

## Biomasse - zum Verbrennen zu schade - Konzepte und Experimente zum schulischen Umgang mit nachwachsenden Rohstoffen<sup>1)</sup> -

Sind „Nachwachsende Rohstoffe“ zum Verbrennen zu schade, wie die Vertreter einer „Sanften Chemie“ feststellen, oder ist Biosprit die Alternative fürs nächste Jahrtausend? Wie immer auch diese Frage in der Zukunft entschieden werden wird, es werden die heute heranwachsenden Generationen sein, die sich damit auseinandersetzen müssen. So viel steht fest: Die Vorräte an fossilen Rohstoffen (Erdöl, Erdgas, Kohle) schwinden, die massenhafte Nutzung von Treibstoffen im Verkehrsbereich und von Kohle und Erdöl zur Stromgewinnung und Hausheizung tragen maßgeblich zur Verstärkung des Treibhauseffekts bei, und schließlich verursachen Teile der auf Erdölbasis produzierten Werkstoffe die Hauptprobleme im Müll.

Nachwachsende Rohstoffe versprechen Abhilfe oder zumindest Problemverminderung in jedem dieser Bereiche. Denn sie werden gespeist von der Energie der Sonne und stellen ähnlich vielseitige Rohstoffe dar wie die fossilen Ressourcen, und zwar sowohl für die Produktion wie für die Energieerzeugung. Sie gelten als weitgehend umweltverträglich und sind eingebunden in den globalen Kohlenstoff-Kohlendioxid-Kreislauf. Und wie die Zahlen zeigen, werden nachwachsende Rohstoffe bereits auf einer halben Million Hektar angebaut, z.T. auf normalen landwirtschaftlichen Flächen, z.T. auf Stilllegungsflächen. (Tabelle 1).

**Tabelle 1: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (ha)**

Rohstoff	1995		1996	
	nicht stillgelegte Basisfläche a)	Stilllegungsfläche b)	nicht stillgelegte Basisfläche a)	Stilllegungsfläche b)
Stärke	130.000	2.700	130.000	62
Zucker	8.000	0	8.000	0
Rapsöl	5.000	331.000	5.000	240.600
Leinöl	54.000	3.200	54.000	1.400
Sonnenblumenöl	13.000	17.000	23.300	8.700
Flachsfasern	3.370	10	4.600	3
Heilstoffe	4.000	800	4.000	1.100
Sonstiges	0	7.100	1.400	5.900
Summe	217.370	361.810	230.300	
	255.765			
<b>Anbau nachwachsender Rohstoffe insgesamt</b>	<b>579.180</b>			<b>486.065</b>

Quellen: 1) Stand 01.08.96

a) Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

b) Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Aus: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Internetadresse <http://Av<w.dainet.de/fnr/stat/>)

Gründe genug, nachwachsende Rohstoffe zum Unterrichtsgegenstand zu machen! Tatsächlich berücksichtigen neuere Lehrpläne bereits dieses Thematik <sup>2)</sup>. Auch gibt es inzwischen eine Reihe von Unterrichtsmaterialien und -entwürfen sowie –medien<sup>3)</sup>.

Wie Unterricht mit und über nachwachsende Rohstoffe gestaltet werden kann, soll im ersten Teil vor dem Hintergrund praktischer Erfahrungen skizziert werden. Im zweiten Teil dieses Beitrags werden dann die zugehörigen Versuche kurz dargestellt.

---

## **Rahmenthema: Fossile und nachwachsende Rohstoffe (9/ 10. Jahrgang)**

### **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 CO<sub>2</sub>-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 Anbaugesbiet),
- 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 b)

- 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?

a) Nur für den gymnasialen Bildungsgang

b) 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.

---

### 1. Grundsätzliches

Für heutige Schülerinnen und Schüler sind nachwachsende Rohstoffe in der Regel (noch) kein Begriff; zudem ist für viele die Vorstellung befremdlich, Rohstoffe für technische Prozesse aus Pflanzen zu gewinnen, die sonst für Nahrungszwecke angebaut werden. Eine Ausnahme bildet allenfalls der „Biosprit“, der in den letzten Jahren in den Medien vielfach Beachtung gefunden hat.

Aufgabe und Ziel einer Unterrichtssequenz zum Thema muss es daher sein, den Begriff „nachwachsende Rohstoffe“ mit Inhalt zu füllen und eine realistische (vorläufige) Einschätzung des Möglichen zu bewirken. Dazu gehört das Verständnis dafür, wie und in welchem Umfang sich Biomasse durch Aufnahme von Sonnenlicht bildet, eine Übersicht über heute diskutierte und ansatzweise genutzte Rohstoffpflanzen, die dabei verwendeten Technologien und - vor allem - praktische Umgang mit nachwachsenden Rohstoffen an einem charakteristischen Beispiel. Die dabei notwendige Bezugnahme auf biologische und chemische, technische und energetische, ökologische und ökonomische Aspekte macht deutlich, dass die Behandlung von nachwachsenden Rohstoffen immer fächerübergreifenden Charakter besitzt. Welche Aspekte schließlich vertieft werden, hängt davon ab, im Rahmen weichen Faches oder Lernbereichs die Thematik bearbeitet wird.

Dass bei den folgenden Beispielen und Vorschlägen für die Auseinandersetzung mit nachwachsenden Rohstoffen praktische Zugänge und Methoden im Zentrum stehen, hat primär lernpsychologische Gründe: Konkretheit und eigenes Handeln sind konstitutiv für das Begreifen, wie die folgende kleine Szene aus dem Unterricht mit einer 9. Klasse (AGS, Realschulzweig) veranschaulicht:

*Im Zusammenhang mit dem nachwachsenden Rohstoff Stärke wurden Zucker und Kartoffelmehl verbrannt und die Verbrennungsprodukte Kohlendioxid und Wasser nachgewiesen. Um den Zusammenhang zur Verbrennung von Kohlenwasserstoffen herzustellen, wurde im zweiten Schritt die Flamme eines Gasfeuerzeugs als Beispiel für eine „offene Verbrennung“ untersucht. Als dann die Atemluft (mit den Produkten der „stillen Verbrennung“ von Kohlenhydraten im Körper) das Kalkwasser ebenso trübte wie zuvor die Verbrennungsgase der Feuerzeugflamme, fragte ein Schüler überrascht: „Dann habe ich also etwas wie ein Feuerzeug in meinem Bauch?“ Von hier aus war es im anschließenden Unterrichtsgespräch nicht mehr weit bis zu einem umfassenden Begriff von Kohlenstoffverbindungen und zur Vorstellung, dass die Sonne sowohl Motor ist für biologische wie für die meisten technische Prozesse, vermittelt über Fotosynthese und die Bildung von nutzbarer Biomasse in den grünen Pflanzen.*

Wie unterschiedlich die Zugänge zur Thematik und deren weitere Entwicklung in der Schulpraxis sein können, soll im folgenden Abschnitt an drei Beispielen skizziert werden.

---

## 2. Drei Startsequenzen, drei Themenentwicklungen

„Zum Verbrennen zu schade?“, lautete die Überschrift über einen Zeitschriftenartikel, mit dem ein Unterrichtsprojekt in einer 12. Gymnasialklasse begann. Der Lehrer hatte zusätzlich Texte vorbereitet, in denen es vorzugsweise um den Anbau und die Verwertung von Energiepflanzen ging: Raps, Zuckerrohr und Chinaschilf. Bei der Auswertung wurde die gemeinsame stoffliche Grundlage herausgestellt: durch Fotosynthese in Grünpflanzen gebildete organische Verbindungen, die jedoch unterschiedlichen Stoffklassen angehörten, einerseits den Kohlenhydraten (Zucker, Stärke, Zellulose), zum anderen den Fetten. Geklärt wurde theoretisch, wie daraus nutzbare Treibstoffe hergestellt werden können: beim Zucker durch Gärung mit dem Endprodukt Methanol, beim Rapsöl, einem Fettsäureester, durch Umesterung unter Einsatz von Methanol, und Schwefelsäure.

