

## **Nachwachsende Rohstoffe**



Rita Müller, Mannheim (nach einer Idee der Autoren)

Dr. Lutz Stäudel, Kassel  
Daniela Sauer, Spangenberg

---

Inhaltsübersicht

**Begründung des Reihenthemas und fachwissenschaftliche Orientierung**

**Didaktische und methodische Orientierung**

**Ziele der Reihe**

**Organigramm**

**Sequenz 1: Nachwachsende Rohstoffe – Rettung vor dem Umweltkollaps?**

**Sequenz 2: Nachwachsende Rohstoffe – Produkte mit Tradition**

**Sequenz 3: Verpackungsmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen**

**Sequenz 4: Stärke: Eigenschaften, Herkunft und Verbleib, Struktur**

**Experimente/Materialien**

**Mediothek**

## Übersicht über die Experimente und Materialien

III/A1

- Sequenz 1:** Nachwachsende Rohstoffe – Rettung vor dem Umweltkollaps?
- E 1 (SV) Was Erdöl, Kohle und Biomasse verbindet – Nachweis der Verbrennungsprodukte Kohlenstoffdioxid und Wasser
- E 2 (SV) Kohlenstoffdioxidfixierung durch Pflanzen – pH-Wert-Änderung durch Photosynthese bei Wasserpflanzen
- M 1 (Gd/Ab) Kohlenstoff-Kohlenstoffdioxid-Kreislauf
- M 2 (Gd) Kohlenstoffverbindungen für Energie, Nahrung und Produktion
- M 3 (Tx/Ab) Kohlenstoffdioxid, Treibhauseffekt und nachwachsende Rohstoffe
- E 3 (LV) Treibhauswirkung durch Kohlenstoffdioxid – Vergleich von Luft und Kohlenstoffdioxid hinsichtlich ihrer Treibhauswirkung
- M 4 (Gd) Nachwachsende Rohstoffe und der Treibhauseffekt
- M 5 (Ab) Nachwachsende Rohstoffe in der Übersicht
- Sequenz 2:** Nachwachsende Rohstoffe – Produkte mit Tradition
- E 4 (SV) Anstrichfarbe auf Basis von Quark
- E 5 (SV) Lösungsmittel aus Orangenschalen
- E 6 (SV) Kleber aus Stärke
- E 7 (SV) Wolle mit Naturfarben gefärbt
- Sequenz 3:** Verpackungsmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen
- E 8 (SV) Herstellung einer eßbaren Folie aus Stärke
- E 9 (SV) Herstellung eines festen Stärkeformschaums
- M 6 (Ab) Stärke als Industrierohstoff
- E 10 (SV) Stärke aus Kartoffeln
- M 7 (Tx) Neue Produkte auf Stärkebasis
- Sequenz 4:** Stärke: Eigenschaften, Herkunft und Verbleib, Struktur
- E 11 (SV) Abbau von Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen – Verrottungsversuche in Petrischalen
- E 12 (SV) Abbau von Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen – Kompostierung mit Nachweis der Kohlenstoffdioxidentwicklung
- E 13 (SV) Mikroskopische Untersuchung von Reservestärke
- M 8 (Tx/Ab) Stärke – Produkt der Photosynthese
- E 14 (SV) Stärkenachweis an teilbelichteten Blättern
- M 9 (Tx/Gd) Entwicklung einer Modellvorstellung von Amylose und Amylopektin
- E 15 (SV) Nachweis des Stärkeabbaus durch Speichel mit Jod-Kaliumjodidlösung
- E 16 (SV) Stärkeaufbau aus Zucker mit Hilfe von Glucose-1-phosphat

*Begründung des Reibenthemas und fachwissenschaftliche Orientierung*

Nachwachsende Rohstoffe sind seit einigen Jahren zunehmend im Gespräch. Das Auftauchen dieses Begriffes hängt offensichtlich mit dem gewachsenen öffentlichen Bewußtsein für den Zustand der Umwelt und deren Veränderungen zusammen sowie damit, daß immer öfter chemische Syntheseprodukte im Brennpunkt der Kritik stehen, z.T. wegen erwiesener oder vermuteter Gesundheitsgefahren, z.T. wegen zu erwartender oder bereits eingetretener negativer Auswirkungen für die Umwelt. Synthetische Kunststoffe, Fasern und Farben bringen bei der Herstellung bereits lästige Nebenprodukte mit sich, sind längst nicht so pflegeleicht im Gebrauch wie erwartet und bereiten schließlich Probleme bei ihrer Entsorgung.

Auch wird die vormals unerschöpflich erscheinende Rohstoffbasis für diese Produktion – das Erdöl und „seine Verwandten“ Erdgas und Kohle – nicht in alle Ewigkeit verfügbar sein. Von den weltweit jährlich im Umfang von etwa 10 Milliarden Tonnen Steinkohleinheiten (SKE) geförderten Kohlen und Kohlenwasserstoffen werden zwar nur 5 % in chemischen Prozessen zu Massenprodukten und Feinchemikalien stofflich weiterverarbeitet, mehr als 90 % werden jedoch im Energiebereich verbraucht, insbesondere zum Betrieb von Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen aller Art und zur Verstromung in Kraftwerken; die steigende Nachfrage wird aber zwangsläufig dazu führen, daß bereits in 40 Jahren Erdöl knapp werden könnte oder schwerer zu erschließende Vorkommen abgebaut werden müssen.

Zudem ist die Verarbeitung von Erdöl in gewisser Hinsicht unrationell: Das aus fossilen Ablagerungen gebildete Stoffgemisch muß zunächst gefördert, über weite Strecken transportiert und durch fraktionierte Destillation in seine Bestandteile zerlegt werden; anschließend wird es in kleine Molekülbruchstücke gespalten, von denen aus wieder gezielt größere Molekülverbände synthetisiert werden. Dabei werden erhebliche Mengen Energie benötigt, die für die Rohstoffseite damit verloren gehen.

Zudem wird bei all diesen Prozessen Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) freigesetzt, und auch die chemischen Produkte auf Kohlenstoffbasis selbst münden früher oder später beim stabilen Kohlenstoffdioxid (durch Verbrennung in einer Müllverbrennungsanlage oder durch bakterielle Zersetzung) und tragen so zu einer ungünstigen  $\text{CO}_2$ -Bilanz bei, die den Treibhauseffekt in der Atmosphäre weiter steigert.

Vor diesem Hintergrund wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene Ansätze entwickelt, die das Ziel verfolgen, von der fossilen Kohlenstoffbasis umzustellen auf nachwachsende Rohstoffe. Versuche dazu gibt es in folgenden drei Bereichen:

1. Nachwachsende Rohstoffe als Grundlage für veredelte Naturwaren;
2. Nachwachsende Rohstoffe als Rohstoffe für chemische Industrieprodukte;
3. Nachwachsende Rohstoffe für die Energiegewinnung.

**Zu 1.:** Für den Produktionsbereich auf Basis von natürlich (nachwachsenden) Rohstoffen gibt es bereits eine lange Tradition. So kommen heute noch etwa 50 % der weltweit verarbeiteten Fasern von Baumwollpflanze, Schaf und Seidenraupe. Bei weiteren 20 % handelt es sich um modifizierte Zelluloseprodukte, mithin ebenfalls um Stoffe pflanzlichen Ursprungs. Papier wird aus dem Holzbestandteil Cellulose gewonnen und kann mehrfach recycelt werden. Bessere Sorten entstehen aus gebrauchten Leinfasern; aus Fetten werden Seifen, um nur einige Produkte mit pflanzlicher Herkunft zu nennen.

**Zu 2.:** Unter den Industrievorprodukten aus pflanzlicher Herkunft ist besonders die Stärke zu erwähnen, die inzwischen in großen Mengen bei der Herstellung von Folien, Kleber u.ä. eingesetzt wird. Große Bedeutung werden künftig auch Waschmittel auf Basis von Zucker und Pflanzenfetten (Zuckertenside) haben.

**Zu 3.:** Die Energiegewinnung weist z.Zt. noch wenig lukrative Verwendungsgebiete von nWR auf: Bekanntestes Beispiel ist das Zuckerrohr-Methanol-Projekt in Brasilien; für Europa werden inzwischen  $C_4$ -Pflanzen vorgeschlagen (z.B. Chinaschilf), die, auf stillgelegten landwirtschaftlichen Flächen angebaut, zur Deckung des Energiebedarfs beitragen sollen. Eine Energiewirtschaft auf Basis von nWR hätte insbesondere den Vorteil, daß sie immer nur soviel Kohlenstoffdioxid freisetzt, wie zuvor von den verwerteten Pflanzen durch Photosynthese gebunden wurde; die Netto- $CO_2$ -Emission wäre gleich Null, eine weitere Aufheizung der Lufthülle aus dieser Quelle nicht zu befürchten.

Genauere Analysen der Energiebilanz und der Wirtschaftlichkeit zeigen jedoch, daß diese Hoffnungen (noch) unrealistisch sind. Tatsächlich sind die Energieaufwendungen für Anbau, Düngung, Ernte, Verarbeitung und Raffination der gewonnenen Treibstoffe (z.B. Methanol oder Rapsöl) so groß, daß im günstigsten Fall ein Verhältnis von 1 zu 1,2 erreicht wird, d.h. fünf eingesetzten Energieeinheiten steht am Ende nur eine zusätzliche gegenüber. In der Praxis ist dieses Verhältnis z.T. noch ungünstiger. Berücksichtigt man daneben die Umweltbelastungen dieser Produktion – durch Düngung, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Abwässer usw., so schneiden die entsprechenden Vorschläge gegenwärtig eher schlechter ab als konventionelle Technologien auf Basis fossiler Rohstoffe.<sup>1</sup> Auf diesen Aspekt „Nachwachsende Rohstoffe“ als Energielieferanten – wird daher bei den Unterrichtsvorschlägen nicht bzw. nur bedingt eingegangen.

Umgekehrt ist zu erwarten, daß nachwachsende Rohstoffe bereits in naher Zukunft große Bedeutung für den Bereich der stofflichen Produktion besitzen werden. Denn neben einer günstigen  $CO_2$ -Bilanz kann begründet erwartet werden, daß bei einer solchen Produktion, die gewachsenen Strukturen für das Produkt nutzbar macht, nicht nur Energie eingespart werden kann, sondern auch umweltfreundlicher produziert werden wird.<sup>2</sup>

Über die praktische Seite hinaus weist die Thematik noch auf einen wichtigen allgemeinen Aspekt hin: die Begrenztheit der Ressourcen auf der Erde und die prinzipielle Abhängigkeit alles Lebens von der Sonne. Da fossile Rohstoffe unter diesem Gesichtspunkt lediglich stillgelegte Biomasse darstellen und da die Menschen seit der industriellen Revolution in stets steigendem Maße darauf zurückgreifen, gilt diese Abhängigkeit auch für den Bereich der Technik.

### *Didaktische und methodische Orientierung*

Im Rahmen der fächerübergreifenden Unterrichtsreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ sollen die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit erhalten, sich theoretisch wie praktisch mit konkreten Beispielen von Produkten auf Basis von Naturstoffen bzw. raffinierten Pflanzeninhaltsstoffen auseinanderzusetzen. Trotz des hohen Anteils von praktischen Tätigkeiten eignet sich dieser Themenbereich nur bedingt als Projektthema: Sowohl die möglichen chemisch-technischen Experimente und Untersuchungen wie auch etwaige Recherchen zum Thema „vor Ort“ verlangen einen hohen Grad an vorausgehender Information. Zwar ist der Alltag der Schülerinnen und Schüler immer noch reich an entsprechenden Produkten, jedoch muß die spezifische Sichtweise von nWR erst angebahnt und entwickelt werden. Soweit sich im Rahmen der Unterrichtsreihe arbeitsfähige Kleingruppen bilden, können ihnen entsprechende Aufgaben – die Vorbereitung, Durchführung und Demonstration von Versuchen oder die Ermittlung von thematisch interessanten Daten – durchaus übertragen werden. Die mögliche Vielfalt bei der Konkretisierung gibt desweiteren gute Voraussetzungen zu einer weitgehenden thematischen und voraussetzungsbezogenen Differenzierung innerhalb der gesamten Lerngruppe.

<sup>1</sup> **Leuchtner, J.:** Nachwachsende Rohstoffe – ein Beitrag zum Klimaschutz? In: Wechselwirkung Heft 2 (54) 1992. S. 40-42

<sup>2</sup> **v. Gleich, A.:** Der wissenschaftliche Umgang mit der Natur. Über die Vielfalt harter und sanfter Naturwissenschaften. Fischer'sche Verlagsgesellschaft. Frankfurt 1989

**Fischer, H.:** Plädoyer für eine Sanfte Chemie. Über den nachhaltigen Gebrauch der Stoffe. C. F. Müller Verlag. Karlsruhe 1993

Für die bzw. den Unterrichtende(n) entsteht wegen des fächerübergreifenden Charakters der Thematik die Notwendigkeit, sich auf die eine oder andere Weise mit den verschiedenen (Fach-)Aspekten vertraut zu machen. Aus pragmatischen Gründen der Zuordnung liegt der Schwerpunkt der nachfolgend angeregten Unterrichtssequenz im Bereich der Chemie, die Weiterungen erstrecken sich auf die Gebiete der Biologie/Ökologie und der Gesellschaftswissenschaften; je nach eigenem Interesse und schulischen Gegebenheiten könnte auch eine andere Schwerpunktsetzung erfolgen. In jedem Fall sollte sich die bzw. der Unterrichtende die Unterstützung der betreffenden Fachkollegen versichern, wenigstens insoweit, daß im Material nicht angesprochene Fragen bei Bedarf geklärt werden können.

Zur Konkretisierung der „Nachwachsenden Rohstoffe“ bieten sich eine ganze Reihe von Produktfeldern an, die aber weder parallel noch nacheinander in Gänze bearbeitet werden können und sollten. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien die wichtigsten genannt:

- Tenside (Seifen und Waschmittel aus Fetten bzw. Fettsäuren, von Kernseife bis „Plantaren“ auf Palmölbasis);
- Lösungsmittel und Bindemittel für Anstriche (z.B. Terpene aus Orangenschalen, Harze und Wachse aus Nadelhölzern, Pflanzenöle wie Lein- oder Rapsöl);
- Farbstoffe (aus verschiedenen Pflanzenteilen bzw. tierischer Herkunft);
- Fasermaterialien (Wolle, Baumwolle, Seide, Cellulosederivate);
- Cremes (z.B. auf Basis tierischer Fette);
- Wirkstoffe (aus den verschiedensten Heilkräutern).

Da eine erschöpfende Behandlung bzw. Bearbeitung des Themas nicht möglich ist, wird hier vorgeschlagen, im Unterricht während der Startphase Beispiele aus allen Bereichen anzusprechen und dann zu einem einheitlichen Teilbereich überzugehen. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, daß sich das Gebiet „Verpackungsmaterialien“ dazu besonders eignet. Es überschneidet sich einerseits mit der jugendlichen Lebenswelt, bietet andererseits in großem Umfang Erfahrungs- und Handlungsmöglichkeiten und besitzt zudem große gesellschaftliche Relevanz – ökonomisch wie ökologisch.

### *Ziele der Reihe*

Die Schülerinnen und Schüler sollen

- die Eingebundenheit der Produktion auf Basis von organisch-chemischen Rohstoffen in den globalen Kohlenstoff-Kohlenstoffdioxid-Kreislauf verstehen lernen;
- die prinzipielle Bedeutung einer solchen Produktion für Treibhauseffekt und Weltklima einschätzen lernen sowie zu einer differenzierten Betrachtung des Konzeptes von nachwachsenden Rohstoffen befähigt werden;
- an konkreten stofflichen Beispielen erfahren, was unter nachwachsenden Rohstoffen zu verstehen ist und zu welchen Produkten sie verarbeitet werden;
- die chemische Grundstruktur von pflanzlichen Rohstoffen am Beispiel Stärke, Zucker und Cellulose erarbeiten;
- wichtige pflanzliche (und tierische) Lieferanten für nachwachsende Rohstoffe und ihre Lebensbedingungen kennenlernen;
- die Verarbeitung von nachwachsenden Rohstoffen als schonende Veränderung von stark strukturierten Stoffen erkennen.

