Unterricht)
- L. Ruminski: Tertiäre Erdölförderung ... bis auf den letzten Rest. In: Bild der Wissenschaft, 23. Jg., H. 1/1986, S. 66 - 73 (Nutzung von Öl-Sand-Gemengen, Ölschiefer u.a.)
- Ludwig Schenk: Kohlenhydrate - Mono- und Disaccharide. In: RAAbits Chemie, I L2.1, Heidelberg 1995

- Ludwig Schenk: Kohlenhydrate - Stärke und Cellulose. In: RAAbits Chemie, I L2.2, Heidelberg 1995
- Lutz Stäudel, Daniela Sauer: Nachwachsende Rohstoffe. In: RAAbits Chemie, Grundwerk, III A, Heidelberg 1994
(Unterrichtsreihe für die S I; Schwerpunkte: Treibhauseffekt, Verpackung, nachwachsende Rohstoffe)
- Lutz Stäudel, Daniela Sauer: Rollenspiel zum Thema Verpackungsmaterialien auf Stärkebasis. In: RAAbits Chemie, 2. Ergänzungslieferung, IV/A 1,2, Heidelberg 1995,
- Lutz Stäudel: Nachwachsende Rohstoffe - nachhaltige Bildung. In: FWU-Magazin, 7. Jg., H. 4/1995, S. 30 - 35
(Vorschläge für verschiedene Unterrichtsreihen, medien- und experimentgestützt)
- Lutz Stäudel, Klaudia Mander, Martina Rudolph: Das Leinöl-Projekt - fächerübergreifender Unterricht für die Mittel- und Oberstufe. In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, 44. Jg., H. 6/1995, S. 8 - 12
- Wilfried Stichmann (Hrsg.): Naturmaterialien aus fremden Ländern. Unterricht Biologie H. 159 (1990)

8. Adressen

- Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoff-Industrie (AKI), Karlstraße 21, 60329 Frankfurt
(Foliensammlung Kunststoffe, Lehrbuch „Kunststoffe - Werkstoffe unserer Zeit“, Probensammlung; kostenlos)
- AURO GmbH, Postfach 1238, 38002 Braunschweig
(Faltblätter zu Farben und Anstrichen auf Naturstoffbasis, Film zum Leinöl)
- Bayer AG, Abt. ZF Q 18, 51368 Leverkusen
(Broschüren zur Kunststoffherstellung, kostenlos)
- Biotec Biologische Naturverpackungen GmbH, Blinder Weg 30, 46446 Emmerich
(Materialproben von Verpackungen auf Stärkebasis)
- BP Oil Deutschland GmbH, Postfach 600 340, 22291 Hamburg
(Informationsschriften und Medien zu Erdöl, -förderung, -verarbeitung, -verbrauch; u.a. jährlich aktualisiert: Zahlen aus der Mineralölwirtschaft, überwiegend kostenlos; ähnlich: Shell, Aral)
- Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk (C.A.R.M.E.N.), Technologiepark 13, 97222 Rimpar (diverse aktuelle Broschüren zu nachwachsenden Rohstoffen, kostenlos)
- Deutsches Lackinstitut GmbH, Karlstraße 21, 60329 Frankfurt
(diverse Broschüren, u.a. Fakten zu Lacken und Farben Nr. 3: Biolacke und Naturfarben)
- DLW Deutsche Linoleum Werke, Postfach 1243, 27732 Delmenhorst
(Broschüren und auf Anfrage Materialproben aus der Linoleumproduktion)
- Industrieverband Agrar e.V., Öffentlichkeitsarbeit, Karlstraße 21, 60329 Frankfurt
(u.a. Broschüre „Intensität der pflanzenbaulichen Produktion in den EG-Ländern in den 90er Jahren“, Poster zu Düngung und Pflanzenschutz, Folien; kostenlos)
- Mineralölwirtschaftsverband e.V. (MWV), Steindamm 71, 20099 Hamburg
(Broschüren und andere Informationsmaterialien zu Erdöl, -gewinnung, -verarbeitung, kostenlos)
- Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Information und Kommunikation, Karlstraße 21, 60329 Frankfurt
(Faltblätter, Broschüren, Videos, z.T. kostenlos, u.a.: Kohle als Chemierohstoff (Nr. 2/84), Fakten zur Chemiediskussion (46): Nachwachsende Rohstoffe)
- Verband Kunststoffherzeugende Industrie e.V., Öffentlichkeitsarbeit, Karlstraße 21, 60329 Frankfurt
(diverse Faltblätter, Broschüren, Folien, Probensammlungen zur Kunststoffherstellung, z.T. kostenlos)
- Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung (W.E.G.), Brühlstraße 9, 30169 Hannover
(Broschüren und andere Informationsmaterialien zu Erdöl, -gewinnung, -verarbeitung, kostenlos)