Entsprechende Versuche wurden später von einer Kleingruppe unter Anleitung des Lehrers durchgeführt und die erhaltenen, natürlich unreinen Treibstoffproben auf ihre Brennbarkeit untersucht. Beim Biosprit aus Rapsöl ließ sich so feststellen, dass der Flammpunkt um mehr als 100 Grad sinkt und die gewonnene Flüssigkeit viel besser verbrennt, als das reaktionsträge Pflanzenöl selbst. Die anderen Gruppen beschäftigten sich parallel mit Fragen der stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen. Alle zusammen thematisierten abschließend die Frage, inwieweit Konzepte der Energiegewinnung aus Biomasse tatsächlich in der Lage wären, den heutigen Bedarf unter vertretbaren Bedingungen zu decken.

Für eine 8. Hauptschulklasse war der Ausgangspunkt das Leben in vorindustrieller Zeit. Zunächst konnten sich die Schülerinnen und Schüler kaum vorstellen, wie man damals lebte: ohne Strom und auch ohne Kohle oder Erdöl als Energielieferanten, auch fehlten die heute vielfach im Alltag anzutreffenden Kunststoffe. Ein Besuch im örtlichen Heimatmuseum zeigte ihnen eine „energetische“ und stoffliche Vielfalt von ganz anderer Art. Holz war sowohl universeller Werkstoff wie auch bevorzugter Brennstoff, Pflanzenfasern, insbesondere Hanf, dienten als Rohstoff für Seile und Säcke, Lein bzw. Flachs als Ausgangsmaterialien für Tuche und Kleidung. Die Materialien erschlossen sich weitgehend über die im Museum dargestellten Szenen, von denen viele handwerkliche Tätigkeiten und Berufe zum Gegenstand hatten: Seiler, Tuchmacher, Bauleute, Gerber, Färber. Der weitere Unterricht hatte im Wesentlichen die Nutzungsmöglichkeiten von Naturmaterialien zum Gegenstand: Es wurde mit Fasern experimentiert, Wolle mit Pflanzenextrakten gefärbt, Kleber aus Stärkemehl hergestellt oder aus Kasein.

In einer 10. Klasse (Realschule) hatte eine Schülerin aus dem Italienurlaub eine Plastiktüte mitgebracht. Soweit sie mit Hilfe ihrer Eltern entziffern konnte, besagte der Aufdruck „zu 80 % aus Maisstärke, biologisch abbaubar“. Die Biologielehrerin, danach befragt, ob das denn möglich sein könne, erinnerte sich an einen Artikel in einer fachdidaktischen Zeitschrift, in dem die Herstellung einer essbaren Folie aus Kartoffelstärke beschrieben war. Mit den leicht zu beschaffenden Materialien (gewöhnliches Stärkemehl, lösliche Stärke, Glycerin, Wasser und einer Plexiglasplatte als Unterlage für die heiß gegossene Folie) wurde das Rezept mit Erfolg selbst ausprobiert. Weil damit vielleicht große Teile der heutigen Produktion von Kunststoffen auf Erdölbasis ersetzt werden könnten, die Konsequenzen aber kaum abzusehen wären, blieb dieses Thema für weitere 4 Wochen Gegenstand des Unterrichts. Schwerpunkte bildeten die Erarbeitung des Kohlenstoffkreislaufs und der Fotosynthese, die Nutzungsperspektiven in Landwirtschaft und Technik sowie der Abbau der möglichen Produkte durch Mikroorganismen.

### 3. Drei Vorschläge für die praktische Arbeit

Nicht immer stellen sich die Anlässe für Unterricht quasi von selbst ein, wie bei den beiden zuletzt beschriebenen Beispielen. Daher werden nachfolgend drei Konzepte beschrieben, die sich eher systematisch aus dem Gegenstandsbereich „Nachwachsende Rohstoffe“ herleiten. Für eine solche Auswahl ist eine Übersicht über die in Frage kommenden Pflanzen und die aus ihnen gewinnbaren Stoffe hilfreich. (Tabelle 2)

Tabelle: Nachwachsende Rohstoffe in Übersicht (Auswahl)

<b>Ölpflanzen</b>	<b>Pflanzen, die Zucker und Stärke produzieren</b>	<b>Faserpflanzen</b>	<b>andere Rohstoffpflanzen</b>
<b>Rohstoffpflanzen (in Klammern nicht einheimische)</b>			
Raps	Mais	Faserlein	Waid
Sonnenblume	Kartoffeln	(Flachs)	Krapp
Lein	Weizen	Hanf	Saflor
Senf	Markerbsen		(Indigo)
Rüben	Zuckerrüben		Heilkräuter
(harzliefernde Baumarten)	Topinambur (Zuckerrohr)	(Baumwolle) (Sisal)	
<b>Pflanzeninhaltsstoffe</b>			
verharzende Öle (als Filmbildner für Lacke, zur Lignoleumherstellung u.a.)	Zucker	Fasern	Farbstoffe
etherische Öle (als Lösungsmittel)	Stärke	(Lang- und Kurzfasern)	Wirkstoffe (pharmazeutische und andere, z.B. für den Pflanzenschutz)
Fette, Fettsäuren	Zellulose		
<b>daraus hergestellte Produkte</b>			
Farben, Lacke, Kleber, Schmiermittel, Seifen, Tenside, Lösungsmittel, Kosmetika	Papiere und Papieren, Verpackungen, Platten, Waschrohstoffe, Kleber, Folien und Kunststoffe, Füllstoffe, Kosmetika	Textilien, Spezialtextilien (Filter), Seile, Bepannungen, Faserplatten, Dämmstoffe, Bremsbeläge, Papiere	Faben und Lacke, Kosmetik, Pharmaprodukte, Repellents

Nach: Begleitkarte zum FWU-Film Nachwachsende Rohstoffe

Nach den bisherigen Erfahrungen im Unterricht eignen sich für eine praktische Umsetzung insbesondere der Lein als Faser- und Ölpflanze, die Stärke als Industrierohstoff sowie das Thema Wolle und Pflanzenfarben (mit einem besonderen handwerklichen Schwerpunkt).

### Lein als Faser- und Ölpflanze <sup>4)</sup>

Bei näherer Betrachtung stellt sich die mindestens 4000 Jahre alte Kulturpflanze Lein oder Flachs als nahezu universell verwendbarer Rohstofflieferant dar:

- Aus den Langfasern lassen sich hochwertige Garne und Stoffe fertigen, Leinen für Kleidung und Spezialtextilien für Industriefilter,
- die Kurzfasern dienen als Asbestersatz bei der Herstellung von Bremsbelägen und können zu Dämmplatten für den Hausbau verarbeitet werden,
- Leinöl schließlich ist einerseits Nahrungsmittel, andererseits aber auch Rohstoff für Farben und Lacke sowie für die Herstellung von Linoleum.

Für praktische Experimente eignet sich unter schulischen Bedingungen das Leinöl besser als die Faser.

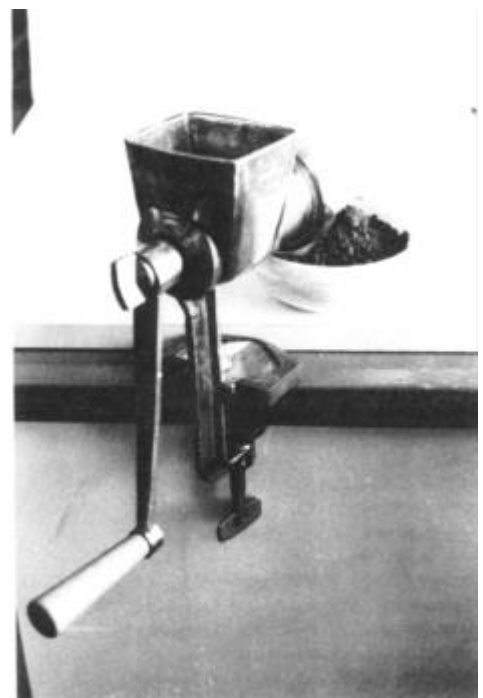
Rezepte zur Herstellung von *Anstrichmitteln auf Leinölbasis* finden sich z.B. in älteren Schulbüchern, in Firmenschriften alternativer Farben- und Lackhersteller<sup>5)</sup> sowie in Handwerksliteratur. So können aus Leinöl oder Leinölfirnis durch Verreiben mit fein geriebenem Pigment *Ölfarben* (Künstlerfarben) hergestellt werden. Als Pigmente eignen sich verschiedene Erdfarben und Minerale. Durch Verdünnen mit Terpentinöl erhält man die fertige Ölfarbe.