Angesichts der Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung ist besonders der erstgenannte Aspekt (neben einem grundlegenden Verständnis der stofflichen Gegebenheiten) von besonderer Wichtigkeit, weil er zu einer politischen Mündigkeit beiträgt, die sowohl für individuelle (z.B. Kauf-) Entscheidungen bedeutsam ist wie auch für eine Teilhabe an den gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen.

Je nach Schwerpunktbildung während des Unterrichtsverlaufs und je nach regionaler Gegebenheit und Situation (Möglichkeit zu Exkursionen, Jahreszeit, Besichtigung von Produktionsstätten) können darüber hinaus weitere Akzentuierungen vorgenommen werden, z.B.:

- Wirtschaftliche Interessen von verschiedenen Gruppen und deren Unterschiede (z.B.: Bauern: lohnender Anbau auf stillgelegten Flächen; Industrie: billige Rohstoffe, ...);
- alte und neue (politische) Abhängigkeiten (Dritte Welt als Anbaugebiet, Nahrungsmittelproduktion vs. technische Rohstoffproduktion);
- ökologische/umweltverträgliche Landwirtschaft vs. technisierte/industrialisierte Landwirtschaft (Einsatz von für Nahrungsmittel verbotenen Insektiziden, Monokulturen usw.);
- Begrenztheit der (nachwachsenden) Ressourcen vs. Unbegrenztheit der Nachfrage und Ansprüche;
- „natürliche“ Herkunft als Verkaufsargument;
- Natur und Gesundheit (spezifische Belastungen/Rückstände, Allergien);
- bilanzierender Vergleich von synthetischen Produkten und ähnlichen Waren aus nWR.

Wie eine solche gesamtheitliche Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen im Ergebnis aussehen kann, ist im folgenden näher ausgeführt<sup>3</sup>; die Aussagen beziehen sich auf den Bereich von Löse- und Bindemittel bzw. die Herstellung von Waschmitteln auf Basis von Zuckertensiden:

| Bereich                          | Vorteile von nachw. Rohstoffen  | Nachteile von nachw. Rohstoffen  |
|----------------------------------|---|--|
| <b>Wirtschaft</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– geringere Preissteigerung als bei fossilen Rohstoffen</li> <li>– nachhaltige Produktion möglich;</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausbeutung von Drittweltländern als billige Rohstofflieferanten;</li> <li>– mengenmäßig begrenzte Produktion;</li> </ul>  |
| <b>Landwirtschaft</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Alternative zur Überschussproduktion;</li> <li>– Wiedereingliederung älterer Kulturpflanzen, Anreicherung des Fruchtwechsels;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion;</li> <li>– Anwendung von Methoden chemischer Intensivbewirtschaftung,</li> <li>– Ausnahmeregelungen für Pflanzenschutzmittel;</li> </ul> |
| <b>Umwelt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– keine Netto-CO<sub>2</sub>-Emission</li> <li>– gute Verträglichkeit bei Anwendung;</li> <li>– gute Abbaubarkeit nach Anwendung;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umweltrisiken im Erzeugerland;</li> <li>– fehlender Anreiz zur Verminderung des Stoffeinsatzes;</li> </ul>  |
| <b>Herstellung des Produktes</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– kaum Nebenprodukte;</li> <li>– geringe Sicherheitsrisiken;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– hoher Forschungsaufwand;</li> <li>– schwankende Qualität und Menge;</li> </ul>  |

Der sehr weiten Spanne aktueller und potentieller Widersprüche bzw. Interessenkonflikte steht die Schwierigkeit gegenüber, daß Waschmittel, Löse- und Bindemittel zwar im Erfahrungsbereich der Schülerinnen und Schüler liegen, nicht aber unbedingt der engeren Interessensphäre zuzurechnen sind. Auch sind die Handlungsmöglichkeiten in dieser Hinsicht deutlich beschränkt und eine vorzugsweise kognitive Bearbeitung notwendig. Um auf die möglichen wichtigen Erfahrungen und Einsichten nicht verzichten zu müssen, wird die Durchführung eines Rollenspiels vorgeschlagen, zu dessen Gestaltung die Schülerinnen und Schüler je nach den Möglichkeiten der Lerngruppe auch selbst beitragen können.

<sup>3</sup>Nach: **Bauer, F. et al.:** Industriepflanzenanbau – Nachwachsende Rohstoffe. Ein Vorschlag zur Behandlung des Themas „Pflanzenöle im Chemieunterricht der Hauptschule“. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie (38) 1989. S. 19 ff

Für die bzw. den Unterrichtende(n) entsteht wegen des fächerübergreifenden Charakters der Thematik die Notwendigkeit, sich auf die eine oder andere Weise mit den verschiedenen (Fach-)Aspekten vertraut zu machen. Aus pragmatischen Gründen der Zuordnung liegt der Schwerpunkt der nachfolgend angeregten Unterrichtssequenz im Bereich der Chemie, die Weiterungen erstrecken sich auf die Gebiete der Biologie/Ökologie und der Gesellschaftswissenschaften; je nach eigenem Interesse und schulischen Gegebenheiten könnte auch eine andere Schwerpunktsetzung erfolgen. In jedem Fall sollte sich die bzw. der Unterrichtende die Unterstützung der betreffenden Fachkollegen versichern, wenigstens insoweit, daß im Material nicht angesprochene Fragen bei Bedarf geklärt werden können.

Zur Konkretisierung der „Nachwachsenden Rohstoffe“ bieten sich eine ganze Reihe von Produktfeldern an, die aber weder parallel noch nacheinander in Gänze bearbeitet werden können und sollten. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien die wichtigsten genannt:

- Tenside (Seifen und Waschmittel aus Fetten bzw. Fettsäuren, von Kernseife bis „Plantaren“ auf Palmölbasis);
- Lösungsmittel und Bindemittel für Anstriche (z.B. Terpene aus Orangenschalen, Harze und Wachse aus Nadelhölzern, Pflanzenöle wie Lein- oder Rapsöl);
- Farbstoffe (aus verschiedenen Pflanzenteilen bzw. tierischer Herkunft);
- Fasermaterialien (Wolle, Baumwolle, Seide, Cellulosederivate);
- Cremes (z.B. auf Basis tierischer Fette);
- Wirkstoffe (aus den verschiedensten Heilkräutern).

Da eine erschöpfende Behandlung bzw. Bearbeitung des Themas nicht möglich ist, wird hier vorgeschlagen, im Unterricht während der Startphase Beispiele aus allen Bereichen anzusprechen und dann zu einem einheitlichen Teilbereich überzugehen. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, daß sich das Gebiet „Verpackungsmaterialien“ dazu besonders eignet. Es überschneidet sich einerseits mit der jugendlichen Lebenswelt, bietet andererseits in großem Umfang Erfahrungs- und Handlungsmöglichkeiten und besitzt zudem große gesellschaftliche Relevanz – ökonomisch wie ökologisch.

### *Ziele der Reihe*

Die Schülerinnen und Schüler sollen

- die Eingebundenheit der Produktion auf Basis von organisch-chemischen Rohstoffen in den globalen Kohlenstoff-Kohlenstoffdioxid-Kreislauf verstehen lernen;
- die prinzipielle Bedeutung einer solchen Produktion für Treibhauseffekt und Weltklima einschätzen lernen sowie zu einer differenzierten Betrachtung des Konzeptes von nachwachsenden Rohstoffen befähigt werden;
- an konkreten stofflichen Beispielen erfahren, was unter nachwachsenden Rohstoffen zu verstehen ist und zu welchen Produkten sie verarbeitet werden;
- die chemische Grundstruktur von pflanzlichen Rohstoffen am Beispiel Stärke, Zucker und Cellulose erarbeiten;
- wichtige pflanzliche (und tierische) Lieferanten für nachwachsende Rohstoffe und ihre Lebensbedingungen kennenlernen;
- die Verarbeitung von nachwachsenden Rohstoffen als schonende Veränderung von stark strukturierten Stoffen erkennen.

Angesichts der Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung ist besonders der erstgenannte Aspekt (neben einem grundlegenden Verständnis der stofflichen Gegebenheiten) von besonderer Wichtigkeit, weil er zu einer politischen Mündigkeit beiträgt, die sowohl für individuelle (z.B. Kauf-) Entscheidungen bedeutsam ist wie auch für eine Teilhabe an den gesellschaftlichen Entscheidungsprozessen.

Je nach Schwerpunktbildung während des Unterrichtsverlaufs und je nach regionaler Gegebenheit und Situation (Möglichkeit zu Exkursionen, Jahreszeit, Besichtigung von Produktionsstätten) können darüber hinaus weitere Akzentuierungen vorgenommen werden, z.B.:

- Wirtschaftliche Interessen von verschiedenen Gruppen und deren Unterschiede (z.B.: Bauern: lohnender Anbau auf stillgelegten Flächen; Industrie: billige Rohstoffe, ...);
- alte und neue (politische) Abhängigkeiten (Dritte Welt als Anbaugebiet, Nahrungsmittelproduktion vs. technische Rohstoffproduktion);
- ökologische/umweltverträgliche Landwirtschaft vs. technisierte/industrialisierte Landwirtschaft (Einsatz von für Nahrungsmittel verbotenen Insektiziden, Monokulturen usw.);
- Begrenztheit der (nachwachsenden) Ressourcen vs. Unbegrenztheit der Nachfrage und Ansprüche;
- „natürliche“ Herkunft als Verkaufsargument;
- Natur und Gesundheit (spezifische Belastungen/Rückstände, Allergien);
- bilanzierender Vergleich von synthetischen Produkten und ähnlichen Waren aus nWR.

Wie eine solche gesamtheitliche Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen im Ergebnis aussehen kann, ist im folgenden näher ausgeführt<sup>3</sup>; die Aussagen beziehen sich auf den Bereich von Löse- und Bindemittel bzw. die Herstellung von Waschmitteln auf Basis von Zuckertensiden:

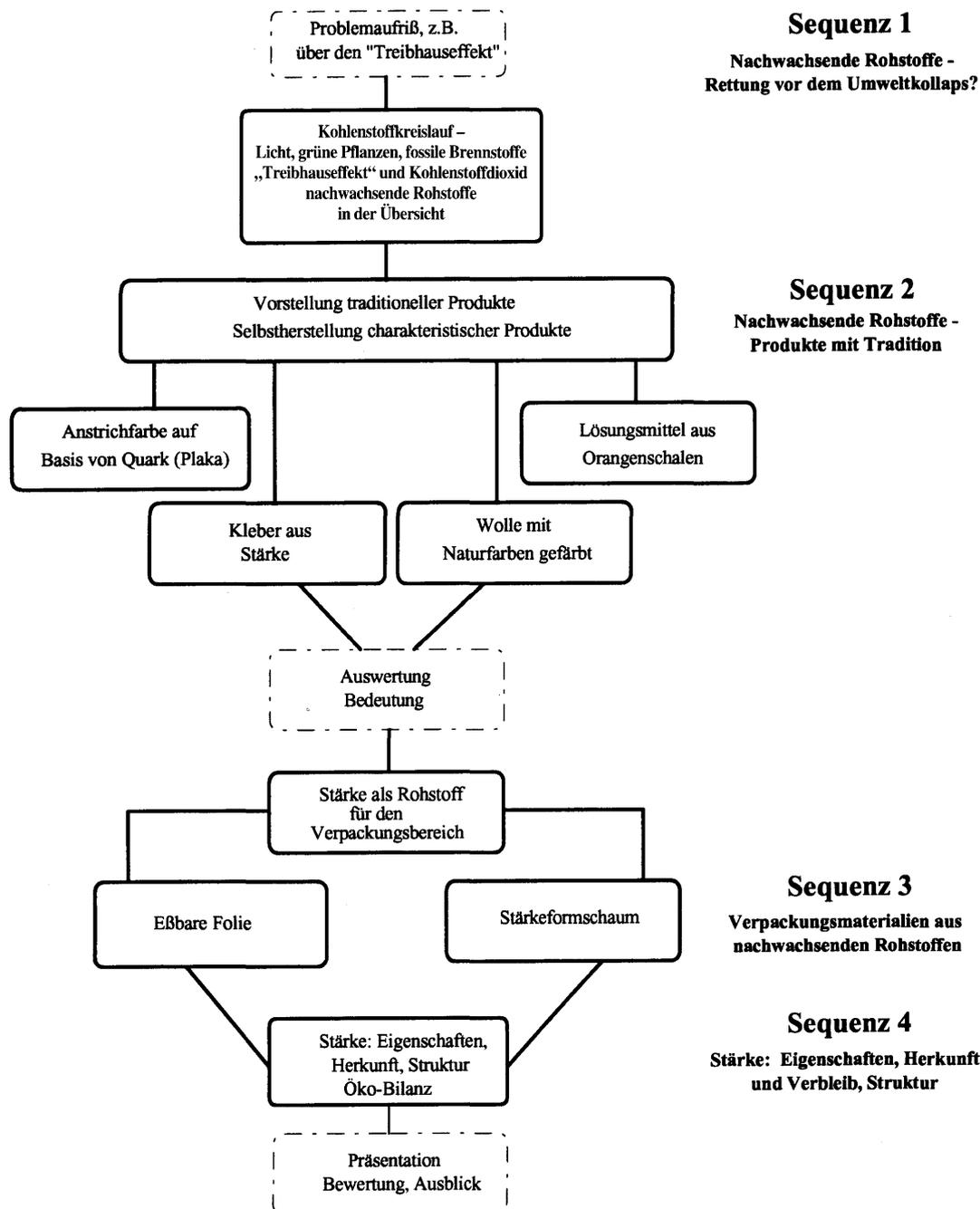
| Bereich                          | Vorteile von nachw. Rohstoffen  | Nachteile von nachw. Rohstoffen  |
|----------------------------------|---|--|
| <b>Wirtschaft</b>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– geringere Preissteigerung als bei fossilen Rohstoffen</li> <li>– nachhaltige Produktion möglich;</li> </ul>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausbeutung von Drittweltländern als billige Rohstofflieferanten;</li> <li>– mengenmäßig begrenzte Produktion;</li> </ul>  |
| <b>Landwirtschaft</b>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Alternative zur Überschussproduktion;</li> <li>– Wiedereingliederung älterer Kulturpflanzen, Anreicherung des Fruchtwechsels;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion;</li> <li>– Anwendung von Methoden chemischer Intensivbewirtschaftung,</li> <li>– Ausnahmeregelungen für Pflanzenschutzmittel;</li> </ul> |
| <b>Umwelt</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– keine Netto-CO<sub>2</sub>-Emission</li> <li>– gute Verträglichkeit bei Anwendung;</li> <li>– gute Abbaubarkeit nach Anwendung;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umweltrisiken im Erzeugerland;</li> <li>– fehlender Anreiz zur Verminderung des Stoffeinsatzes;</li> </ul>  |
| <b>Herstellung des Produktes</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– kaum Nebenprodukte;</li> <li>– geringe Sicherheitsrisiken;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– hoher Forschungsaufwand;</li> <li>– schwankende Qualität und Menge;</li> </ul>  |

Der sehr weiten Spanne aktueller und potentieller Widersprüche bzw. Interessenkonflikte steht die Schwierigkeit gegenüber, daß Waschmittel, Löse- und Bindemittel zwar im Erfahrungsbereich der Schülerinnen und Schüler liegen, nicht aber unbedingt der engeren Interessensphäre zuzurechnen sind. Auch sind die Handlungsmöglichkeiten in dieser Hinsicht deutlich beschränkt und eine vorzugsweise kognitive Bearbeitung notwendig. Um auf die möglichen wichtigen Erfahrungen und Einsichten nicht verzichten zu müssen, wird die Durchführung eines Rollenspiels vorgeschlagen, zu dessen Gestaltung die Schülerinnen und Schüler je nach den Möglichkeiten der Lerngruppe auch selbst beitragen können.