Auszug aus dem Rahmenplan Naturwissenschaften

S
E
L
S
N
G

Rahmenthema: Fossile und nachwachsende Rohstoffe (9/10)

Zielsetzungen für den Unterricht

Für Teile der stofflichen Produktion ist eine Umstellung vom Rohstoff Erdöl auf nachwachsende Rohstoffe zu erwarten. Die ist möglich, da beide aus Kohlenstoffverbindungen aufgebaut sind, die sich zu ähnlichen Produkten weiterverarbeiten lassen. Mit dem Wechsel der Rohstoffbasis sollen einerseits die begrenzten Erdölressourcen geschont, zum anderen aber auch eine umwelt- und sozialverträgliche Wirtschaftsweise gefördert werden.

Diesen Vorteilen und einer Vermeidung von zusätzlichem CO₂-Ausstoß stehen aber offene Fragen gegenüber, die Aspekte betreffen wie:

- Nutzung stillgelegter Agrarflächen / Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion
- Umweltverträglichkeit des Anbaus / Entsorgungsprobleme
- Verträglichkeit für Menschen und Natur
- neue (politische) Abhängigkeiten (Dritte Welt als Anbaugebiet),
- steigender Bedarf / Begrenztheit der nachwachsenden Ressourcen

Unter *naturwissenschaftlichem Aspekt* werden an Beispielen charakteristische Eigenschaften rohstoffliefernder Pflanzen, deren Kulturbedingungen sowie der chemische Aufbau der produzierten Rohstoffe mit Erdölderivaten verglichen.

Der *Technikaspekt* thematisiert die Möglichkeiten und Verfahren der Rohstofferschließung, ihrer Weiterverarbeitung und deren ökonomische Bedeutung und Chancen der Vermarktung. An ausgewählten Beispielen sollen die zugehörigen Technologien bzw. Verfahren praktisch erarbeitet werden.

Der *Umweltaspekt* beleuchtet die Möglichkeiten umweltverträglicher Produktion auf der Basis fossiler und nachwachsender Rohstoffe und deren Grenzen bei massenhafter industrieller Nutzung.

Verbindliche Inhalte

- *Photosynthese als Grundlage der Biomassebildung*
- Kohlenwasserstoffverbindungen als Energielieferanten des organischen Lebens, als Strukturbildner in Pflanzen (Zellulose, Stärke, Zucker) und als technische Rohstoffe
- Kohlenstoffkreislauf, Kohlenstoffbilanzen
- Beispiele für Nutzpflanzen, die nachwachsende Rohstoffe liefern
- historische und moderne Verarbeitungsverfahren für fossile und nachwachsende Rohstoffe am Beispiel
- Kohlenstoffverbindungen als Werkstoffe (Kunststoffe)
- Strukturbetrachtungen an Kohlenstoffverbindungen*)

Mögliche Themen**)

„Öle, Fette und Duftstoffe für Pflege und Schönheit“

„Seife aus Talg - neue Waschmittel aus Zuckerrüben und Raps“

„Mit Lein bauen, streichen, weben, schmieren und bremsen“

„Verpackungen aus Erdöl, Cellulose oder Stärke?“

*) Nur für den gymnasialen Bildungsgang

**) Bei der Bearbeitung der Themen ist darauf zu achten, dass Aspekte von Phasen und Grenzflächen, Mischbarkeit und Emulgiervermögen sowie der Zusammenhang von Eigenschaften und Struktur von Lösungsmitteln auf Teilchenebene einbezogen werden.