Bei der *Tempera-Herstellung* (auf Casein-Basis) spielt das Leinöl nur eine Nebenrolle: Aus Magerquark und (gelöschtem) Kalk entsteht der gelblich-glasige Kasein-Leim. Dem verdünnten Leim wird etwas Leinöl sowie die gewünschten Pigmente zugesetzt.

Die selbst hergestellten Anstrichmittel können, auch im schulischen Rahmen, *Haltbarkeitstests* unterzogen werden, indem man sie auf ähnliche Flächen aufstreicht und der Witterung aussetzt.

Leinöl bietet auch fachlich interessante Aspekte. Der Mechanismus des Verharzens, bei der Ölfarbe spricht man landläufig vom "Trocknen", ist als radikalische Kettenreaktion ebenso ergiebig, wie die theoretische Behandlung der Herstellung synthetischer Kunststoffe.

Bei der *Linoleumherstellung* ist der erste Schritt ebenfalls eine Verharzung: durch Sonnenlicht, Wärme oder katalytische Unterstützung durch Schwermetallspuren findet eine teilweise Vernetzung zum zähflüssigen "Standöl" (Linoxyn) statt. Auch der weitere Prozess lässt sich mit schulischen Mitteln leicht nachvollziehen. Dem Linoxyn wird geschmolzenes Kolophonium zugemischt, wodurch sich nach weiterem Erhitzen Linoleumzement mit kautschukartiger Konsistenz bildet. Der abgekühlte Linoleumzement wird in Kreidestaub oder Holzmehl gewälzt. Mittels eines Fleischwolfs (anstelle der industriellen Schneckenpresse) erfolgt das Verkneten mit den restlichen Zutaten: Holzmehl, Korkmehl und Kreide.



Die noch warme Masse wird auf Jutegewebe (Sack-Material) aufgepresst und nach Erhalt einer glatten Oberfläche einige Tage reifen gelassen. Das Ergebnis der Bemühungen, z.B. am Ende einer Projektwoche, kann dem kritischen Vergleich mit dem Industrieprodukt durchaus standhalten.

## Stärke

Aus Stärke lassen sich, über die bereits erwähnte Folie hinaus, weitere interessante „Warenproben“ herstellen.

In Fast-Food-Ketten sind mit der Verpackungsverordnung örtlich essbare Pommes-Frites-Tüten eingezogen, die sich ähnlich in der Schule aus Stärkeschaum<sup>6)</sup> herstellen lassen. Im Waffeleisen gebacken (mit oder ohne Backtriebmittel), entstehen aus Stärkemehl und Johannisbrotkern- oder Guarkernmehl „Formteile“, die ebenfalls essbar sind.



Ob man daraus auch Einwegbecher für die Schulmilchabgabe herstellen sollte, ist mehr als fraglich. Diese Verwendung

verweist vielmehr auf die, auch in der Schule zu diskutierenden Grenzen des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen in diesem Bereich: Im täglich wiederkehrenden, stationären Betrieb hat der Stärkebecher sicher keine Zukunft. In der ökologischen Bilanz schneiden hier Porzellan oder ähnliche Materialien weit besser ab, die Belastungen durch Spülmittel und -wasser eingerechnet. Jedoch sind eine Reihe von Situationen vorstellbar, in denen Einweggeschirr die Alternative der Wahl darstellt. Bei einem Open-air-Fest z.B. weist ein Material, das im Gebrauch Feuchtigkeitsundurchlässig ist, nach der Nutzung aber kompostierbar oder verfüttert werden kann, deutliche Vorteile auf.

Entsprechende Kompostierungsversuche können mit schulischen Mitteln leicht durchgeführt werden. Lohnend sind parallel hierzu Betrachtungen der Lebenswege der Produkte auf Basis von fossilen bzw. nachwachsenden Rohstoffen (Produktlinienanalysen) und der Versuch einer vergleichenden Bewertung.

## Wollefärben mit Pflanzenfarbstoffen

Von allen praktischen Vorschlägen für den Unterricht hat das Wollefärben die längste Tradition. Je nach zur Verfügung stehender Zeit können entweder bestimmte Arbeitsgänge realisiert werden, z.B. das Färben von bereits gesponnener Wolle mittels käuflicher Färbedrogen wie Krapp oder Indigo, oder man vollzieht den Herstellungsprozess von Grund auf. Dieser beginnt dann mit dem Sammeln und Trocknen von Färbepflanzen, z.B. Färberwaid, Möhrenkraut oder Zwiebelschalen bzw. mit dem Beschaffen von Rinden, den äußeren Schalen von Nüssen oder Zapfen. Wolle „wie geschoren“ gibt es beim Schäfer oder einem Wollkontor, Spinnräder und Karden (zum Kämmen der gewaschenen Rohwolle) können in einschlägigen Geschäften oder bei ländlichen Vereinen ausgeliehen werden.

Die zeitintensiven Arbeitsschritte vom Beizen der Wolle mit Alaun über die Vorbereitung der Färbeflotte bis zum Färben und Klarwaschen geben hinreichend Gelegenheit, sich mit den historischen

Aspekten dieses Handwerksbereichs ebenso auseinander zu setzen wie mit den ökologischen und ökonomischen Randbedingungen<sup>7)</sup>.

Damit erschließen sich Epochen sozialen Wandels, z.B. der Niedergang des europäischen Waidanbaus nach Forcierung der kolonialen Indigoproduktion in Indien, wie auch deren Ende, nachdem die aufblühende chemische Industrie den ) Farbstoff rein und wesentlich billiger in der Retorte herstellen konnte.<sup>8)</sup>

Fachlich angliedern lassen sich hier Aspekte wie die physikalisch-chemischen Grundlagen von Farbigeit, Weidewirtschaft unter den Bedingungen industrialisierter Landwirtschaft, Textilfaser-Import u.a.m.



#### **4. Widersprüche fruchtbar machen**

Bei der eher theoretischen Bearbeitung der Möglichkeiten nachwachsender Rohstoffe kann, ausgehend vom jeweils gewählten Beispiel, auch die weitere ökologische und politisch-gesellschaftliche Sphäre erschlossen werden. In fast jedem der angesprochenen Bereiche ist ein einfaches Auswechseln der Rohstoffbasis - von den fossilen zu nachwachsenden Rohstoffen - nicht oder nur bei massiver Veränderung der Randbedingungen möglich. So wurden z.B. in den letzten Jahren Zuckertenside, aufgebaut aus Palmölen und Zucker, entwickelt und vermarktet, die heute die herkömmlichen Tenside in Wasch- und Reinigungsmitteln bereits teilweise ersetzen. Während dies für uns Europäer wegen der guten biologischen Abbaubarkeit eine weitgehende ökologische Entlastung der Gewässer bedeutet, wird dieser Fort-, schritt durch zumindest ambivalente Auswirkungen auf die Rohstofflieferanten in der Dritten Welt erkauft. Die industrielle Nachfrage begünstigt Monokulturen, verbunden mit dem Einsatz von synthetischem Dünger und Pflanzenschutzmitteln. Mit der Konkurrenz des Rohstoffanbaus zur Nahrungsmittelproduktion geht eine Verschlechterung der Versorgungslage im jeweiligen Land einher.