<sup>3</sup>Nach: **Bauer, F. et al.:** Industriepflanzenanbau – Nachwachsende Rohstoffe. Ein Vorschlag zur Behandlung des Themas „Pflanzenöle im Chemieunterricht der Hauptschule“. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie (38) 1989. S. 19 ff

Die Auseinandersetzung mit den nachwachsenden Rohstoffe und den damit verbundenen Chancen dient darüberhinaus einem weiteren Ziel: Sie kann Perspektiven und Lösungsansätze als realistische Alternativen zur gegenwärtigen Entwicklung und ihrer oft negativ besetzten Bewertung aufzeigen. Die Arbeit im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe grenzt sich damit ab von einer Katastrophendidaktik, die nur rat- und lustlose Schülerinnen und Schüler und Kolleginnen und Kollegen produziert, denen wegen vermeintlich auswegloser Situationen keine Motivation mehr bleibt zum Lernen und Lehren.

### Organigramm



## Sequenzen 1-4

### *Fachwissenschaftliche, didaktische und methodische Überlegungen zum Organigramm*

Das Thema „Nachwachsende Rohstoffe“ gliedert sich in vier Sequenzen, die im folgenden näher beschrieben sind. Abhängig von der unterrichteten Jahrgangsstufe, Vorkenntnissen der Schülerinnen und Schüler sowie von zur Verfügung stehenden Zeit, sind auch andere Abfolgen möglich. Die Sequenz 2 mit ihrer Aspektvielfalt zeigt, daß die Wahl des Verpackungsbereichs nicht notwendig so getroffen werden muß: Alternativ könnte auch jeder andere Stoff- bzw. Produktbereich im Zentrum der Sequenz 3 stehen (mit entsprechender Abwandlung der Sequenz 4, etwa mit der Verlagerung von der Stärke zu pflanzlichen Fetten für den Fall, daß zuvor der Bereich der Seifen und technischen Tenside gewählt worden wäre).

Die *Schwerpunktsetzung auf „Verpackung“ und „Stärke“* bietet jedoch gegenüber anderen Möglichkeiten einige Vorteile. Verpackung berührt sowohl den individuellen Alltag wie die politisch-gesellschaftliche Sphäre. Produkte und Stoffe sind gut verfügbar und lassen sich chemisch leichter charakterisieren als andere. Der rasche Wandel in diesem Bereich zeigt sowohl die prinzipielle Veränderbarkeit wie auch die Einflußmöglichkeiten auf seiten der Verbraucher. Als primäres Produkt der Photosynthese ist Stärke besonders geeignet, die Stellung von nWR in der Biosphäre bzw. im Kohlenstoff-Kohlenstoffdioxid-Kreislauf zu verdeutlichen. Wegen der hier einfach nachvollziehbaren Lebenslinien vom Rohstoff und dessen Erzeugungsbedingungen bis zur Entsorgung der Reste nach dem Gebrauch kann daran auch verdeutlicht werden, daß ein Produkt nur dann unter ökologischen Gesichtspunkten eingeschätzt werden kann, wenn man seinen gesamten Lebenszyklus in die Betrachtungen einschließt.

Verpackung und Stärke erschließen zudem einen Zugang zur Problematik der Nahrungsmittelkonkurrenz und zur Frage nach der ethischen Vertretbarkeit der Herstellung von Wegwerfprodukten bei gleichzeitig herrschender Unterernährung in vielen Teilen der Welt.

Die **Sequenz 1 „Nachwachsende Rohstoffe – Rettung vor dem Umweltkollaps?“** soll eine Einordnung von nWR in die aktuelle Diskussion der Umweltproblematik ermöglichen. Dabei soll zweierlei deutlich werden:

1. Nachwachsende Rohstoffe sind ein Element im Kohlenstoff-Kohlenstoffdioxid-Kreislauf der Erde. Mittelfristig können Produkte und Herstellungsprozesse umgestellt werden von Erdöl auf die Basis von nachwachsenden Rohstoffen. Als langfristiges Konzept bedeutet die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen, mit dem zu leben, was von der Sonne kommt.
2. Durch den Vergleich dieses Bereichs der Produktion mit dem Bereich der „sonstigen“ Nutzung von Biomasse und ihren erdgeschichtlich stillgelegten „Verwandten“ Kohle, Erdöl und Erdgas wird deutlich, daß nachwachsende Rohstoffe nur einen geringen Anteil leisten können zur Lösung des Problemkreises „Treibhauseffekt/Klimaveränderung“.

Die für diese Sequenz vorbereiteten Materialien dienen daher zur Klärung und Abgrenzung der verwendeten Begriffe, der Verdeutlichung des Umfangs, in dem Kohlenstoff und Kohlenstoffverbindungen durch natürliche Prozesse und menschliche Aktivitäten umgesetzt werden, sowie der Rekapitulation der Phänomene „Photosynthese“, „offene und stille Verbrennung“ auf einer *handlungsorientierten Ebene*. Weiterhin soll ein grobes Bild des Kohlenstoff-Kohlenstoffdioxid-Kreislaufs entwickelt werden, mit dem Vergleiche angestellt werden können zwischen verschiedenen Konzepten der Produktion. Schließlich soll (bei Bedarf) der Treibhauseffekt experimentell verdeutlicht werden, um auch hier einen nachvollziehbaren Zusammenhang zwischen Produktion und Energieverbrauch, Kohlenstoffdioxid und möglichen Folgen für das Klima herzustellen.

Die **Sequenz 2 „Nachwachsende Rohstoffe – Produkte mit Tradition“** stellt einen stark handlungsorientierten Einstieg in die stoffliche Seite der Produktion auf Basis von Naturstoffen dar. Die Herstellungsversuche und die Größe der Ansätze sind so gewählt, daß sowohl das Interesse an der weiteren Aufklärung der offenen Fragen geweckt wird als auch Bezüge zum Alltag hergestellt werden.

In der **Sequenz 3 „Verpackungsmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen“** werden beispielhaft Produkte hergestellt, die ähnlich bereits zur Verpackung von Lebensmitteln und Konsumgütern benutzt werden. Dabei werden erste Erfahrungen mit der Stärke und ihren Eigenschaften gemacht, die schließlich in **Sequenz 4 „Stärke: Eigenschaften, Herkunft und Verbleib, Struktur“** systematisch aufgearbeitet werden.

Während in den ersten drei Sequenzen insbesondere Bezüge zu ökonomischen und ökologischen Aspekten hergestellt werden, hat diese Sequenz ihren Schwerpunkt in den Bereichen Biologie und Chemie. Dabei soll einerseits die Stärkebildung durch die Photosynthese wiederholt bzw. im Zusammenhang erarbeitet werden, zum anderen sollen einfache Modelle für die Stärke eingeführt und experimentell belegt werden.

Im Zentrum steht dabei nicht die exakte chemische Struktur von Stärke, sondern die Verwandtschaft zu Zucker und Cellulose und deren *Stellung im Kohlenstoff-Kreislauf*.

Zum Abschluß bietet sich eine *Dokumentation der Arbeitsergebnisse* für die (Schul-)Öffentlichkeit an. Die Produkte selbst machen einen so überzeugenden bzw. verblüffenden Eindruck, daß sie, ergänzt durch Wandtafeln mit den wichtigsten Informationen, das Kernstück einer Ausstellung abgeben könnten.

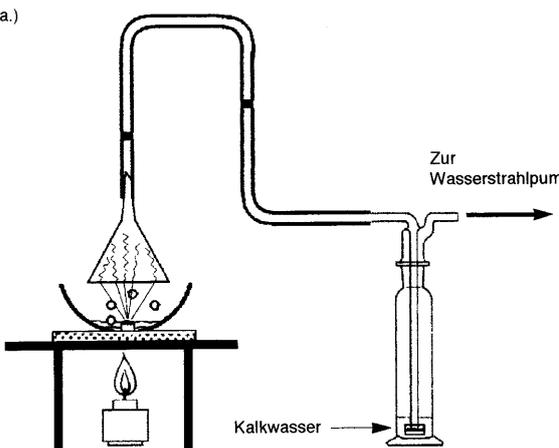
## E 1 Was Erdöl, Kohle und Biomasse verbindet – Nachweis der Verbrennungsprodukte Kohlenstoffdioxid und Wasser

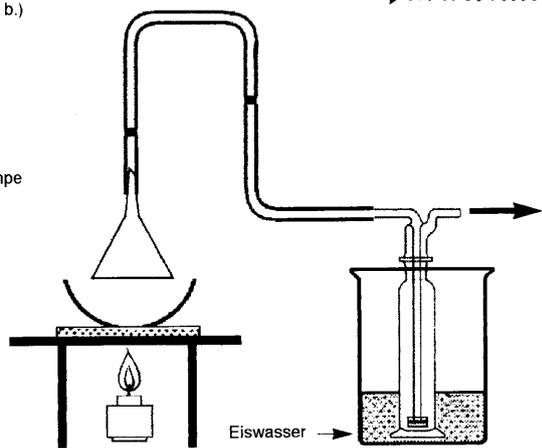
III/A1

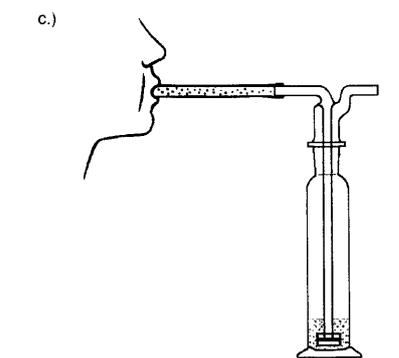
|                                    |         |  |                             |
|------------------------------------|---------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 10 min. | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 10 min. |  |                             |

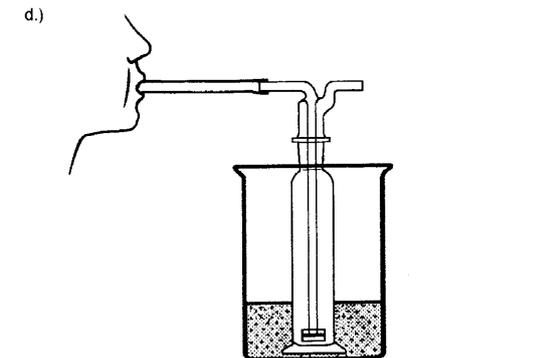
| Chemikalien   | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte   |
|---|-----------------|------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Eis/Eiswasser</li> <li>– Kalkwasser</li> <li>– wasserfreies Kupfer(II)sulfat</li> <li>– verd. Salzsäure</li> <li>– Brennstoffe wie Kohle, Holz, Erdgas, Feuerzeugbenzin</li> <li>– Popcorn, Zucker</li> <li>– Pflanzenöl etc.</li> </ul> |                 |            | Porzellanschale, Dreifuß mit Drahtnetz, Bunsenbrenner, Glastrichter, zwei Schläuche, zwei Stative, zwei Muffen, zwei Stativklammern, Reagenzglas mit seitlichem Ausgang, Glasrohr, Stopfen mit Bohrung, Becherglas (für Eiswasser), Waschflasche (für Kalkwasser); Wasserstrahlpumpe, Spatel |

**Versuchsaufbau:** **Schutzbrille!**

a.) 

b.) 

c.) 

d.) 

**Versuchsdurchführung:**

Gib das zu untersuchende Material in geringer Menge in eine Porzellanschale, die Du auf einen Dreifuß mit Drahtnetz gestellt hast. Fülle die Waschflasche mit so viel Kalkwasser, daß das innere Glasrohr etwa 1 cm eintaucht. Verbinde den Stutzen dieses Glasrohrs mit Gummischlauch und Glastrichter. Sichere Glastrichter und Waschflasche mit dem Stativmaterial. Den zweiten Anschluß der Waschflasche verbindest Du mit dem Stutzen der Wasserstrahlpumpe. Stelle Eiswasser im Becherglas her, verschließe das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz mit einem Stopfen und durchgestecktem Glasrohr und stelle es in das Kühlbad. Befestige das Glas so an einem Stativ, daß der seitliche Stutzen leicht mit der Wasserstrahlpumpe verbunden werden kann. Entzünde die Probe vorsichtig; eventuell (je nach untersuchtem Material) mußt Du die Porzellanschale mit dem Brenner von unten erhitzen, bis die Entzündungstemperatur erreicht ist.

*1. Beginn des Versuchs:*

- a. Wenn die Probe brennt, bringst Du die Öffnung des Trichters über die Flamme; drehe das Wasser für die Wasserstrahlpumpe an und sauge die Verbrennungsgase durch das Kalkwasser.
- b. Ersetze die Waschflasche durch das Reagenzglas mit seitlichem Ansatz und sauge jetzt die Verbrennungsgase durch das gekühlte Glas.

*2. Fortsetzung des Versuchs:*

- c. Entleere die Waschflasche und fülle neues Kalkwasser ein. Atme ein und blase die ausgeatmete Luft durch die Waschflasche.
- d. Trockne das Reagenzglas aus und wiederhole den Versuch b. in der Weise, daß Du Atemluft durch das gekühlte Reagenzglas bläst.

Untersuche das Reaktionsprodukt in der Waschflasche, indem Du etwas verdünnte Salzsäure zugibst!

Untersuche das Reaktionsprodukt im Reagenzglas, indem Du mit dem Spatel einige Körnchen wasserfreies Kupfer(II)sulfat zugibst.

**Beobachtung:**

- a.
- b.
- c.
- d.

**Erklärung:** ins Heft

## Erläuterung (E 1)

Hinweise zur Versuchsdurchführung

- *Verbrennen von Kohle*: Bis Kohle ihre Zündtemperatur erreicht, muß sie kräftig erhitzt werden. Um die Verteilung von Wärme zu vermeiden und das Kohlestück besser zu erreichen, kann es direkt auf das Drahtnetz gelegt und von unten mit dem Brenner erhitzt werden. Vor Untersuchung der Verbrennungsgase Brenner zur Seite stellen. Geeignete Materialien: Holzkohle, Steinkohle, Brikettstückchen; ebenso: Holz.
- *Verbrennen von Erdgas*: Hier kann die Brennerflamme direkt untersucht werden. Wenn vorhanden, Sparflamme benutzen. Alternativ kann auch die Flamme eines Gasfeuerzeugs untersucht werden.
- *Verbrennen von Feuerzeugbenzin*: Vorsicht beim Entzünden! Vorratsgefäß vor Entzünden in Sicherheit bringen. Es sollten erst sehr kleine Mengen in ihrem Brennverhalten untersucht werden. Porzellanschale vor erneutem Versuch abkühlen lassen (oder austauschen).
- *Verbrennen von Popcorn*: Popcorn brennt gut. Es färbt sich beim Verbrennen schwarz und schrumpft zusammen.
- *Verbrennen von Zucker*: Als „Docht“ zur Katalyse der Verbrennung etwas (Zigaretten-)Asche auf einen Zuckerwürfel aufstreuen.
- *Verbrennen von Pflanzenöl*: – **Nur als Lehrerversuch!** – Es ist darauf zu achten, daß die Porzellanschale vor dem Einfüllen absolut trocken ist. Fett/Öl bis zum Rauchen erhitzen und von oben mit Brennerflamme entzünden. Gefahr des Verspritzens, brennendes Öl verursacht schwerste Verbrennungen!