Ähnliche Szenarien lassen sich für andere Stoffgruppen oder Nutzpflanzen entwickeln, ab der 8. Klasse in der Regel auch zusammen mit den Schülerinnen und Schülern. In diesem Zusammenhang kann auch vermittelt werden, was es mit Bewertungsinstrumenten wie einer Ökobilanz oder einer Produktlinienanalyse auf sich hat.

#### **5. Übergreifende Themen für eine nachhaltige Bildung**

Wie bereits dargestellt ist das Verständnis des Kohlenstoff-Kohlendioxid-Kreislaufs wichtiges Globalziel der Auseinandersetzung mit nachwachsenden Rohstoffen. Zur Erarbeitung eignen sich praktisch beliebige Stoffbeispiele. Auch für die oben erwähnten Ansätze lässt sich in jedem einzelnen Fall zeigen,

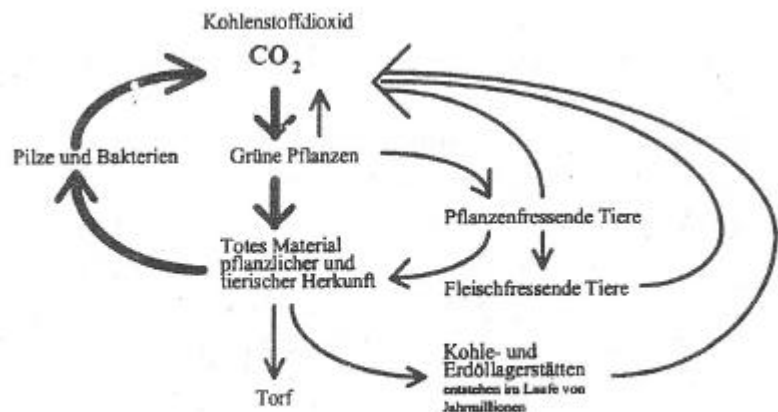
- wie am Beginn der Stoffkette durch Energie von der Sonne und Aufnahme von Kohlendioxid und Wasser (sowie Stickstoff und einiger Spurenelemente) der Rohstoff in der Pflanze gebildet wird,
- wie sich eine Veredelung und Bearbeitung durch den Menschen und eine zeitlich begrenzte Nutzung anschließt und schließlich
- ein Abbau durch Kleinstlebewesen erfolgt, bei dem die Ausgangsstoffe CO<sub>2</sub> und Wasser in gleicher Menge wieder freigesetzt werden.

Letzteres gilt natürlich auch für den Fall, dass die nachwachsenden Rohstoffe bzw. Produkte daraus gleich oder zum Ende ihrer Nutzung der Verbrennung zugeführt werden.

Die innige Verbindung dieser eher abstrakten Vorstellung mit konkreter experimenteller Praxis erscheint als außerordentlich bedeutsam. Mit dieser Verzahnung ist die Hoffnung verbunden, dass sich stabile Einsichten herausbilden, die von Anfang an in Verbindung stehen mit der Realität. Denn außerhalb der Schule fehlen für Jugendliche Erfahrungsmöglichkeiten für die prinzipielle Begrenztheit aller materiellen Bereiche. Zwar wissen längst alle, dass die verfügbaren Vorräte an fossilen Rohstoffen nicht unbegrenzt sind; in einer verschwenderisch mit Ressourcen umgehenden Industriegesellschaft hatte diese Einsicht jedoch bislang kaum Konsequenzen. Das mag damit zusammenhängen, dass es leichter ist, die Vorstellung von zu erwartenden Folgen der Verschwendung zu verdrängen als sich den möglichen Auswirkungen zu stellen.

Im Unterschied zu den Katastrophenszenarien einer falsch verstandenen Umweiterziehung bietet der Umgang mit nachwachsenden Rohstoffen Ansätze zu positiven Phantasien: Es geht nicht darum, moderne Werkstoffe grundsätzlich zu verbannen, vielmehr um eine Gestaltung ihres Lebenslaufs in umwelt- und sozialverträglicher Weise. Nachhaltige Bildung heißt in diesem Zusammenhang, dass ein Verständnis von den Stoffen, von der Bereitstellung und der Umwandlung von Energie, von den technischen Möglichkeiten moderner Wissenschaft immer eingebunden sein muss in eine Vorstellung der Wechselwirkung mit Natur und Umwelt.

„Alles bleibt irgendwo“ hatte der BUND vor Jahren bereits im Hinblick auf die zunehmende Belastung und Verschmutzung der Umwelt formuliert; dem ist heute hinzuzufügen: „Nicht ist, was nicht von der Sonne kommt“. Nachwachsende Rohstoffe helfen, eine Vorstellung von der Natur als Mitproduzentin zu entwickeln. Und weil man „keine zweite Erde in Reserve“ hat, kann nur ein nachhaltiges Wirtschaften, ein sorgsamer Umgang mit den zur Verfügung stehenden Möglichkeiten dauerhaften Nutzen bringen.



Aus: RAAbits Chemie September 1994 S 8

## 6. Versuchssammlung zur schulischen Behandlung der nachwachsenden Rohstoffe

Die hier zusammengestellten Vorschläge für Experimente, Untersuchungen und modellhaften Produktionsverfahren sollen dazu beitragen, die Auseinandersetzung mit den nachwachsenden Rohstoffen auf eine möglichst konkrete Basis zu stellen und die entsprechenden Begriffe vor dem Hintergrund konkreter stofflicher Erfahrungen zu entwickeln.

Die Auswahl der Vorschläge hat lediglich exemplarischen Charakter, die Zusammenstellung erfolgte nach Kriterien wie leichte Verfügbarkeit, Nähe zu Alltagserfahrungen bzw. zu aktuell diskutierten Fragen sowie den vorhandenen positiven Erfahrungen damit im Unterricht.

Die Gliederung in drei Gruppen entspricht der Zuordnung zu thematischen Schwerpunkten. Dies bedeutet weder, dass die jeweiligen Versuche alle oder gar in einer bestimmten Reihung durchgeführt werden sollen. Vielmehr sollen sie nach Bedarf dem Unterrichtsverlauf angegliedert werden. In der Mehrzahl können sie als Schülerversuche durchgeführt werden, wobei auf die einschlägigen Sicherheitsbestimmungen zu achten ist.

### **Gruppe 1: Versuche zum Kohlenstoffkreislauf**

Diese Versuchsgruppe beleuchtet unterschiedliche Stationen des Kohlenstoff-Kohlendioxid- Kreislaufs: Die Freisetzung von CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung, seine Wirkung als Treibhausgas, die Fixierung von CO<sub>2</sub> bei der Fotosynthese sowie die Bildung von Biomasse.

#### ***1 A Modellversuch zum Treibhauseffekt***

Material: 2 Weckgläser, 2 (Digital-)Thermometer)

In zwei Weckgläser legt man je ein Thermometer. Das eine Glas wird mit dem passenden Deckel verschlossen, das andere bleibt offen. Beide Gläser werden in die Sonne gestellt und die Temperaturveränderung in Minutenabständen beobachtet und notiert.

Der Modellversuch demonstriert den bekannten Effekt, dass Luft (oder auch andere Gase) in einem abgeschlossenen Glasgefäß schneller durch die Sonne aufgeheizt



wird als im Freien. Um dies zu zeigen, wäre das offene Gefäß eigentlich entbehrlich, es dient im Modell jedoch zur Herstellung ansonsten vergleichbarer Bedingungen. Den Schülerinnen und Schülern sind aus dem Alltag zahlreiche ähnliche Situationen bekannt, die durch den Versuch in einen gemeinsamen Interpretationszusammenhang gestellt werden können: Auto in der Sonne, Frühbeet, Treibhaus beim Gärtner, ggf. auch Niedrigenergiehaus. Der Modellversuch dient in erster Linie der Sicherung der Begriffe „Treibhaus“ und „Treibhauseffekt“.

#### ***1 B Modellversuch: Kohlendioxid als Treibhausgas***

Material: 2 kleine Weckgläser oder Marmeladengläser, 2 (Digital-) Thermometer, eine Flasche Mineralwasser, Luftballon, Glasrohr oder Trinkhalm, Infrarot-Lampe

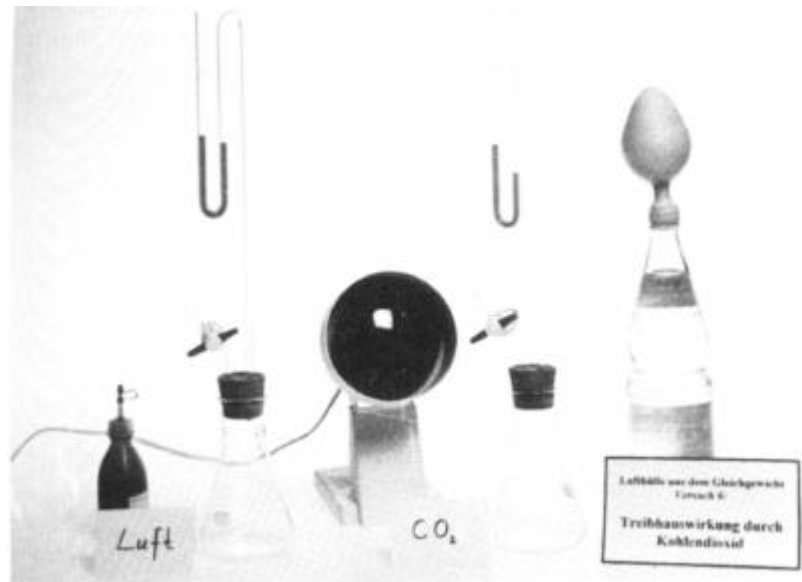
In beide Gläser wird je ein Thermometer gelegt. Die Mineralwasserflasche wird geöffnet, etwas Wasser abgegossen (oder abgetrunken), über die Öffnung der Luftballon gezogen und die Flasche kräftig geschüttelt. Das Kohlendioxid, das sich dabei im Ballon sammelt, wird über einen Trinkhalm

oder ein Glasrohr in das eine Glas geleitet und dieses sofort verschlossen. Das zweite Glas (mit Luft gefüllt) wird ebenfalls verschlossen, dann werden beide Gläser in gleichem Abstand vor die IR-Lampe gestellt und diese eingeschaltet. Die Temperaturveränderung wird in Minutenabständen beobachtet und notiert.

Kohlendioxid ist, besser als die Hauptbestandteile der Luft Stickstoff und Sauerstoff, in der Lage, langwellige Strahlung in Wärme umzuwandeln. Solche langwellige (Wärme-)Strahlung geht von der erwärmten Erdoberfläche aus und wird von Treibhausgasen wie  $\text{CO}_2$  und Wasserdampf „eingefangen“. Je mehr Kohlendioxid sich in der Atmosphäre befindet, z.B. emittiert durch Verbrennung der fossilen Rohstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas, desto stärker kann sich die Lufthülle erwärmen.

Der globale zusätzliche Treibhauseffekt wird neben  $\text{CO}_2$  noch durch andere Gase aus anthropogenen Aktivitäten "angeheizt", durch Methan, FCKWs, Stickoxid und Kohlenwasserstoffe. Allen Treibhausgasen ist gemeinsam, dass ihre kleinsten Teilchen als mehr als zwei Atomen aufgebaut sind. Diese können Strahlung in innermolekulare Schwingungen umwandeln, was gleichbedeutend ist mit Wärme.

Empfindlicher wird dieser Versuch, wenn man statt der Marmeladengläser zwei Erlenmeyerkolben benutzt. In die Öffnung wird ein durchbohrter Stopfen gesteckt, der ein Manometerröhrchen mit einer gefärbten Flüssigkeit enthält. Bei Einwirken von Wärmestrahlung dehnt sich das Kohlendioxid durch schnellere Erwärmung auch schneller aus: der Miniskus steigt rascher als bei dem Kolben mit der Luft.



### ***1 C $\text{CO}_2$ \_Nachweis bei Verbrennung und bei Stoffwechselprozessen***

**Material:** Porzellanschale, Dreifuß mit Drahtnetz, Bunsenbrenner, Glastrichter, Schläuche, Reagenzgläser, Glasrohr, Waschflasche (für Kalkwasser), Wasserstrahlpumpe, Kalkwasser, Materialien für Brennproben (Kohle, Holz, Erdgas, Feuerzeugbenzin, Popcorn, Zucker)

Verschiedene Materialproben werden mit der Brennerflamme entzündet. Die Verbrennungsgase werden über Trichter und Schlauch durch eine Waschflasche mit Kalkwasser geleitet.  $\text{CO}_2$  ruft eine Trübung durch  $\text{CaCO}_3$  hervor. Die Waschflasche wird dazu an einer Wasserstrahlpumpe angeschlossen. Am Trichter kondensiert Wasserdampf, der ggf. in einer leeren Waschflasche aufgefangen werden kann, die in einem Becherglas mit Eiswasser steht.

Erhitzt man ähnliche Materialproben im Reagenzglas über dem Bunsenbrenner, so zeigen die Zersetzungsprodukte eine braune bis schwarze Färbung, die vom Kohlenstoff herrührt.

### ***1 D CO<sub>2</sub>-Fixierung durch Fotosynthese***

Material: 6 große Reagenzgläser mit Stopfen, 2 Reagenzglasgestelle, drei Kaffeedosen o.ä. zum Abdunkeln, Glasrohr, Bromthymolblau-Lösung, drei Sprosse Wasserpest

Die Reagenzgläser werden mit Wasser gefüllt und einige Tropfen Bromthymolblau-Lösung dazugegeben: Der Inhalt der Kolben ist jetzt blau gefärbt. In drei Reagenzgläser wird mit einem Glasrohr so lange Atemluft eingeblasen, bis die Farbe des Indikators von Blau nach Gelb umschlägt. Der Umschlag rührt von im Wasser gelöstem CO<sub>2</sub> her. In zwei der so behandelten Reagenzgläser und eines ohne gelöstes Kohlendioxid wird je ein Spross Wasserpest gegeben. Die Gläser werden verschlossen, drei davon ins Licht gestellt, die drei anderen zum Vergleich mit einer umgestülpten Dose abgedunkelt. Nach ein bis zwei Tagen wird die Färbung aller Lösungen kontrolliert. Alle Beobachtungen werden in eine Tabelle eingetragen.

Wasser + Bromthymolblau	x	x	x	x	x	x
+ Luft eingeblasen	x	x		x		
+ Wasserpest hineingelegt	x			x	x	
Farbe der Lösung	gelb	gelb	grün-blau	gelb	grün-blau	grün-blau
hell/dunkel stellen	hell	hell	hell	dunkel	dunkel	dunkel
Beobachtung nach ein bis zwei Tagen	...von gelb	...nach.. wie vor	...nach wie vor	...nach wie vor	...von grün-blau	...nach wie vor
Der Indikator ist .....	nach grün-blau umgeschlagen.	gelb gefärbt.	grün-blau gefärbt.	gelb gefärbt.	nach grün-blau umgeschlagen.	grün-blau.

Der Indikator Bromthymolblau ist im sauren Bereich gelb, im alkalischen grün-blau bis blau. Sein Umschlagsbereich liegt zwischen pH 6 bis pH 7,6. Leitungswasser (pH - 7) bewirkt grünblaue Färbung.

Mit der eingeblasenen Atemluft kommt CO<sub>2</sub> ins Wasser, der pH-Wert stellt sich bei 4,5 ein, der Indikator schlägt von blau nach gelb um. Im Reagenzglas 1 ist CO<sub>2</sub> verschwunden": die Pflanze hat im Licht CO<sub>2</sub> aufgenommen. Im Dunkeln (Reagenzglas 4) findet keine Fotosynthese statt, die Gelbfärbung bleibt erhalten. Reagenzglas 5: Die Lösung ist saurer geworden; es ist CO<sub>2</sub> dazugekommen, weil die unbelichtete Pflanze Kohlendioxid ausgeschieden hat: Sie hat im Dunklen "geatmet".