Unter „Beobachtung“ und als „Erklärung“ sollte sinngemäß notiert werden

Das Kalkwasser wird durch Bildung von Calciumcarbonat milchigtrüb. Der Niederschlag kann durch Ansäuern wieder aufgelöst werden.

Am Boden und an der Wand des Reagenzglases, das in das Eiswasser getaucht ist, kondensiert Wasser. Der Nachweis erfolgt durch wasserfreies Kupfer(II)sulfat (Blaufärbung durch Bildung des kristallwasserhaltigen Kupfer(II)sulfats). Die untersuchten Proben verbrennen unter Bildung von Kohlenstoffdioxid und Wasser.

Auch beim Ausatmen wird Kohlenstoffdioxid und Wasser freigesetzt (Körper als „stille Verbrennungsmaschine“, Kohlenstoffverbindungen als Brennstoff/Vergleich mit Verbrennungsmotor).

Allgemeine Hinweise

Im auswertenden Unterrichtsgespräch muß herausgearbeitet werden, daß Kohle, Erdöl, Erdgas und die Pflanzenprodukte Holz, Zucker, Popcorn und pflanzliches Öl die gleiche Herkunft haben: Sie sind Biomasse, von Pflanzen produziert durch Einwirkung bzw. Nutzung des Lichts von der Sonne. Im Falle der fossilen Stoffe wurden diese vor Jahrtausenden „stillgelegt“ und werden jetzt im größtem Umfang gefördert und verbrannt. Die genannten Stoffe sind darüber hinaus auch Rohstoffe für die Herstellung von (chemischen) Produkten:

**Aus fossilen Rohstoffen  
(stillgelegte Biomasse):**

z.B. Erdöl ⇒ PVC-Bodenbeläge  
z.B. Erdöl ⇒ „Plastiktüten“  
z.B. Erdöl ⇒ synthetische Waschmittel  
z.B. Erdöl ⇒ Benzin und Diesel

**aus Biomasse:**

Öllein ⇒ Linoleum  
Mais ⇒ Stärke ⇒ Kunststofftüten auf Stärkebasis  
pflanzliche oder tierische Fette ⇒ Seifen  
Rapsöl ⇒ Dieseleratz

## E 2 Kohlenstoffdioxidfixierung durch Pflanzen – pH-Wert-Änderung durch Photosynthese bei Wasserpflanzen

|                                    |                |  |                             |
|------------------------------------|----------------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 20 min.        | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 1 Tag; 20 min. |  |                             |

| Chemikalien  | Gefahren-<br>symbole | Entsorgung | Geräte   |
|--|----------------------|------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bromthymolblau-Lösung</li> <li>– drei Sprosse Wasserpest</li> <li>– Kalkwasser</li> </ul> |                      |            | sechs Erlenmeyerkolben (50 cm <sup>3</sup> ) mit Stopfen, alternativ: Reagenzglasgestell mit sechs Reagenzgläsern und Stopfen, drei Kaffeedosen o.ä. zum Abdunkeln, Glasrohr |

### Versuchsdurchführung:

#### 1. Vorbereitung:

Fülle sechs Erlenmeyerkolben mit jeweils 50 cm<sup>3</sup> Wasser und gib jeweils einige Tropfen Bromthymolblau-Lösung dazu; der Inhalt der Kolben ist jetzt blau gefärbt. In drei der Kolben bläst Du mit einem Glasrohr so lange Atemluft ein, bis die Farbe des Indikators von Blau nach Gelb umschlägt. Jetzt kannst Du sicher sein, daß in den betreffenden Kolben Kohlenstoffdioxid im Wasser gelöst ist.

In zwei der so behandelten Kolben und einen Kolben ohne gelöstes Kohlenstoffdioxid gibst Du einen Sproß Wasserpest. Verschließe alle Kolben und stelle drei davon ins Licht und zum Vergleich drei gleich bestückte ins Dunkle (bzw. stülpe eine leere Kaffeedose darüber).

Lege eine Tabelle an, in die Du die Behandlung der Kolben und nach der Wartezeit die Ergebnisse einträgst.

**Tab. 1:** Muster-Tabelle zu den sechs Versuchsansätzen:

| Erlenmeyerkolben Nr.                               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|---|---|---|---|---|---|
| <b>50 cm<sup>3</sup> Wasser<br/>Bromthymolblau</b> | + | + | + | + | + | + |
| <b>Atemluft eingeblasen</b>                        | + | + | – | + | – | – |
| <b>Wasserpest hineingelegt</b>                     | + | – | – | + | + | – |
| <b>Farbe der Lösung</b>                            |   |   |   |   |   |   |
| <b>Licht</b>                                       | + | + | + | – | – | – |
| <b>Beobachtung nach ein<br/>bis zwei Tagen:</b>    |   |   |   |   |   |   |
| <b>Der Indikator ist ...</b>                       |   |   |   |   |   |   |

## M 3

III/A1

## Kohlenstoffdioxid, Treibhauseffekt und nachwachsende Rohstoffe

### Der „Treibhauseffekt“

Der natürliche Treibhauseffekt, ohne den das Leben auf der Erde kaum vorstellbar wäre, beruht darauf, daß die Atmosphäre von außen auftreffende Sonnenstrahlen zu 75 % passieren läßt (das sind pro  $\text{cm}^2$  und Jahr 192 kJ von 256 kJ) und nur 25 % in den Weltraum reflektiert.

Die Strahlen, die die Atmosphäre durchdrungen haben, werden wiederum zu etwa 77 % von der Erde absorbiert. Die erwärmte Erdoberfläche wirkt selbst als Strahler und gibt einen Teil der aufgenommenen Energie als Infrarotstrahlung (Wärmestrahlen) wieder ab. Diese wird zum Teil in der Atmosphäre absorbiert und damit eine Auskühlung verhindert. Für diese Absorption sind die sogenannten treibhausaktiven Gasen zuständig. Dazu gehören praktisch alle Gase, deren Moleküle aus mehr als zwei Atomen aufgebaut sind, also Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Stickstoffoxide (insbesondere Distickstoffoxid), Ozon, die Fluor-Chlor-Kohlen-wasserstoffe (FCKW) als synthetische Gase sowie Kohlenwasserstoffe (insbesondere Methan). Während FCKW in besonders hohem Maße treibhausaktiv sind, spielen quantitativ der Wasserdampf und das Kohlenstoffdioxid die gewichtigste Rolle.

Während der natürliche Treibhauseffekt der Erdatmosphäre dafür sorgt, daß überhaupt Leben auf der Erde möglich ist (ohne diesen Effekt wären die Durchschnittstemperaturen weit unter  $0^\circ\text{C}$ ), tragen die immer noch zunehmenden Emissionen von Kohlenstoffdioxid zu einer deutlichen Verstärkung (zusätzlicher Treibhauseffekt) bei, dessen Folgen noch nicht ganz abzusehen sind.

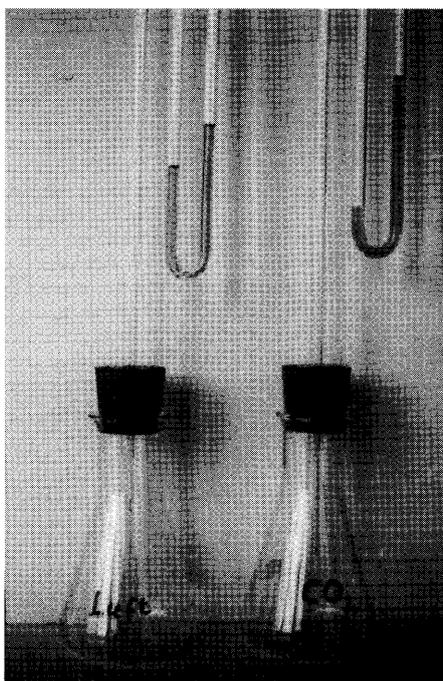
### E 3 Treibhauswirkung durch Kohlenstoffdioxid – Vergleich von Luft und Kohlenstoffdioxid hinsichtlich ihrer Treibhauswirkung<sup>1</sup>

|                                    |         |                             |  |
|------------------------------------|---------|-----------------------------|--|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 10 min. | <input type="checkbox"/> SV | <input checked="" type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 2 min.  |                             |  |

| Chemikalien  | Gefahren-<br>symbole | Entsorgung | Geräte  |
|--|----------------------|------------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kohlenstoffdioxid (z.B. aus Druckgasflasche oder CO<sub>2</sub>-Patrone eines Siphon)</li> <li>– dünnflüssiges Paraffinöl für Manometerröhrchen</li> <li>– Farbstoff zum Anfärben der Manometerflüssigkeit</li> </ul> |                      |            | zwei Erlenmeyerkolben, zwei durchbohrte Stopfen, zwei Manometerröhrchen, evtl. Stativmaterial, Rotlichtstrahler |

#### Versuchsaufbau:

*Schutzbrille!*



<sup>1</sup> Nach: **Stäudel, L.:** Lufthülle aus dem Gleichgewicht. In: WWF (Hrsg.): WWF-Ozon Kampagne. Bremen 1993. S. 49

**Versuchsdurchführung:**

Zwei gleichgroße Erlenmeyerkolben werden standsicher aufgebaut. Die Manometerröhrchen werden mit Paraffin gängig gemacht und vorsichtig in die Bohrungen der Stopfen gesteckt. In die Röhrchen füllt man die angefärbte Sperrflüssigkeit. Einer der beiden Kolben wird mit Kohlenstoffdioxid gefüllt und dann beide Kolben mit Stopfen und Manometer verschlossen.

Die Kolben werden nebeneinander auf einen Tisch gestellt. Nachdem die Manometer zur Ruhe gekommen sind (Temperatenausgleich), wird der Flüssigkeitsstand markiert.

Beide Kolben werden aus gleicher Entfernung symmetrisch mit einer Rotlicht-Lampe bestrahlt.

**Beobachtung:** ins Heft

**Erklärung:** ins Heft

**Erläuterung (E 3)**

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Als Flüssigkeit für das Manometerröhrchen kommen neben Paraffin auch Glycerin oder Wasser (angefärbt mit Tinte) in Frage. Als Farbstoff kann z.B. ein flüssiger Indikator eingesetzt werden. Beim Einsetzen der Röhrchen in die Stopfen und beim Aufsetzen der Stopfen (mit dem Röhrchen) auf Verletzungsgefahr achten! Einen gleichen Stand der Flüssigkeiten erhält man, wenn der Stopfen ein zweites Loch mit einem Hahn besitzt, durch den der leichte Überdruck im Inneren ausgeglichen werden kann.

Trockenes Kohlenstoffdioxid erhält man am einfachsten aus einer Druckpatrone eines Siphons. Mit etwas Geschick kann auch Kohlenstoffdioxid aus einer Sprudelflasche verwendet werden. Da Kohlenstoffdioxid schwerer ist als Luft, kann es in das offene Gefäß „gegossen“ werden. Prinzipiell kann Kohlenstoffdioxid auch durch Reaktion von Kalk mit Salzsäure hergestellt werden, muß dann aber noch getrocknet werden.

Um Effekte von Wasserdampf auszuschalten, kann in den Vergleichskolben auch trockener Stickstoff (aus Gasbombe) eingefüllt werden.

*Häufige Fehlerquellen:* Stopfen schließen nicht dicht; Gase sind zu feucht; es wurde nicht abgewartet, bis sich Temperatenausgleich eingestellt hatte; es sind weitere Lichtquellen wirksam (Sonne).

*Ergänzender Hinweis:* Verglichen werden können auch andere treibhausaktive Gase. Besonders stark ist der Effekt bei FCKW-Gasen, die aber kaum noch verfügbar sind.

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden

Nach Einschalten der Lampe steigt die Flüssigkeit im Manometerrohr des Kolbens mit Kohlenstoffdioxid schneller als beim Kolben mit Luft.

Unter „Erklärung“ sollte notiert werden

Weil Kohlenstoffdioxid die rote Wärmestrahlung besser als Luft absorbiert und in Wärme umsetzen kann, erwärmt sich das Gas in diesem Kolben etwas schneller, wodurch sich die Flüssigkeit im Manometerröhrchen stärker ausdehnt als beim Kolben mit Luft. Beobachtet wird also ein indirekter Effekt: Die Ausdehnung von Gasen beim Erwärmen.

Weiterer Hinweis:

Theoretisches zum Treibhauseffekt entnehmen Sie bitte Teil I/L; Reihe 1.

## M 4

III/A1

## Nachwachsende Rohstoffe und der Treibhauseffekt

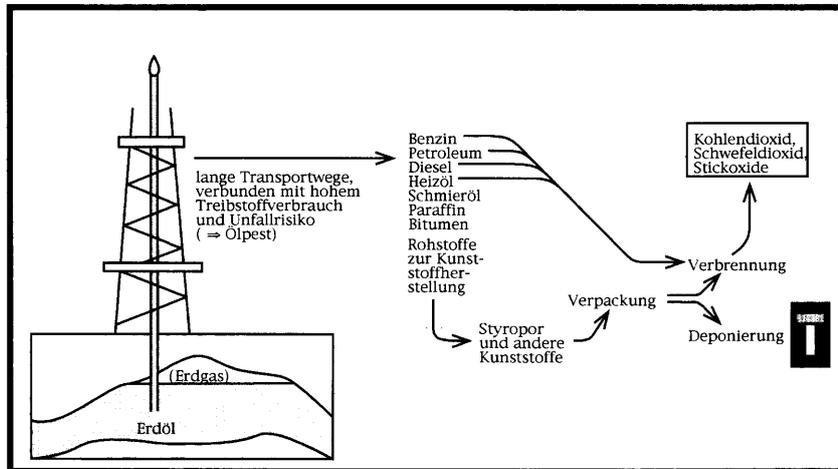


Abb. 1: Produzieren mit Erdöl

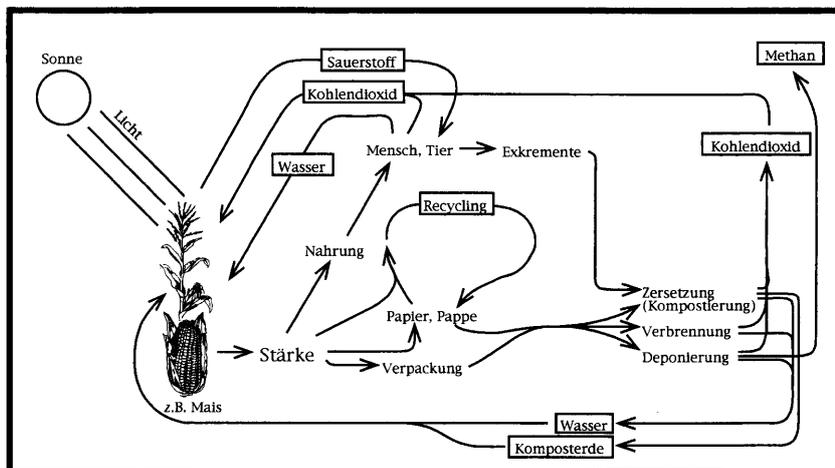


Abb. 2: Produzieren mit Biomasse

## Erläuterung (M 4)

Auf Basis der Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler sowie unter Bezugnahme auf die erarbeiteten Informationen zum Kohlenstoff-Kohlenstoffdioxid-Kreislauf (M 1) kann aus dem Vergleich zwischen

- der Produktion eines Kunststoffs auf Erdölbasis und
- der Produktion eines Verpackungsmaterials auf Stärkebasis

der spezifische Beitrag von nachwachsenden Rohstoffen für eine Entlastung der Kohlenstoffdioxid-Bilanz und des Treibhauseffekts herausgestellt werden (unter Berücksichtigung der sonstigen Kohlenstoff-Flüsse!). Die dazu angewandte Methode lehnt sich an das Verfahren der „Produktlinienanalyse“ an: Der Weg eines Stoffes von seiner Rohstoffbasis über Produktion und Nutzung bis hin zur Entsorgung wird verfolgt und möglichst genau beschrieben. Als Ergebnis könnten Schaubilder wie die Abbildungen 1 und 2 entstehen, die sich im Unterricht gemeinsam an der Tafel oder auf dem Tageslichtprojektor entwickeln lassen.