### ***1 D Stärkebildung durch Fotosynthese***

Material: Bechergläser, Brenner mit Dreifuß oder Heizrührer, Pinzette, Ethanol, Jod/ KJ-Lösung

Ein grünes Blatt wird kurz in kochendes Wasser eingelegt und 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.

Eine aufwendigere Variante dieses Versuchs besteht darin, ein Blatt an einer Pflanze - am besten eignen sich Geranien - zum Teil mit Aluminiumfolie abzudecken und dieses nach einigen Tagen wie oben zu untersuchen. An den unbelichteten Stellen kann keine Stärke nachgewiesen werden.

Jod lagert sich in die spiralig vorliegenden Stärke-Riesenmoleküle ein. Dabei werden die Bindungen so beeinflusst, dass die schwach violette Färbung bis zum tiefen Blau vertieft wird.

## **Gruppe 2: Stärke: Gewinnung, Produkte, Abbau**

Die Versuche in dieser Gruppe drehen sich um die Stärke als wichtigen Rohstoff für die (chemische) Produktion. Die Vorschläge bewegen sich zwischen „Küchenchemie“ (Stärke aus Kartoffeln) und moderner Technologie (Folien aus Stärke).

### ***2 A Stärkegewinnung aus Kartoffeln***

Material: Messer oder Kartoffelschäler, Kartoffelreibe, 2 Plastikschüsseln, Geschirrtuch

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. Die Masse wird nochmals mit Wasser versetzt und ausgepresst. Im Verlauf einer Stunde (oder über Nacht) setzt sich die Stärke als weißes Mehl am Boden ab. Der braun gewordene Saft wird abgossen, die Stärke getrocknet und für weitere Versuche aufgehoben.

### ***2 B Stärkenachweis***

Material: Kartoffelstärke (aus 2 A oder käufliches Stärkemehl), Körner von Weizen, Mais u.ä., Bohnen, Objektträger, Messer oder Rasierklinge, Pipette, Mikroskop oder Binokular

Aus den durchgeschnittenen Körnern wird jeweils etwas Mehl herausgekratzt und mit einem Tropfen Wasser auf einen Objektträger gebracht. Das Deckgläschen wird darüber gelegt und leicht ange-drückt. Das Präparat wird mit mindestens 100-facher Vergrößerung mikroskopiert. Die unterschiedlichen Formen der Stärkekörner können 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 blauschwarz.

### ***2 C Verpackungsmaterialien im Vergleich***

Material- . Popcorn, Styroporschnipsel, ggf. Kork, Rasierklinge, Mikroskop oder Binokular, Objektträger

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.

Bei ca. 40-facher sind die „Zellen“ der Verpackungsmaterialien gut erkennbar. Man sieht, dass die Wände große Luftvolumina einschließen. Diese Gaspolster federn Stöße ab und isolieren thermisch.

### ***2 D Folie aus Stärke***

Material: Lösliche Stärke, Kartoffelstärke (Kartoffelmehl), destilliertes Wasser, 50%ige Glycerinlösung, Becherglas bzw. Rund- oder Erlenmeyerkolben, Heizrührer, Rührfloh, Thermometer, Plexiglasplatte (0 ca. 30 cm bzw. DIN A4), Trockenschrank

5 g lösliche Stärke, 2,5 g Kartoffelmehl, 10 mL 50 %ige Glycerinlösung und 70 mL destilliertes Wasser werden vermischt und in einem Kolben bzw. Becherglas unter Rühren etwa 15 Minuten zum Sieden erhitzt. Die entstehende homogene Lösung wird vorsichtig auf die bereitgelegte Plexiglasplatte gegossen. Durch Schwenken der Platte erhält man eine 1 bis 2 mm dicke (tortengussartige) Masse. Über Nacht trocknet und schrumpft die Masse bei Raumtemperatur. Zum schnellen Trocknen (1 1/2 h) legt man die Platte mit der ausgegossenen Masse bei 105 °C in den Trockenschrank. Die entstandene Folie kann vorsichtig abgezogen werden.

Die Folie kann mit Lebensmittelfarben angefärbt werden. Sie ist essbar.

### ***2 E Formteile aus Stärkeschaum***

Material: Kartoffelstärke, NaHCO<sub>3</sub> als Backtriebmittel, Natriumalginat oder Guarkernmehl als Emulgiermittel, 2 Bechergläser, Spatel oder Löffel, Glasstab, Waffeleisen

Aus 70g Kartoffelstärke, 3g NaHCO<sub>3</sub> und 1g Natriumalginat oder Guarkernmehl wird im kleineren der 6den Bechergläser eine Mischung hergestellt. Diese Mischung lässt man langsam unter ständigem Rühren in das große Becherglas laufen, in das zuvor bereits 80 mL Wasser gegeben worden sind. 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.

Bei diesem Versuch entsteht ein fester Stärkeschaum, wie er u.a. als Behältnis für Fast-Food-Produkte verwendet wird.

### ***2 F Verrottungsversuche***

Material: 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

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). Die rundherum mit Klebefilm zugeklebten Schalen bleiben einige Tage an einem warmen Ort stehen. Die Veränderungen lassen sich leicht beobachten.

## **2 G Herstellung von Stärkekleber**

Material: Dreifuß mit Drahtnetz, Bunsenbrenner, Becherglas, Glasstab, Edelstahlöffel, Kartoffelstärke, Wasser

Zu 50mL Wasser im Becherglas werden unter Rühren ca. 10g Kartoffelstärke nach und nach hinzugefügt, bis sich eine leicht dickflüssige Masse ergibt. Der Brenner wird entzündet und die Masse ca. 1 Minute aufgekocht. Ist der entstandene Kleber zu zäh, kann er mit Wasser verdünnt werden.

Mit dem Stärkekleister können Klebeversuche durchgeführt werden, z.B. Pappe auf Pappe, Papier auf Pappe oder Holz, Holz auf Holz usw. Stärkekleister ist einer der klassischen Leime. Als Grundstoffe werden Stärke, Getreidemehl (das vorwiegend aus Stärke besteht) und Celluloseverbindungen benutzt. Zum Tapetenkleben verwendet man z.B. einen Kleister aus Methylcellulose. Die Kleisterbildung setzt in der Wärme ohne Hilfsmittel ein (Stärkekleister bei 80°C). Durch Zusatz von Säuren wird die Klebefähigkeit vermindert, Laugenzusatz erhöht die Festigkeit der Verbindungen.

## **Gruppe 3: Pflanzenöle und Fette als nachwachsende Rohstoffe**

Pflanzenöle und -fette besitzen als nachwachsende Rohstoffe eine ähnliche Bedeutung wie die Stärke. Sie sind sowohl für den Bereich der stofflichen Produktion interessant wie auch als Energielieferanten. Der letztere Aspekt wird hier jedoch nicht experimentell erschlossen. Kaum für die Schule zugänglich ist auch die Produktion von Alkylpolyglycosiden (APG); die APG werden aus Pflanzenölen (Palmkernöl) einerseits und zum anderen aus Zucker bzw. Stärke hergestellt und gelten als zukunftsträgliche Alternative zu den synthetischen Tensiden mit breitem Anwendungsbereich und sehr guter Umweltverträglichkeit. Für ihre unterrichtliche Behandlung stehen aber geeignete Medien zur Verfügung (siehe Literatur).

### **3A Gewinnung von Öl aus Früchten/ Samen von Ölpflanzen**

Material: 2 quadratische Eisenblechstücke (10 x 10 x 0,5 cm), Fliegendraht, Uhrglas, Schraubstock, Samen (z.B. Sonnenblumenkerne)

Aus zugeschnittenem Fliegendraht wird eine Tasche (10 - 10 cm) geformt, deren eines Ende offen bleibt. Die übrigen Kanten können mit einem Papiertucker zusammengeheftet werden. In die Tasche wird ein Löffel ölhaltige Samen gefüllt, z.B. Sonnenblumenkerne, die Tasche wird zwischen die Bleche gebracht und die drei zusammengefügte Teile zwischen die Backen eines Schraubstocks geklemmt. Durch Anziehen der Spindel werden die Samen zerquetscht, das Öl läuft in das darunter gestellte Uhrglas.