## M 5

## III/A1

## Nachwachsende Rohstoffe in der Übersicht

Tab. 1: Nachwachsende Rohstoffe in der Übersicht

| Rohstoffe                 | Herkunft  | Produkte  | Verwendung  |
|---------------------------|---|---|---|
| pflanzliche Öle und Fette | Ölfrüchte (Sonnenblumenkerne, Raps- und Leinsamen, Erd- und Kokosnüsse, Sojabohnen) | (Raps-)Öl<br>Glycerin<br>Fettsäuren<br>Fettsäureester<br>Fettsäureamide | Treibstoff, Schmieröl<br>Weichmacher<br>Tenside<br>Kosmetika<br>Kunststoffe   |
| Leinöl                    | Leinsamen   | Leinöl<br>Linoxyn   | Lacke<br>Linoleum   |
| tierische Fette           | Schlachtabfälle   | s. pflanzl. Öle u. Fette  | s. pflanzl. Öle u. Fette  |
| Kork                      | Borke der Korkeiche   | Kork  | Dämmmaterial, Linoleum, Stopfen für Flaschen                                  |
| Latex                     | Gummibaum   | Latex   | z.B. Autoreifen   |
| Casein                    | Kuhmilch  | Casein  | Leim, Linoleum, Bindemittel in Farben, Caseinwolle, Kunsthorn (Kämme, Knöpfe) |
| Schafwolle                | Schaf   | Wolle   | Textilien, Isoliermaterial für Bio-Hausbau                                    |
| Tierhaut                  | Rind, Schwein, Wild ...   | Leder   | Textilien, Schuhe, Taschen, ...   |
| Cellulose                 | Holz, Chinaschilf (Miscanthus)  | Cellulose,<br>Celluloseester<br>Regeneratcellulose                      | Papier<br>Klarsichtfolie,<br>Kunstfasern, Lacke                               |
|                           | Baumwollpflanze (Haare auf Samenschalen)  | Baumwolle   | Textilien, Watte  |
|                           | Stengel der Flachspflanze   | lange Fasern<br>kurze Fasern: Werg                                      | Textilien, Bremsbeläge<br>Dichtungen  |
|                           | Stengel der Cannabispflanze (Hanf)  | lange Fasern: Hanf<br>kurze Fasern: Werg                                | Säcke, Seile<br>Dichtungsmaterial   |
|                           | Blätter der Sisalagave und der Faserbanane<br>indische Lindengewächsorten (Stengel) | Jute (= Pathanf, Kalkuttahanf)  | Säcke, Seile, Papier,<br>Teppiche,<br>Linoleum                                |

Tab. 1: Fortsetzung: Nachwachsende Rohstoffe in der Übersicht

| Rohstoffe                               | Herkunft   | Produkte                            | Verwendung   |
|---|--|-------------------------------------|--|
| spezielle Polysaccharide                | Pflanzensamen                                      | Ester und andere Derivate           | Fällungs- und Flockungsmittel  |
| Mono- und Oligosaccharide               | z.B. Zuckerrohr, Zuckerrüben                       | vielseitig                          | Tenside, Kunststoffe   |
| Stärke, Zucker                          | Kartoffeln, Zuckerrüben, Weizen                    | Bioalkohol                          | Bioalkohol   |
| Stärke                                  | Kartoffeln, Mais, Weizen, Maniok, Reis, Markerbsen | natürliche und modifizierte Stärke  | Kleister, Papier, Textilien, Pharmazeutika, Kosmetika, Verpackungschips, Kunststoffe |
| Pflanzenharze<br>etherische Öle         | Holz<br>Zitrusfrüchte                              | Terpene und Derivate                | Lösungsmittel, Riech- und Aromastoffe  |
| Tallöl                                  | Holz   | Fettsäuren<br>Harzsäuren<br>Tenside | Tenside<br>Lacke<br>Kunststoffe  |
| pflanzliche,<br>tierische<br>Farbstoffe | Färberwaid,<br>Purpurschnecken,<br>Cochenillen     | Indigo<br>Purpur<br>Cochenillerot   | z.B. zum Einfärben von Textilien und Eiern   |

### Erläuterung (M 5)

*Definition:* Nachwachsende Rohstoffe sind Stoffe pflanzlicher oder tierischer Herkunft, die sich als Rohstoffe für die (industrielle) Produktion eignen. Häufig wird der Begriff auf pflanzliche Rohstoffe begrenzt.

## E 4

## Anstrichfarbe auf Basis von Quark

III/A1

|                                    |         |  |                             |
|------------------------------------|---------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 10 min. | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 15 min. |  |                             |

| Chemikalien  | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte   |
|--|-----------------|------------|--|
| – 250 g Quark<br>– geriebener Kalk<br>– Borax<br>– Farbpigmente in Pulverform (Siena, Umbra, Ultramarin, Kreide)<br>Leinöl |                 |            | Rührschüssel oder Kochtopf (mindestens zwei Liter), Kochlöffel, Löffel, leere Marmeladengläser |

**Versuchsdurchführung:**

Gib den Quark in die Rührschüssel und füge Borax und Kreide dazu. Rühre, bis sich eine gleichmäßige Creme („Caseincreme“) gebildet hat. Teile diesen Grundkörper auf mehrere leere Marmeladengläser auf. Du erhältst streichfertige Farben, wenn Du jeweils Farbpigmente in geringen Mengen untermührst.

- Mit weiterer Zugabe von Kreide bekommst du ein deckendes Weiß;
- Siena ergibt ein sattes Braun;
- Ultramarin ergibt ein kräftiges Blau.

Wenn Du Farben erhalten willst, die beständig auf dem Untergrund haften, fügst Du zur fertigen Caseinfarbe etwas Leinöl hinzu. Deine Farbe hat jetzt ganz ähnliche Eigenschaften wie käufliche Plakafarbe. Versuche mit den selbst hergestellten Farben auf Pappe oder Papier zu malen. Vergleiche Farben mit und ohne Leinölzusatz, indem Du Holzbrettchen anstreichst und in die Sonne stellst.

**Erläuterung (E 4)**

## Allgemeine Hinweise

Alternativ bietet sich die Quarkherstellung aus Milch an, die etwas mehr Zeit erfordert: Dauer der Vorbereitung: 10 min.; Dauer der Durchführung: Wartezeit mehrere Tage, Aufarbeitung: 20 min. Man verfährt folgendermaßen: Ein Liter Milch wird in eine Schüssel gegeben und mit etwas Lab (in der Drogerie erhältlich) versetzt. Beim mehrtägigen Stehenlassen setzt der „Käsungsprozess“ ein; die dünnflüssige Molke trennt sich vom Quark. Die überstehende Molke wird abgegossen und die restliche Masse auf ein Geschirrtuch aufgebracht. Die Enden werden zusammengekommen und der Quark über einer Schüssel so trocken wie möglich ausgepreßt. Der Quark kann dann zur Farbenherstellung weiterverwendet werden (wie oben).

## E 5 Lösungsmittel aus Orangenschalen

|                                    |         |  |                             |
|------------------------------------|---------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 10 min. | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 15 min. |  |                             |

| Chemikalien  | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte  |
|--|-----------------|------------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Orangenschalen (ggf. Mandarinen-, Zitronenschalen)</li> <li>- Wasser, kaltes Wasser zum Kühlen der Vorlage</li> </ul> |                 |            | großes Reagenzglas, durchbohrter Stopfen, gewinkeltes Glasrohr, Becherglas (250 cm <sup>3</sup> ), Reagenzglas (als Vorlage), |

### Versuchsdurchführung:

Gib ca. 15 g sehr fein zerkleinerte Orangenschalen und 10 cm<sup>3</sup> Wasser in das große Reagenzglas und spanne dieses schräg an einem Stativ so ein, daß es mit dem Bunsenbrenner erwärmt werden kann. Verschließe das Glas mit Stopfen und eingestecktem Glasrohr. Das freie Ende des Rohrs steckst Du in ein kleines Reagenzglas, das in einem Becherglas mit kaltem Wasser steht. Erhitze vorsichtig mit dem Brenner. Wenn die Vorlage zu etwa 2/5 gefüllt ist, beende die Destillation.

Warte, bis sich das Destillat klärt und die Phasen sich trennen.

#### Weiteres Verfahren:

Du kannst die Ölschicht weiter untersuchen:

- Ein Ölfleck auf einem Stück Filterpapier verschwindet, da Orangenöl ein flüchtiges (etherisches) Öl ist;
- wenn Du zum Destillat ein Körnchen eines festen Farbstoff gibst, der sich in Wasser nicht, wohl aber in organischen Lösungsmitteln löst, dann wird die Ölschicht angefärbt.

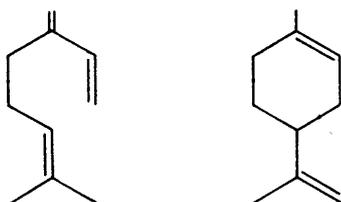
**Erläuterung (E 5)**

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Größere Mengen Orangenöl können im Lehrerversuch durch Wasserdampfdestillation gewonnen werden. Zur Trennung läßt man die Phasen sich klären und benutzt einen Scheidetrichter. Als Farbstoff für die o.g. Reaktion eignen sich die Mehrzahl der wasserunlöslichen Farbstoffe, z.B. Sudanrot. Es kann auch versucht werden, das Orangenöl als Lösungsmittel für Fett (z.B. Palmin) zu verwenden oder ein Stückchen Teer anzulösen.

Allgemeine Hinweise

Orangenschalen enthalten bis zu 2 % etherische Öle. Technisch gewinnt man Citrusöle bei der Herstellung von Orangensaftkonzentraten. Die Früchte werden insgesamt zerkleinert, das Öl schwimmt obenauf. Hauptbestandteil ist das Limonen, ein Monoterpen. In Spuren sind zudem  $\alpha$ - und  $\beta$ -Pinen enthalten.

**Limonen** **$\alpha$ -/ $\beta$ -Pinen**

Citrusöle sind für die Mehrzahl der Menschen gut verträglich und besitzen einen angenehmen Geruch. Terpene haben ein gewisses allergenes Potential und führen bei entsprechend sensibilisierten Personen zu allergischen Reaktionen. Diese leicht bis mittelflüchtigen Öle haben gute Lösungsmitelegenschaften und werden im Wohnbereich für Lasuren u.ä. eingesetzt. Nachstehend sind einige charakteristische Rezepturen dafür wiedergegeben.

**Chemische Rezepturen für Oberflächenanstriche (Lasuren u.ä.) aus Naturstoffen (Citrusöle und Terpene)<sup>1</sup>****Holzmöbel und -verkleidungen innen offenporig schützen****a. Geeignete Untergründe:**

- unbehandelte oder gebeizte Flächen aus Holz
- trocken, saugfähig, sauber und fettfrei

**b. Behandlungsfolge:**

1. AURO Naturalharzöl-Imprägniergrund Nr. 121; Leinöl, Citruschalenöl (1); Balsamterpentinöl, Dammar, Colophonium-Glycerinester (2); Co/Zr-Trockner (bleifrei) (3); je nach Aufnahmefähigkeit des Holzes ggf. mehrmals „naß in naß“ auftragen, ggf. Überstand abnehmen; 24 Stunden trocknen lassen.
2. 1 x AURO Lärchenharz-Möbelbalsam Nr. 173; Bienen-, Carnaubawachs, Citruschalenöl (1); Balsamterpentinöl Lärchenharz-Balsam, Leinöl, Rizinen, Leinöl-Standöl (2); sparsam auftragen, 4-6 Std. ablüften lassen, kräftig in Richtung der Holzmaserung polieren.

**c. Hinweise:**

- Bei Verarbeitung durch Spritzen oder Streichen anstelle von AURO Nr. 173, AURO Bienenwachs-Streichbal-

sam Nr. 181; Leinöl, Citruschalenöl (1); Bienen-, Carnaubawachs, Leinöl-Rizinen-Standöl, Balsamterpentinöl, Quellton (2); Wacholder, Johanniskraut-, Rosmarinextrakt; Alkohol, Co/Zr-Trockner (bleifrei) (3); sparsam auftragen.

- Zur farbigen Gestaltung Nr. 121 einfärben mit AURO Abtönfarben für Naturharzöle Nr. 151-9; Leinöl, Leinöl, Rizinen-Standöl, Erd-, Mineralpigmente (1); Kieselsäure, Citruschalenöl, Lecithin (2); Quellton (3); unbedingt Vorversuche durchführen.
- Natürlich imprägnierte und mit Wachs Balsam veredelte Holzflächen sind besonders tastsympathisch und ausdrucksvoll. Holzstruktur und -tönung werden belebt und vertieft, die Fläche wird wasserabweisend und bleibt dennoch den Sinnen zugänglich.

(1): Anteil des Rohstoffes im Produkt > 10 %;  
(2): 1-10 %; (3): < 1 %

<sup>1</sup> Kombiniert nach: **AURO GmbH Braunschweig (Hrsg.):** Anwendungs-Empfehlungen für die wichtigsten Bereiche. AURO GmbH, Braunschweig 190. S. 1; und: **AURO GmbH Braunschweig (Hrsg.):** Wir bekennen Farbe. Volldeklaration der Produkte im Klartext. AURO GmbH Braunschweig 1993. S. 1

## E 6

## Kleber aus Stärke

III/A1

|                                    |         |  |                             |
|------------------------------------|---------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 5 min.  | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 10 min. |  |                             |

| Chemikalien                   | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte   |
|-------------------------------|-----------------|------------|--|
| - Kartoffelstärke<br>- Wasser |                 |            | Dreifuß mit Drahtnetz,<br>Bunsenbrenner, Becherglas,<br>Glasstab, Edelstahlöffel |

**Versuchsdurchführung:**

Gib in das Becherglas 50 cm<sup>3</sup> Wasser und füge unter Rühren so viel (ca. 10 g) Kartoffelstärke nach und nach hinzu, bis sich eine leicht dickflüssige Masse ergibt.

Entzünde den Brenner und laß die Masse ca. 1 Minute aufkochen.

Ist der entstandene Kleber zu zäh, so kann er mit Wasser wieder verdünnt werden.

Mit dem Stärkekleister kannst Du Klebeversuche machen, z.B. Pappe auf Pappe, Papier auf Pappe oder Holz, Holz auf Holz usw.

**Erläuterung (E 6)**

Allgemeine Hinweise

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, der aus Methylcellulose hergestellt wird.

Stärkekleister hat nach dem Abbinden einen Feststoffanteil von 15 bis 25 %.

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.

## E 7

## Wolle mit Naturfarben gefärbt

III/A1

|                                    |          |                             |                             |
|------------------------------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 30 min.  | <input type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 120 min. |                             |                             |

| Chemikalien  | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte  |
|--|-----------------|------------|---|
| – Zwiebelschalen, gewaschene Wolle (ungesponnen)<br>– Alaun<br>$[KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O]$ |                 |            | ein elektrisch heizbarer Einkochtopf (mindestens 10 Liter), Holzleiste zum Umrühren |

**Versuchsdurchführung:**

Ein Kilogramm Zwiebelschalen und ein Kilogramm Wolle werden lagenweise im Topf aufgeschichtet, dann werden 100 g Alaun obenauf gestreut. Gieße soviel Wasser zu, bis die Füllung bedeckt ist.

Schalte jetzt die Heizung ein und erhitze das Färbegut langsam in der Flotte (Sud, in dem die Wolle gekocht wird). Die Wolle muß in regelmäßigen Abständen mit dem Holzstab gerührt werden.