Technisch werden Ölfrüchte in großen Pressen aufgearbeitet. Nach dem kaltgepressten ersten Öl werden oft weitere Anteile in der Hitze oder durch Einsatz von Lösungsmitteln gewonnen.

### **3 B Herstellung einer Ölfarbe**

Material: Porzellanschale o.ä. flaches Gefäß, Glasstab oder Löffel, Leinölfirnis, Farbpigmente

In einem flachen Gefäß werden Leinölfirnis und fein geriebene Farbpigmente zu einem festen Brei durchgearbeitet. Die fertige Ölfarbe kann mit Terpentinöl (Destillat aus Kiefernholz) verdünnt wer-

den. Als Pigmente eignen sich Erdfarben wie Umbra, Siena, Ocker oder Englischrot oder Minerale wie Ultramarin, Eisenoxid oder Chromoxidgrün.

Leinölfirnis enthält im Unterschied zum reinen Leinöl Sikkative, das sind Trocknungsbeschleuniger, die die Vernetzung der Ölbestandteile unterstützen. Besonders wirksam sind geringste Mengen Schwermetallsalze, z.B. Salze des Kobalts, Eisens oder Mangans. Um der Farbe mehr Körper zu geben, werden neben Farbpigmenten oft Weißpigmente eingesetzt, z.B. geriebener Kalk (Kreide) oder Tilandioxid.

### ***3C Herstellung einer Anstrichfarbe auf Quarkbasis***

Material: Rührschüssel oder Kochtopf (mindestens 2 Liter), Kochlöffel, Löffel, leere Marmeladengläser, 250g Quark, geriebener Kalk, Borax, Farbpigmente in Pulverform (z.B. Siena, Umbra, Ultramarin, Kreide)

In der Rührschüssel wird der Quark mit Borax und Kreide verrührt, bis sich eine gleichmäßige Creme („Caseincreme“) gebildet hat. Diese Masse wird auf mehrere leere Marmeladengläser verteilt. Je nachdem, welche Pigmente zugefügt werden, erhält man verschiedene streichfertige Farben, die mit etwas Wasser verdünnt werden können.

Will man den Produktionsprozess von Anfang an darstellen, so kann die Quarkherstellung aus Milch vorangestellt werden. Dazu wird 1 Liter Milch in eine Schüssel gegeben und mit etwas Lab (aus der Drogerie) versetzt. Nach mehrtägigem Stehen setzt der Käsungsprozess ein, die dünnflüssige Molke trennt sich vom Quark. Die überstehende Molke wird abgegossen und die halb feste Masse auf ein Geschirrtuch gegeben. Die Enden des Tuches werden zusammengedreht und der Quark über einer Schüssel so trocken wie möglich ausgepresst. Er kann jetzt zur Farbenherstellung weiterverwendet werden.

### ***3 D Herstellung von Temperafarben***

Beständige Farben erhält man, wenn man die fertige Caseinfarbe mit etwas Leinöl versetzt. Die Farbe hat jetzt ganz ähnliche Eigenschaften wie käufliche Plakafarbe. Damit können Anstrich- und Haltbarkeitstests gemacht werden, am besten durch Aufstreichen auf kleine Holzbrettchen.

### ***3 E Herstellung von Seife aus einem Pflanzenöl***

Material: Ölsäure oder Pflanzenfett (wie Palmin), Natriumcarbonat, Becherglas, Glasstab, Wärmequelle

Aus pflanzlichen Ölen kann ebenso wie aus tierischen Fetten durch Verseifung mit Laugen Seife hergestellt werden. Hierzu mischt man z.B. 20mL Ölsäure mit 50mL 10-%iger Natriumcarbonatlösung und gibt zum besseren Kontakt der Phasen etwas Ethanol dazu. Die Mischung wird unter Rühren auf dem Heiz-Rühr-Gerät erwärmt. Mit der Reaktionsmischung, die einen hohen Anteil an Seifen (Natriumsalze der Fettsäuren) enthält, kann nach dem Abkühlen eine Schaumprobe durchgeführt werden. Dazu gibt man Wasser hinzu und schüttelt kräftig. Weitere mögliche Versuche sind die Demonstration von Schaumbildung und Waschwirkung und die Verminderung der Oberflächenspannung durch die hergestellte Seife.

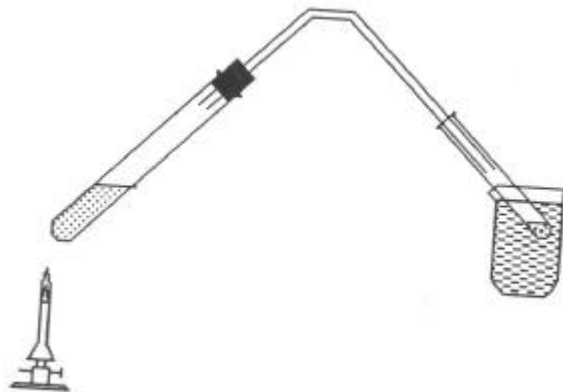
Bei der Verseifung werden die Fettsäure-Glycerin-Bindung (Ester) gespalten, und die freigesetzten Fettsäuren bilden mit der Lauge Salze. Diese Salze der Fettsäuren (= Seifen) schäumen im Wasser und wirken als Tenside.

Aus Zucker und Palmkernöl bzw. Kokosöl werden industriell Alkylpolyglycoside (Plantaren®) hergestellt. Schulversuche hierzu finden sich bei Wagner (1997).

### **3 G Gewinnung eines Lösungsmittels aus Orangenschalen**

Material: Großes Reagenzglas, durchbohrter Stopfen, gewinkeltes Glasrohr, kleines Reagenzglas (als Vorlage), Gefäß für kaltes Wasser zum Kühlen der Vorlage, Bunsenbrenner, Orangenschalen (ggf. Mandarinen-, Zitronenschalen)

15g sehr fein zerkleinerte Orangenschalen und 10mL Wasser werden in das große Reagenzglas gegeben und dieses mit Stopfen und eingestecktem Glasrohr verschlossen. Das Glas wird schräg an einem Stativ eingespannt und am unteren Ende mit dem Bunsenbrenner erwärmt. Das freie Ende des Rohrs mündet in das als Vorlage benutzte zweite Reagenzglas, das mit kaltem Wasser gekühlt werden kann. Die Destillation wird abgebrochen, wenn die Vorlage zu etwa 2/5 gefüllt ist. Beim Stehen lassen trennen sich die Phasen, obenauf schwimmt etwas Öl, das weiter untersucht werden kann.



Ein Ölfleck auf einem Stück Filterpapier verschwindet, da Orangenöl ein flüchtiges (etherisches) Öl ist. Wenn man zum Destillat ein Körnchen eines festen Farbstoffs gibt, der sich in Wasser nicht, wohl aber in organischen Lösungsmitteln löst, dann wird die Ölschicht angefärbt. Als Farbstoff eignet sich z.B. Sudanrot. Es kann auch versucht werden, das Orangenöl als Lösungsmittel für Fett (z.B. Palmöl) zu verwenden oder ein Stückchen Teer anzulösen.

Orangenschalen enthalten bis zu 2% etherische Öle. Technisch gewinnt man Citrusöle bei der Herstellung von Orangensaftkonzentraten. Die Früchte werden zerkleinert, das Öl schwimmt obenauf. Hauptbestandteil ist das Limonen, das zu den Terpenen gehört.