Wenn die Flotte eine Stunde lang gekocht hat, schaltest Du die Heizung ab.

Am folgenden Tag bzw. frühestens, wenn die Flotte auf 30 °C abgekühlt ist, ziehst Du die Wolle heraus, schüttelst gut aus, wäschst die Wolle und läßt sie trocknen.

**Beobachtung:****Erklärung:****Erläuterung (E 7)**

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Für 1 kg Wolle benötigt man 0,5 bis 1 kg Zwiebelschalen. Für die beschriebene Färbung verwendet man die Schalen von käuflichen Zwiebeln verwenden, und zwar die äußeren dünnen Schalen, frisch oder getrocknet; rote Zwiebeln färben dabei etwas röter als braune. Die erforderlichen größeren Mengen Zwiebelschalen erhält man am einfachsten bei Supermärkten: Dort fallen beim Umpacken aus Säcken in Kilogrammnetze regelmäßig Schalen an. Neben Speise- und Gemüsezwiebel gibt es Wildformen, die in Wäldern wachsen, aber nicht sehr leicht zu finden sind.

Der Zusatz von Alaun dient der besseren Fixierung der Färbung. Bei den meisten anderen Färbungen von Wolle mit Naturstoff-Farben muß die Behandlung mit Alaun – das sog. Beizen – gesondert durchgeführt werden. Dem Färben wird dann ein eigener Beizprozeß vorgeschaltet (1/2 Tag). Das Färben mit Zwiebelschalen kann in einem Ein-Topf-Verfahren durchgeführt werden.

„Kochen“ bedeutet beim Wollfärben, daß das Färbebad mit Flotte und Wolle knapp unter 100 °C gehalten wird. Richtiges Kochen – manchmal nicht zu vermeiden – ist nicht schädlich, strapaziert aber die Wolle etwas und erschwert das anschließende Kämmen, falls man Fließwolle gefärbt hat. Optimal ist eine dauernde Kontrolle der Flotte mittels Thermometer.

Da das Ausschütteln der Schalen ziemlich viel Schmutz verursacht, sollte es im Freien durchgeführt werden.

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden

Zwiebelschalen ergeben auf Wolle eine intensiv gelbe bis gelb-orange, sehr lichtechte Färbung.

Unter „Erklärung“ sollte notiert werden

Die Färbung geht auf die Zwiebelschale zurück. Der Zusatz von Alaun dient der besseren Fixierung der Färbung.

Allgemeine Hinweise

Fließwolle erhält man beim Schäfer oder bei den regionalen Wollkontoren. Die Wolle muß vor dem Färben gründlich, aber schonend gewaschen werden. Dazu nimmt man „grüne Seife“ oder ein mildes Wollwaschmittel. Größere Mengen Wolle können auch in der Waschmaschine gewaschen werden. Man steckt sie dazu in einen Kopfkissenbezug, knöpft diesen zu und wäscht im Wollprogramm.

Natürlich kann der Ansatz auch verkleinert werden, z.B. können 100 g Wolle mit 100 g Zwiebelschalen gefärbt werden (Alaun-Zusatz dann 10 g). In diesem Fall bleibt die Färbedauer trotzdem gleich. Als Färbegefäße dürfen *keine Aluminiumtöpfe* (Aluminium reagiert mit der Flotte) verwendet werden, sondern solche aus Edelstahl oder emaillierte Gefäße. Bei kleinen Ansätzen kann auch über dem Bunsenbrenner erhitzt werden. Das häufige Rühren ist hierbei jedoch schwieriger und gefährlicher als bei einem großen Ansatz in einem Topf am Boden.

## E 8 Herstellung einer eßbaren Folie aus Stärke<sup>1</sup>

III/A1

|                                    |         |  |                             |
|------------------------------------|---------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 10 min. | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 15 min. |  |                             |

| Chemikalien  | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte  |
|--|-----------------|------------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– lösliche Stärke</li> <li>– native Kartoffelstärke (Kartoffelmehl)</li> <li>– destilliertes Wasser,</li> <li>– 50 %ige Glycerinlösung (in dest. Wasser)</li> <li>– evtl. wäßrige Lösungen von Lebensmittelfarbstoffen</li> </ul> |                 |            | Rundkolben (100 cm <sup>3</sup> ), heizbarer Magnetrührer, Rührfisch, Paraffinbad, Thermometer, Plexiglasplatte (rund, ø 30 cm), evtl. Trockenschrank |

### Versuchsdurchführung:

Stelle eine Mischung aus folgenden Reagenzien her:

- 3,4 g lösliche Stärke
- 1,8 g Kartoffelmehl
- 6 cm<sup>3</sup> 50%ige Glycerinlösung
- 50 cm<sup>3</sup> destilliertes Wasser
- [– 0,2 bis 1 cm<sup>3</sup> Farbstofflösung]

Gib die Mischung in einen Rundkolben mit Rückflußkühler und erhitze unter Rühren (Magnetrührer) etwa 15 Minuten im Ölbad auf 110 °C. Wenn eine weitgehend homogene Lösung entstanden ist, wird diese auf die bereitgelegte Plexiglasplatte gegossen. Durch vorsichtiges Schwenken versuchst Du, eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Masse zu erhalten.

Zum schnellen Trocknen legst Du die Platte etwa 1,5 Stunden bei 105 °C in den Trockenschrank. Bessere Ergebnisse erhältst Du, wenn Du die Folie über Nacht bei Raumtemperatur trocknen läßt.

Sei beim Abziehen der getrockneten Folie vorsichtig!

### Beobachtung:

<sup>1</sup>Nach: **Blume, R.; Sommerfeld, H.:** Abbaubare Folien auf Stärkebasis. In: Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht (MNU) Heft 2 (44). S. 93-96

## Erläuterung (E 8)

III/A1

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Falls kein Rundkolben mit Rückflußkühler und Magnetrührheizplatte vorhanden ist, kann auch im Becherglas erhitzt werden. Der Versuch kann dann entweder in einem Wasserbad durchgeführt werden, wobei in der Regel etwas länger erhitzt werden muß, oder man erhitzt vorsichtig auf einem Dreifuß mit Ceranplatte und Bunsenbrenner. Die Temperatur darf den angegebenen Wert von 110 °C nicht überschreiten. Es ist darauf zu achten, daß gut gemischt und ständig gerührt wird, weil sich sonst Klumpen bilden.

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.

Der im Original (s. Anm. 1 (E 5)) vorgeschlagene Zusatz von Lebensmittelfarbstoffen sollte besser unterbleiben. Da zahlreiche Schülerinnen und Schüler inzwischen allergisch auf verschiedene Lebensmittelzusatzstoffe reagieren, wird der Effekt des Versuchs dadurch eher beeinträchtigt. Umgekehrt kann mit Hilfe von Lebensmittelfarben eine Art Tinte zubereitet werden, mit der man zu Testzwecken auf der Folie schreiben und dies am Tageslichtprojektor auch demonstrieren kann.

Die Folie ist im übrigen ohne Bedenken eßbar (auf Sauberkeit bei der Herstellung achten!); ihren süßlichen Geschmack erhält sie durch den Glycerinzusatz, der auch für die Geschmeidigkeit der Folie verantwortlich ist.

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden

Nachdem das Wasser verdunstet ist, bleibt eine relativ stabile (sofern mit Vorsicht abgezogene), transparente (evtl. farbige) Folie auf der Platte zurück.

## E 9 Herstellung eines festen Stärkeformschaums

III/A1

|                                    |         |  |                             |
|------------------------------------|---------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 10 min. | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 15 min. |  |                             |

| Chemikalien   | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte  |
|---|-----------------|------------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kartoffelstärke</li> <li>– Natriumhydrogencarbonat, Natriumalginat oder Guarkernmehl als Emulgiermittel</li> </ul> |                 |            | Becherglas (250 cm <sup>3</sup> ), Becherglas (400 cm <sup>3</sup> ), Spatel, Glasstab, Waffeleisen |

### Versuchsdurchführung:

Mische in einem 250 cm<sup>3</sup>-Becherglas:

- 70 g Kartoffelstärke;
- 3 g Natriumhydrogencarbonat (als Backtriebmittel);
- 1 g Natriumalginat (als Geliermittel).

Diese Mischung läßt Du langsam unter ständigem Rühren in ein 400 cm<sup>3</sup>-Becherglas laufen, in das du zuvor bereits 80 cm<sup>3</sup> Wasser gegeben hast. Die gebildete Masse wird so dünn in einem Waffeleisen verteilt, daß die hochstehenden Zacken des Waffeleisens nicht bedeckt sind und 4,5 Minuten gebacken.

### Erläuterung (E 9)

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Der Teig kann bedenkenlos verarbeitet und in einem haushaltsüblichen Waffeleisen gebacken werden. Die Teigmenge reicht für vier Waffeln. Die Mengenangaben sind ungefähre Angaben. Durch Variation der Wassermenge werden die Waffeln mehr oder weniger fest. Mit 70 cm<sup>3</sup> Wasser für den Ansatz erhält man einen steifen, formstabilen Schaum, mit 85 cm<sup>3</sup> einen sehr elastischen.

Ein Teil der Waffeln kann gegessen werden. Einige Waffeln sollten für eine mögliche Präsentation am Ende der Unterrichtsreihe aufgehoben werden.

Allgemeine Hinweise

Anstelle von Natriumhydrogencarbonat als Backtriebmittel können folgende Alternativen versucht werden:

- eine äquimolare Mischung aus Natriumhydrogencarbonat und Natriumhydrogentartrat;
- Ammoniumcarbonat oder
- Dinatriumhydrogencarbonat

Die in diesem Versuch hergestellten Waffeln können:

- auf ihre Stabilität geprüft werden;
- auf ihr Verhalten gegenüber Wasser untersucht werden;
- im Kompostiersuch (E 12) eingesetzt werden.

## M 6

## III/A1

## Stärke als Industrierohstoff

Zur Zeit deckt die chemische Industrie ihren Rohstoffbedarf zu etwa 10 % durch nWR, das sind etwa 1,8 Millionen t jährlich.<sup>1</sup> Von den 900 000 t Ölen und Fetten, die jährlich verbraucht werden, werden etwa 70 % importiert. Der Bedarf an Zucker und Stärke wird dagegen fast ausschließlich aus nationaler oder EU-Produktion gedeckt.

Die Fläche für die Industriepflanzenproduktion beläuft sich in den alten Bundesländern derzeit auf etwa 170 000 ha. Das sind knapp 3 % der gesamten Ackerfläche. Davon entfallen 112 000 ha auf den Anbau von Stärkepflanzen, 42 000 ha auf den Rapsanbau, 10 000 ha auf den Anbau von Leinöl, 5 000 ha auf den Zuckerrübenanbau und 800 ha auf den Flachsanbau.

Folgende Tabelle gibt den Stand 1990 und Prognosen zum Einsatz dieser Stoffe wieder:

| Rohstoff          | Einsatz 1990<br>(in 1 000 t<br>pro Jahr) |     | zusätzliches<br>Einsatzpotential<br>(in 1 000 t pro Jahr) |     | hierfür zusätzl.<br>erforderl. Flächen<br>(in 1 000 ha) |     |
|-------------------|--|-----|---|-----|---|-----|
|                   | EU                                       | D   | EU  | D   | EU  | D   |
| <b>Zucker</b>     | 100                                      | 20  | 400   | 100 | 50  | 12  |
| <b>Stärke</b>     | 1 200                                    | 365 | 1 400   | 510 | 380   | 135 |
| <b>Öle, Fette</b> | 1 700                                    | 700 | 1 800   | 600 | 1 500   | 500 |

In der Bundesrepublik Deutschland hat Stärke mengenmäßig die größte Bedeutung. Von den über 2 000 bekannten Pflanzen, die Stärke in nennenswerten Mengen enthalten, werden fast ausschließlich Kartoffeln, Mais, Weizen, Maniok und Reis genutzt. Allein in Deutschland werden jährlich 600 000 t Kartoffeln zur Produktion von Stärke angebaut, die in der Industrie verarbeitet wird.<sup>2</sup>

In der EU wurden im Wirtschaftsjahr 1988/89 41 % oder 2,2 Mio. t des Stärkeertrages im Nahrungsmittelbereich verwendet.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Westermann, Karin (Hrsg.): Verpackung aus nachwachsenden Rohstoffen. Vogel Buchverlag. Würzburg 1994. S. 493

<sup>2</sup> ÖKO TEST Magazin: Nachwachsende Rohstoffe – Ausweg oder Schnapsidee? (12) 1990

<sup>3</sup> Westermann 1994. S. 31. (Anm. 1 (E 8))

## E 10

## Stärke aus Kartoffeln

III/A1

|                                    |         |  |                             |
|------------------------------------|---------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 10 min. | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 15 min. |  |                             |

| Chemikalien         | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte                          |
|---------------------|-----------------|------------|---------------------------------|
| - einige Kartoffeln |                 |            | Topf (ca. 1 Liter Inhalt), Tuch |

**Versuchsdurchführung:**

Die Kartoffeln werden geschält und gerieben. Gib den Brei in ein Geschirrtuch. Das Tuch wird wie ein Beutel mit der einen Hand oben zugehalten und in einen Topf getaucht, der zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist. Mit der anderen Hand knetest Du den Beutel gründlich durch. Laß den Topf bis zum nächsten Tag stehen. Dann hat sich der Großteil der Stärke am Boden gesammelt, und Du kannst den braunen Saft darüber vorsichtig abgeschütten. Die so gewonnene Stärke kannst Du trocknen und für spätere Versuche aufheben.

## M 7

III/A1

Neue Produkte auf Stärkebasis<sup>1</sup>

## Plastik für den Misthaufen

Hersteller von Verpackungen testen neuerdings Bio-Kunststoffe  
Die Resultate sind gut, doch der Markt ist noch verschwindend klein

VON MATTHIAS BRENDEL

- 1 Einkaufsstäten auf den Komposthaufen? Lebensmittelverpackungen zu Biomüll? Das Unternehmen Novamont aus Eschborn hat „Mater-Bi“, einen biologisch abbaubaren, eßbaren Müllbeutel auf den Markt gebracht. Er sieht aus wie Plastik und fühlt sich auch so an, doch auf dem Komposthaufen verrotten die Tüten zu Wasser und harmlosen Kohlenstoffverbindungen. Im Gegensatz zu anderen Kunststoffen besteht Mater-Bi nicht vorwiegend aus Rohöl, sondern aus Stärke. Der Berliner Biologe Matthias Gleich hat im Auftrag von Greenpeace die Marktchancen für die sogenannten Bio-Polymere untersucht, vernetzte Kohlenwasserstoffe, die aus nachwachsenden Rohstoffen wie Zuckerrüben oder Flachs, Kartoffeln oder Mais hergestellt werden.
- 5
- 10
- 15
- 20 Ein wichtiges Ergebnis seiner Studie: „Die Absatzmöglichkeiten sind grundsätzlich gegeben.“ Doch seien Bio-Kunststoffe bisher „nur das grüne Aushängeschild der Hersteller und Nutzer“. Die Verwendung als Massenkunststoff sieht Gutachter Gleich „auf absehbare Zeit nicht“.

- Der Markt für Bio-Polymere ist winzig. Internationale Unternehmensberater
- 30 prophezeien kompostierbaren Folien und Behältern jedoch gewaltige Wachstumsraten. Rund 14.500 Tonnen betrug 1993 der europäische Absatz von Bio-Kunststoff laut einer Marktstudie von Frost & Sullivan. 1995 soll er bereits bei
- 35 29.000 Tonnen liegen.