### **Anmerkungen**

- 1) Der einleitende Text erschien zuerst unter dem Titel „Nachwachsende Rohstoffe - nachhaltige Bildung - Elemente zu einer Unterrichtsreihe“ in: FWU-Magazin, 7. Jhg., H.4/1995, S. 30 - 35. Er wurde für diesen Tagungsband gekürzt, aktualisiert und mit den Experimentieranleitungen verknüpft.
- 2) Vgl. Hessischer Rahmenplan Naturwissenschaften Sekundarstufe I (1996) sowie den Nordrhein-westfälischen Lehrplan für den Lernbereich Naturwissenschaften Gesamtschule Sek. 1 (Entwurfssfassung Februar 1997)

- 3) Siehe Literatur
- 4) Eine ausführliche Darstellung eines Leinölprojektes findet sich bei: Stäudel, Mancier, Rudolph 1995
- 5) Unterlagen erhält man z.B. von der Fa. AURO, Postfach 1238, 38002 Braunschweig. Ober den umweltverträglichen Leinölanbau informiert ein kurzes Video des Herstellers (Leinölprojekt).
- 6) Dieser und weitere Versuche sind ausführlich beschrieben in: Stäudel, Sauer 1994. Mit der Lieferung 1995 liegt zudem ein Rollenspiel vor, das die Vor- und Nachteile der Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen im Verpackungsbereich thematisiert.
- 7) Ausführliche Anleitungen für den schulischen Umgang mit Wolle und Pflanzenfarben finden sich in: Naturwerkstatt 1: Wolle, Pflanzenfarben, Färben. Soznat Materialien für den Unterricht Band 29. Marburg 1990 (vergriffen). Nachdruck: Forum Eltern und Schule, Huckardestraße 12, 44147 Dortmund
- 8) Für die Schule geeignete Texte hierzu finden sich z.B. in: Andersen, Speisberg (Hrsg.) 1990

## **Literatur**

### ***Allgemeines***

- Andersen, A., Spelsberg, G. (Hrsg.): Das Blaue Wunder. Zur Geschichte der synthetischen Farben. Köln 1990
- Centrale Marketing Gesellschaft der deutschen Agrarwissenschaften (CMA): Nachwachsende Rohstoffe. Bonn o.J.
- Eggersdorfer, M., Warwel, S., Wulff, G. (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe. Perspektiven für die Chemie. Weinheim 1993
- Eierdanz, H. (Hrsg.): Perspektiven nachwachsender Rohstoffe in der Chemie. Weinheim 1996
- Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" des Deutschen Bundestages (Hrsg.): Verantwortung für die Zukunft. Wege zum nachhaltigen Umgang mit Stoff - und Materialströmen. Bonn 1993
- Fischer, H.: Pläoyer für eine Sanfte Chemie. Über den nachhaltigen Gebrauch der Stoffe. Karlsruhe 1993
- Grißhammer, R., Hey, C., Hennicke, P., Kalberlah, F.: Ozonloch und Treibhauseffekt. Reinbek 1989
- IZE (Hrsg.): Strom Basiswissen Nr. 113: Biomasse - Energie, die wächst. Frankfurt/M. 1995 (Broschüre, kostenlos bei: IZE, PF 700561, 60555 Frankfurt/M.)
- Klima in Gefahr. In: FWU Magazin Nr.3-4/1993
- Nachwachsende Rohstoffe in Energiewirtschaft und Chemie. In: Spektrum der Wissenschaft H. 6/1994, S. 96 - 114
- Oels, H.-J., Schmitz, S. (Umweltbundesamt): Ökobilanzen für Verpackungen. Berlin 1993
- Sanfte Chemie. In: Wechselwirkung 13. Jg., Nr. 48, April 1991
- Westermann, K.: Verpackung aus nachwachsenden Rohstoffen. Würzburg 1994

### ***Materialien und Konzepte für den Unterricht***

- Bader, H.-J.: Nachwachsende Rohstoffe. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie, 37. Jg., H, 47/1989, S. 4 - 7

- Bauer, H. F., Scherbaum, M., Bader, H. J.: 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
- Blume, R., Sommerfeld, H.: Abbaubare Folien auf Stärkebasis. In: Der Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, 44. Jg., H. 2/1991, S. 93 - 96
- Bockey, D., Jantzen, W.: Biodiesel aus Raps. In: Unterricht Biologie H. 215 (1996), S. 38 - 42
- Brinkmann, H.: Einfache Schulversuche zum Thema „Treibstoffe“ « In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, 40. Jg., H. 3/1991, S.24-32
- Büttner, M., Wagner, G.: Zuckertenside - ein faszinierendes Thema für den Chemieunterricht. In: Naturwissenschaften im Unterricht -Physik/Chemie, 8. Jg., H. 39/1997, S. 46 - 50
- Demuth, R. (Hrsg.): Themenheft Nachwachsende Rohstoffe der Zeitschrift Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, 45. Jg., H. 6/1996
- Hesse, M.: Nachwachsende Rohstoffe aus dem Industriepflanzenanbau. In: Praxis der Naturwissenschaften - Biologie, 36. Jg., H. 8/1987, S. 34 - 42
- Hessisches Kultusministerium: Rahmenplan Naturwissenschaften Sekundarstufe 1. Wiesbaden 1996
- Probst, W. (Hrsg.): Neue Kulturpflanzen. Unterricht Biologie H. 206 (1995)
- Rode, P., Fellner, E.: Hecheln und Spinnen - Flachs. Eine Handreichung des Modellversuchs SchUB. Berlin 1995
- Schenk, L.: Kohlenhydrate - Mono- und Disaccharide. In: RAAbits Chemie, 1 L2.1, Heidelberg 1995
- Schenk, L.: Kohlenhydrate - Stärke und Cellulose. In: RAAbits Chemie, 1 L2.2, Heidelberg 1995
- Stäudel, L.: Nachwachsende Rohstoffe- nachhaltige Bildung. In: FWU-Magazin, 7. Jg., H. 4/1995, S. 30 - 35
- Stäudel, L., Sauer, D.: Nachwachsende Rohstoffe. In: RAAbits Chemie, Grundwerk, 111 A, Heidelberg 1994
- Stäudel, L., Sauer, D.: Rollenspiel zum Thema Verpackungsmaterialien auf Stärkebasis. In: RAAbits Chemie, 2. Ergänzungslieferung, IV/A 1,2, Heidelberg 1995
- Stäudel, L., Mander, K., Rudolph, M.: Das Leinöl-Projekt - fächerübergreifender Unterricht für die Mittel- und Oberstufe. In: Praxis der Naturwissenschaften - Chemie, 44. Jg., H. 6/1995, S. 8 - 12
- Stäudel, L.: Fossile und nachwachsende Rohstoffe. Handreichung zum Rahmenplan Naturwissenschaften. Wiesbaden 1997
- Stichmann, W. (Hrsg.): Naturmaterialien aus fremden Ländern. Unterricht Biologie H. 159 (1990)
- Themenheft Projektorientierter Chemieunterricht der Zeitschrift NiU - Chemie, 1. Jg., H. 2/1991
- Wagner, G.: Studienbuch Waschmittel - Chemie und Ökologie. Stuttgart 1997

### **Medien**

- Nachwachsende Rohstoffe (1995) 15 min, FWU, 32 10332 (Film); 42 10332 (VHS)
- Nachwachsende Rohstoffe (1995) 12 Farbdias, FWU, 10 03219
- Der Treibhauseffekt (1994), 14 min, FWU, 32 10255 (Film)
- Weg vom Öl - Beispiele aus der Landwirtschaft (1984) 15 min, FWU, 42 00507 (VHS)
- Das Leinölprojekt (1994), 12 min, AURO (VHS; Bezug: AURO, Braunschweig. 20 DM)
- Öl von der Sonne (o.J.), 15 min, Fa. Henkel, (VHS; Bezug: Henkel Düsseldorf)
- In Unschuld Waschen, ca. 30 min, Matthias Film, (VHS; Landesbildstellen, Evangelischer Mediendienst Kassel)
- Die Sendung mit der Maus: Farben aus Quark und Erde, 12 min, WDR (VHS)