- Noch haben die wenigen Vertreiber abbaubarer Kunststoffe Probleme mit den Kosten. Der Preis von fünf bis acht Mark pro Kilo übertrifft den herkömmlicher Ware im Schnitt um das Dreifache. Der Haarpflegemittel-Hersteller Wella hat vor einem Jahr begonnen, einzelne
- 40 Sorten seines „Sanara“-Shampoos in kompostierbaren Biopol-Flaschen der Frankfurter Firma Zeneca zu verkaufen. Die umfassende Einführung des Bio-Kunststoffs für die Haarpflegeserie ist jedoch vorläufig gescheitert: Das um eine
- 45 Mark teurere Shampoo in Biopol-Flaschen sei nur sehr schwer verkäuflich, so das Unternehmen.
- 50

## Weiterer Minuspunkt für den grünen Punkt

Bislang aber sieht die bundesdeutsche Verpackungsverordnung eine Kompostierung verrottender Kunststoffe gar nicht vor. Also zielt der Grüne Punkt die Biopol-Flasche für Sanara-Shampoo. Die Gefahr, daß Biopol die ohnehin schlechte Qualität von Recycling-Kunststoff weiter mindert, erscheint groß: Auf dem Förderband der Müllsortieranlage ist Biopol von seinen Plastik-Brüdern aus PVC, Polyethylen oder Polypropylen kaum zu unterscheiden.

Nennenswerte Absatzchancen können sich eher solche Hersteller ausrechnen, die sich von vornherein auf Marktlücken konzentrieren. So setzt Stefano Facco von Novamont auf das schrittweise Umsetzen der Technischen Anleitung Siedlungsabfall aus dem Umweltministerium. Diese Vorschrift verlangt von den Kommunen das getrennte Sammeln von Kompostmüll bis spätestens zum Jahr 2005. Wo, wie etwa in Großstädten, das Aufstellen von grünen Tonnen aus Raumnott schwierig ist, preist Facco den Mater-Bi-Beutel als „ideale Alternative: Er ist leicht, luftdicht verschließbar und zerfällt auf dem Komposthaufen gemeinsam mit seinem Inhalt zu Humus.“

Derzeit testen mehrere Städte, darunter Kempten, Fürstenfeldbruck und Wien, die Mater-Bi-Beutel als Alternative zu beschichteten Papiertüten. Rund drei Millionen Müllbeutel hat Novamont 1993 verkauft. Demnächst, hofft Facco, könnten es über 300 Millionen sein, was einem Absatz von rund 5.000 Tonnen Mater-Bi entsprechen würde.

Auch das Hamburger Unternehmen Aeterna hat mit Erfolg eine Nische besetzt. Bis 1991 steckten die von Aeterna vertriebenen ewigen Lichte für Kirchen und Friedhöfe in Bechern aus PVC. Das gemeinsam mit dem Frankfurter Batelle-Institut entwickelte „Bioceta“ geht nach Gebrauch den Gang alles Irdischen. Entsprechend feuchte Bedingungen vorausgesetzt, verrottet der Stoff.

Gerade 140 Tonnen Bioceta verbraucht Aeterna für seine Kerzenbecher jährlich, doch Horst Achilles macht sich Hoffnun-

gen, daß der Bio-Kunststoff noch dieses Jahr vom Brüsseler Lizenznehmer Tubize plastics als Folie produziert wird. „Dann könnte der Bedarf von heute auf morgen auf ein paar tausend Tonnen steigen“, frohlockt Achilles. Ob die Bioplaste die Umwelt tatsächlich entlasten, läßt sich freilich erst klären, wenn Energie- und Abfallbilanzen für deren Produktion offenliegen. Matthias Gleich hält zudem entgegen, daß landwirtschaftliche Rohstoffe nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen. „Eines Tages“, befürchtet der Biologe, „könnte der Bedarf in Konkurrenz zur Herstellung von Nahrungsmitteln treten.“

Vorläufig kann von einem Engpaß allerdings keine Rede sein. Reinhard Seehuber vom Bundeslandwirtschaftsministerium in Bonn sieht für den vermehrten Anbau nachwachsender Rohstoffe zur Zeit „keine Probleme, weil in Deutschland immer noch landwirtschaftliche Nutzflächen stillgelegt werden“. Rund eine von einst 18 Millionen Hektar Acker- und Weideland liegen in Deutschland brach. Auf Antrag könnten die Bauern darauf Industrierohstoffe züchten. Doch nur auf 68.000 Hektar der stillgelegten Flächen werden inzwischen Stärkekartoffeln oder Raps für Biodiesel gezogen.

## Öko-Plaste

**Stärke (Mater-Bi): Vor allem aus Mais und Kartoffeln. Mater-Bi enthält zudem Weichmacher auf Erdölbasis wie Glycerin und Polymere.**

**Zucker: Wird von Bakterien in Polyhydroxybuttersäure (PHB) umgewandelt, dem Ausgangsprodukt für Biopol. Chirurgen verwenden PHB seit längerem als Wundgarn oder für sich auflösende Implantate.**

**Cellulose: Aus Holz oder den leeren Fruchtkapseln der Baumwolle. Sie wird zu Celluloseacetat verarbeitet. Bei Hinzugabe von Weichmachern auf pflanzlicher Basis entstehen Werkstoffe wie Bioceta.**

<sup>1</sup> Die Tageszeitung, 05.03.1994

## E 11 Abbau von Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen – Verrottungsversuche in Petrischalen

III/A1

|                                    |         |  |                             |
|------------------------------------|---------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 20 min. | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> IV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 15 min. |  |                             |

| Chemikalien  | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte   |
|--|-----------------|------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– einige Popcorns</li> <li>– je zwei Streifen (0,5 x 2 cm) verschiedener Materialien, z.B. Baumwolle, Verbandmull, Leinen, Jute, Hanf, Seide, Wolle, Papier, Zellophan, Nylon, Perlon, Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol</li> <li>– verschiedene Materialien auf Stärkebasis, Komposterde (Korngröße <math>\varnothing &lt; 3</math> mm, ohne Regenwürmer)</li> </ul> |                 |            | Pipette, Pinzette, Wasser, Lupe, Petrischalen mit Deckeln (die gleiche Anzahl wie unterschiedliche Materialien geprüft werden sollen) – evtl. Dampfkochtopf und Heizplatte |

**Schutzbrille!****Versuchsdurchführung:**

Fülle die Petrischalen mit einer bodenbedeckenden Schicht Kompost. Bträufle den Kompost so lange vorsichtig mit Wasser, bis seine Oberfläche zu glänzen beginnt. Lege dann die Probestreifen der Testmaterialien vorsichtig über Kreuz auf (jeweils eine Materialsorte in eine Petrischale). Sie sollen gerade vollständig durchfeuchtet sein.

Verschließe die Petrischalen mit dem zugehörigen Deckel und beschrifte sie (Deckel und Petrischale) mit Datum und Material.

Laß die Schalen einige Tage an einem warmen Ort stehen und beobachte die Veränderung der Teststreifen zweimal wöchentlich mit der Lupe. Protokolliere Deine Beobachtungen.

**Beobachtung:** ins Heft**Erklärung:** ins Heft

**Erläuterung (E 11)**

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Organische Materialien verrotten nur in Gegenwart von Organismen (biologischer Abbau); daher ist es wichtig, möglichst frischen Kompost für den Versuch zu benutzen. Die am Abbau beteiligten Bodentiere können mit der Lupe beobachtet werden. Von den beteiligten Mikroorganismen sind lediglich die Schimmelpilze makroskopisch erkennbar. Anhand von Schleimbildung und Verflüssigung kann auf die Gegenwart von Bakterien geschlossen werden.

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 Lehrerin bzw. vom Lehrer jeweils vor dem Zeitpunkt unter einem Abzug geöffnet, zu dem die Ansätze protokolliert werden. Bei dieser Gelegenheit können eventuell beschlagene Petrischalendeckel abgewischt werden, so daß die Ansätze besser beobachtet werden können.

*Kontrollversuch:* Zur Kontrolle kann ein Ansatz mit sterilem Substrat durchgeführt werden. Dazu wird zusätzlich ein Dampfkochtopf benötigt.

*Durchführung:* Die Petrischalen werden wie oben vorbereitet und verschlossen. Die zu sterilisierenden werden verschlossen, auf einen Einsatz im Dampfkochtopf gestellt und 20 Minuten lang in heißem Wasserdampf behandelt.

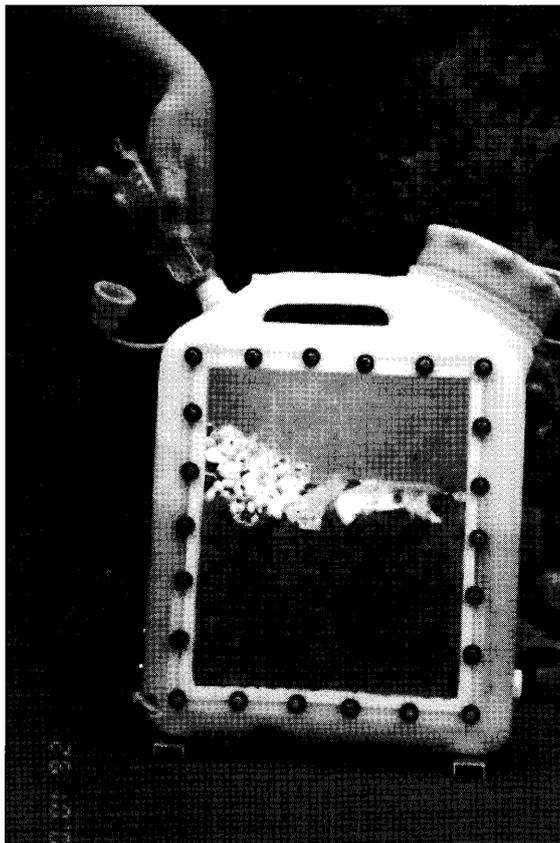
Allgemeine Hinweise

Unter „Erläuterung“ zum folgenden Versuch (E 12) finden Sie eine Tabelle, die Auskunft über die Zersetzungsdauer der verwendeten Materialien im Komposter gibt. Diese Angaben können in E 11 als Richtwerte gelten und geben die Beobachtungen über den Zersetzungsverlauf verschiedener nWR wieder.

## E 12      **Abbau von Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen – Kompostierung mit Nachweis der Kohlenstoffdioxidentwicklung**

|                                    |             |  |                             |
|------------------------------------|-------------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 20 min.     | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | einige Tage |  |                             |

| Chemikalien   | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte   |
|---|-----------------|------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– einige Popcorns</li> <li>– je zwei Streifen (1 × 4 cm) verschiedener Materialien, z. B. Baumwolle, Verbandmull, Leinen, Jute, Hanf, Seide, Wolle, Papier, Zellophan, Nylon, Perlon, Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol</li> <li>– verschiedene Kunststoffe auf Stärkebasis</li> </ul> |                 |            | Kleinkomposter mit Sichtscheibe und Gärröhrchen (s. Versuchsaufbau), Pinzette, Pipette, Gärröhrchen mit Kalkwasser, Spritzflasche mit Wasser |

**Versuchsaufbau:**

III/A1

**Versuchsdurchführung:**

Der Komposter wird zu zwei Drittel mit Kompost gefüllt. Die zu untersuchenden Materialproben legst Du so auf, daß du Veränderungen leicht durch die Sichtscheibe beobachten kannst. Die Füllung befeuchtest Du gut von oben und verschließt die große Öffnung. Auf die kleine Öffnung setzt Du das Gärröhrchen gefüllt mit Kalkwasser auf. Stelle den Komposter an einen gleichmäßig warmen Ort.

**Erläuterung (E 12)**

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Der unter „Versuchsaufbau“ abgebildete Kleinkomposter hat gegenüber anderen Versuchsanordnungen mit ähnlichem Zweck den Vorteil, daß die Veränderungen der Proben gut von außen verfolgt werden können. Er kann leicht aus einem Wasserkanister hergestellt werden. Dazu schneidet man in die Frontseite eine rechteckige Öffnung, die anschließend wieder mit einer Platte aus Plexiglas verschlossen wird. Unten wird eine Siebplatte eingelegt, die zur Gas- und Flüssigkeitsregulation dient.

Das aufgesetzte Gärröhrchen zeigt bereits nach drei Tagen eine merkliche Trübung (in Verbindung mit Kohlenstoffdioxid aus den Gärprozessen gebildetes Calciumcarbonat).

Allgemeine Hinweise

Die Ergebnisse eines Langzeitversuchs sind in der nachstehenden Tabelle wiedergegeben:

Tab. 1 (Zu E 11 und E 12):  
Protokoll zur Zersetzung verschiedener Materialien im Komposter

| Material                  | Wartezeit                        |                   |                                      |  |  |                                   |   |   |  |   |  |   |  |  |  |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------------------------|---|---|--|---|--|---|--|--|--|
|                           | 3 Tage                           | 7 Tage            | 11 Tage                              | 2 Wochen   | 3 Wochen   | 4 Wochen                          | 5 Wochen                                | 6 Wochen  | 7 Wochen                                     | 8 Wochen  | 9 Wochen   | 10 Wochen   | 11 Wochen  | 12 Wochen  | 13 Wochen  |
| <b>Popcorn</b>            |                                  | Schimmel sichtbar |                                      | grauer, roter und weißer Schimmel                  | schwarzer Schimmel   | nur noch graubrauner Film         |   |   |  |   |  |   | nur noch Schale des Maiskorns vorhanden            |  | die Schale ist nur noch halb so groß             |
| <b>Brot</b>               |                                  | Schimmel sichtbar | schwarzer, grüner u. weißer Schimmel | Schimmel so dicht u. hoch, daß Brot nicht sichtbar | schwach braune, glänzende Masse                              | nur noch graubrauner Film         | vollständig abgebaut                    |   |  |   |  |   |  |  |  |
| <b>Küchenpapier</b>       |                                  |                   | beige, wirkt transparenter           | mit Schimmelfäden überzogen                        | noch ≈ 50 % der ursprünglichen Größe                         | vollständig abgebaut              |   |   |  |   |  |   |  |  |  |
| <b>Papier</b>             |                                  |                   |                                      | viel kleiner, stark zerfrant                       | noch ≈ 25 % der ursprünglichen Größe                         | mit weißem Schimmel überzogen     | kleiner, beige gefärbter Rest           |   |  | vollständig abgebaut                              |  |   |  |  |  |
| <b>Baumwolle</b>          |                                  |                   |                                      |  |  |                                   |   | an den Rändern beige und zerfrant                     | kleines Loch                                 | zwei kleine abgetrennt                            | hellbraun, die beiden Stücke sind kleiner          | die beiden Stücke sind nicht mehr vorhanden       | Ränder stärker zerfrant, zwei Löcher               | Gewebe deutlich aufge-lockert                    |  |
| <b>Jute</b>               |                                  |                   |                                      | zwei Fasern blau-grün verfärbt                     |  |                                   | Fasern beginnen sich zu entflechten     |   |  | Geflecht weiter aufge-lockert                     |  | braun gefärbt, eine Ecke schwarz                  |  |  |  |
| <b>Biopac</b>             | zerknittert                      |                   | wirkt aufgebläht, transparenter      | Oberfläche wirkt stellenweise flüssig              | linker Rand: Oberfläche auf ≈ 4 mm breiten Streifen, flüssig | flüssig Rand 6 mm breit, 3 mm Riß | stellenweise rosafarbener Schimmel      | transparenter, Ausbreitung des rosafarbenen Schimmels | Material zu ≈ 70 % braun-orange verfärbt     | rostfarben, naß, Pilz mit großen, weißen Köpfchen | ~eine Hälfte mit dem weißen Pilz bewachsen         | an einer Ecke durchsichtig, wirkt dort aufgebläht | durchsichtige Stelle größer, Loch dort             | mehrere Löcher, ein Teil abgetrennt              |  |
| <b>eßbare Folie</b>       | dünnere, heller, in zwei Teile   |                   | in drei Teile zerfallen              | dünnere, Farbe schwächer                           | weißer Schimmel sichtbar                                     | Schimmel hat sich braun gefärbt   |   | ein der drei Teile sehr dünn und gelbbraun            | der verfärbte Teil ist nur noch halb so groß | hellrötlich-braune Stelle                         | über die Hälfte der Folie hellrötlich braun        | wirkt nicht so stark zerfressen wie andere Folie  | noch ein der drei Stücke vorhanden, dieses kleiner | das Stück hat ≈ 20 % seiner ursprünglichen Größe | das Stück hat ≈ 10 % seiner ursprünglichen Größe |
| <b>nicht eßbare Folie</b> | etwas dünner, leicht eingerissen |                   | vier kleine Einrisse sichtbar        | Risse tiefer, ein zusätzl. Riß                     | kleines Loch, Farbe schwächer                                | Risse länger, zusätzliches Loch   | weiter milchig, Farbe noch abgeschwächt | mehrere kleine Löcher                                 | farblos, milchig                             | etwa 15 Löcher                                    | Folienstückerl wird kleiner                        | „zerfressenes“ Aussehen                           | nur noch wenige Reste                              | noch zwei kleine Stücke vorhanden                | vollständig abgebaut                             |
| <b>Mater-Bi (Lineal)</b>  |                                  |                   |                                      | an Schnittkante blau und beige                     | heller, an Kante rot und schwarz                             |                                   |   | nun auch oben etwas Schimmel                          |  |   | Pilz mit großen (≈ 0,7 mm) weißglänzenden Köpfchen |   |  |  |  |

**Anm.:** Ein Styropor-Chip sowie jeweils ein Stück Polypropylen- und Polyethylen-Folie wurden überhaupt nicht angegriffen.

**E 13 Mikroskopische Untersuchung von Reservestärke**

III/A1

|                                    |         |  |                             |
|------------------------------------|---------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 15 min. | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 30 min. |  |                             |

| Chemikalien   | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte  |
|---|-----------------|------------|---|
| – Maiskorn<br>Kartoffel,<br>Weizenkorn,<br>eventuell auch<br>Reis oder Hafer,<br>Bohne u.a. |                 |            | Mikroskop, Objektträger,<br>Deckgläschen, Jod-Kaliumjodid-<br>lösung, Pipette, Filterpapier-<br>streifen oder Papierhandtuch,<br>Rasierklinge oder Präparierbesteck |

**Versuchsdurchführung:***Herstellung der Präparate:*

Zunächst stellst Du aus dem von Dir gewählten Pflanzenteil ein Präparat für das Mikroskop her.

*Mais:*

Ein trockenes Maiskorn wird querschnitten. Dann wird die eine Hälfte des Kornes direkt über einen Wassertropfen auf einem Objektträger gehalten. Aus der Schnittfläche wird mittels einer Nadel oder eines Skalpells etwas Mehl so herausgekratzt, daß es in den Tropfen fällt.

*Kartoffel:*

Schneide aus einer rohen Kartoffel einen etwa 1 cm<sup>3</sup> großen Würfel heraus und tupfe ihn auf einem Objektträger ab. Dann wird ein Wassertropfen zugesetzt, ein Deckgläschen daraufgesetzt und leicht angedrückt. Du kannst auch Stärke aus einer geriebenen Kartoffel gewinnen und dann weiter untersuchen (siehe E 10).

*Weizenkorn:*

Schneide ein trockenes Weizenkorn quer durch. Dann hältst Du die eine Hälfte des Kornes direkt über einen Wassertropfen auf einem Objektträger. Aus der Schnittfläche wird mittels einer Nadel oder eines Skalpells etwas Mehl so herausgekratzt, daß es in den Tropfen fällt.

*Weitere Objekte:*

Geeignet sind alle Getreidekörner (z.B. Reis und Hafer mit zusammengesetzten Stärkekörnern), sowie alle Samen von Hülsenfrüchten (z.B. Bohne mit tiefen Spalten im Stärkehorn).

Das ausgewählte, so vorbereitete Präparat mikroskopierst Du bei 100- bis 1 000-facher Vergrößerung. Die Struktur der Stärkeköerner ist am deutlichsten bei starker Abblendung zu erkennen.

Gib von einer Deckglaskante aus dann einen Tropfen Jod-Kaliumjodidlösung zu. Die Lösung wird unter das Deckglas gesaugt, indem Du am gegenüberliegenden Deckglasrand das Wasser unter dem Deckglas mit einem Filterpapierstreifen berührst.

Beobachte die Stärkeköerner möglichst sofort weiter, denn zu Beginn der Jod-Stärke-Reaktion ist die Beobachtungsmöglichkeit besonders gut. Danach wird die Färbung der Stärkeköerner meist so intensiv, daß die Struktur nicht mehr zu erkennen ist. Skizziere Deine Beobachtungen!

**Beobachtung:** ins Heft

## Erläuterung (E 13)

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Jod-Kaliumjodidlösung erhält man folgendermaßen: 0,5 g Jod werden in 10 cm<sup>3</sup> 10%iger Kaliumjodidlösung gelöst und mit destilliertem Wasser auf 150 cm<sup>3</sup> aufgefüllt.

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden

Es empfiehlt sich die Schülerinnen und Schüler Bleistiftskizzen von den beobachteten Stärkekörnern anfertigen zu lassen. Außerdem sollte eine Beschreibung der Stärke-Nachweisreaktion stichwortartig gegeben werden. Viele Stärkekörner zeigen eine deutliche Schichtung (z. B. Kartoffelstärke). Diese ergibt sich aus Dichteunterschieden bei der Bildung der Stärkekörner.

Allgemeine Hinweise

Die Stärkekörner der *Kartoffel* sind abgeflacht und exzentrisch geschichtet. Mit zunehmendem Abstand vom Bildungszentrum wird die Exzentrizität deutlicher und die Schichtung erscheint verschwommener. (Die Schichtung ist erkennbar ab 450-facher Vergrößerung.)

Durch die Jod-Stärke-Reaktion werden die Körnchen zunächst blau angefärbt, dann violett und bei Jodüberschuß schwarz. Zu Beginn der Färbung wird die Schichtung erheblich deutlicher, mit zunehmender Färbung ist sie dann jedoch immer schwieriger zu erkennen.

Bei der *Weizenstärke* erkennt man Großkörner – groß, rund, flach, undeutlich konzentrisch geschichtet – und Kleinkörner – kugelig, ohne erkennbare Schichtung (ab 100-facher Vergrößerung).

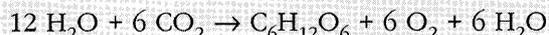
Besonders gut läßt sich *Bohnenstärke* beobachten (ab 100-facher Vergrößerung). Ähnlich gut wie *Bohnenstärke* eignet sich *Erbсенstärke*. Undeutliche Ergebnisse liefert *Maisstärke* (100-fache, besser 450-fache Vergrößerung).

Nach der Jod-Stärke-Reaktion bleiben manche Körnchen braun gefärbt. Es handelt sich dabei um Kleberproteine.

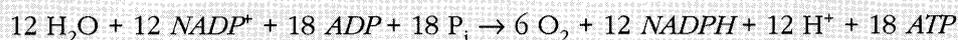
## M 8

## Stärke – Produkt der Photosynthese

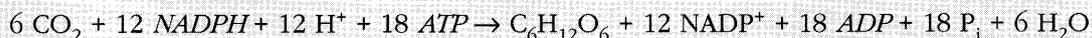
Die Stärke wird in den Chloroplasten gebildet, die in den Zellen grüner Pflanzen liegen. Stärke ist das Speicherprodukt der Photosynthese, die nach folgender Bruttoreaktionsgleichung abläuft:



Diese setzt sich aus *lichtabhängigen* und *lichtunabhängigen Reaktionen* zusammen. Die Gesamtgleichung der *lichtabhängigen* Reaktionen lautet:



Die Gesamtgleichung der *lichtunabhängigen* Reaktionen lautet:



Die lichtabhängigen Reaktionen liefern somit das für die lichtunabhängigen Reaktionen benötigte Reduktionsmittel  $\text{NADPH} + \text{H}^+$  und die Energie in Form von  $\text{ATP}$ . Die Energie, die zur Synthese von einem Mol Glucose benötigt werden, beträgt 2 890 kJ.

Der überwiegende Teil der Photosyntheseprodukte wird an die Orte transportiert, an denen die Pflanze die Kohlenhydrate für ihren Stoffwechsel benötigt. Der Überschuss wird zunächst im Chloroplastenstroma als Assimilationsstärke gespeichert. In der Dunkelphase wird die Assimilationsstärke in Saccharose-Moleküle zerlegt und dorthin geleitet, wo Kohlenhydrate benötigt werden. Der Überschuss wird zu speziellen Speicherorganen transportiert.

## Aufgaben (M 8)

Lies den Text aufmerksam durch; versuche herauszufinden, was die unbekanntenen Begriffe bedeuten, und beantworte folgende Fragen:

1. Welche Verbindungen werden in der Photosynthese verbraucht?
2. Woher stammt der Kohlenstoff biologischer Materie und wie verarbeitet die Pflanze diesen?
3. Welche Verbindung/en dient/en als Energieüberträger?

## E 14 Stärkenachweis an teilbelichteten Blättern

|                                    |                 |  |                             |
|------------------------------------|-----------------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 2 Tage; 10 min. | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 15-30 min.      |  |                             |

| Chemikalien  | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte  |
|--|-----------------|------------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ethanol</li> <li>- 3%ige Jod-Kaliumjodidlösung</li> </ul> |                 |            | Blätter von Geranie, Ahorn, Holunder, Flieder, Kapuzinerkresse, Bohne, Brennessel oder Zaunwinde, Transparentpapier, grüner Farbstift, zwei Heizplatten, zwei große Bechergläser, zwei Glasstäbe, Petrischale, Papierhandtücher o.ä., Pappschablonen verschiedener Form |

### Versuchsdurchführung:

Die für den Versuch vorgesehenen Blätter werden *zwei Tage vor dem Abschneiden* mit Schablonen beklebt, so daß sie nicht überall dem Licht ausgesetzt sind. Alternativ kann auch ein sehr großes Negativ (Projektionsfolie o.ä.) aufgeklebt werden. Die zu untersuchenden Blätter müssen nach Ablauf der zwei Tage nachmittags (nicht zu spät) abgeschnitten werden. Du kannst sie über Nacht in ein feuchtes Tuch oder Löschblatt einschlagen und in einem Plastikbeutel aufbewahren. Erhitze Wasser in einem Becherglas und lege die Blätter mit der Pinzette etwa zwei Minuten lang in kochendes Wasser. Nimm sie heraus. Erhitze in einem Becherglas Ethanol (Heizplatte) und lege sie bis zur völligen Entfärbung hinein (dauert einige Minuten). Spüle die entfärbten Blätter mit Wasser ab und lege sie in eine Petrischale. Überschichte sie mit 3%iger Jod-Kaliumjodidlösung und beobachte die Reaktion. Voll entwickelt ist die Färbung erst nach etwa 30 Minuten. Wenn die überschüssige Jod-Kaliumjodidlösung mit Alkohol abgespült wird, können die Blätter getrocknet und gepreßt werden.

**Beobachtung:** ins Heft

**Erklärung:** ins Heft

### Erläuterung (E 14)

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden

Nach wenigen Minuten ist eine Blaufärbung an den belichteten Blattstellen zu erkennen. Bei Verwendung von Halbtonnegativen zum Abdecken der Blätter ist ein sehr hartes (kontrastreiches) Positivbild zu erkennen.

Unter „Erklärung“ sollte notiert werden

Nur an den belichteten Blatteilen ist die Blaufärbung der Stärke-Nachweisreaktion zu erkennen. Stärke bildet sich also nur in Abhängigkeit von Licht und wird zumindest vorübergehend an den belichteten Stellen ein- bzw. abgelagert.

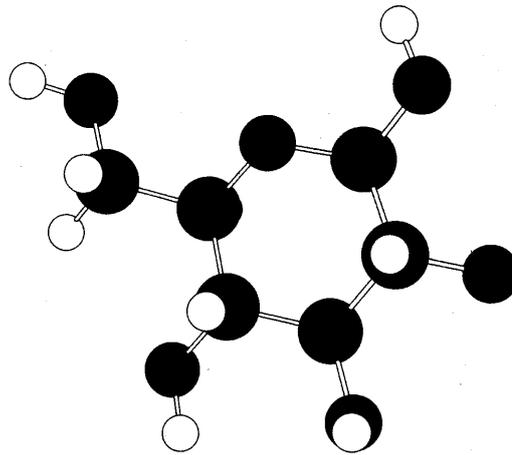
## M 9

III/A1

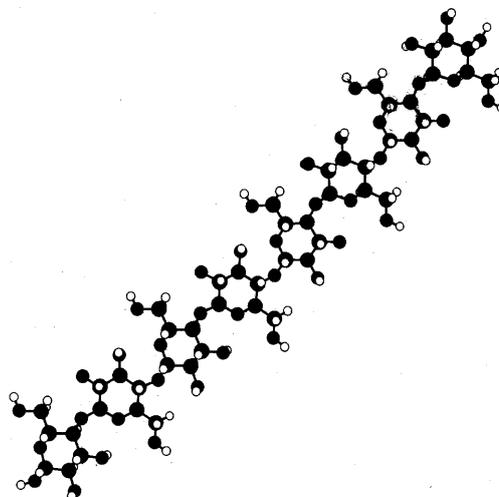
## Entwicklung einer Modellvorstellung von Amylose und Amylopektin<sup>1</sup>

### Der chemische Aufbau der Stärke

**Stärke** (Amylum) wird in Pflanzen in Form von 2 bis 100  $\mu\text{m}$  großen weißen Körnern gespeichert. Sie ist wasseranziehend (hygroskopisch) und in kaltem Wasser unlöslich. Die Stärkekörner bestehen aus **zwei verschiedenen Arten von Stärketeilchen**, nämlich zu etwa **80 % aus Amylopektin** (außen) und zu etwa **20 % aus  $\alpha$ -Amylose** (innen). Beide sind aus  $\alpha$ -D-Glucose aufgebaute Makromoleküle.



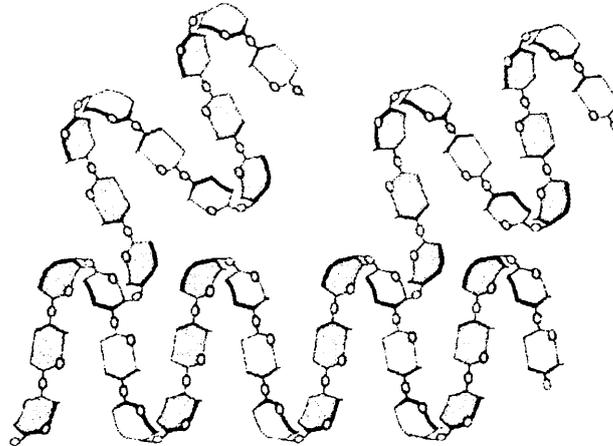
**Abb. 1:** Moleküldarstellung der  $\alpha$ -D-Glucose, der Grundeinheit des Stärke-Moleküls. Die weißen, grauen und schwarzen Kugeln bedeuten: *weiß* = Wasserstoff; *grau* = Kohlenstoff; *schwarz* = Sauerstoff.



**Abb. 2:** Ausschnitt aus einem  $\alpha$ -Amylose-Molekül. Es setzt sich aus einer Kette von  $\alpha$ -D-Glucose-Molekülen zusammen.

<sup>1</sup>Nach: **Nultsch, Wilhelm:** Allgemeine Botanik. 8. Aufl. Georg Thieme Verlag. Stuttgart-New York 1986. S. 36

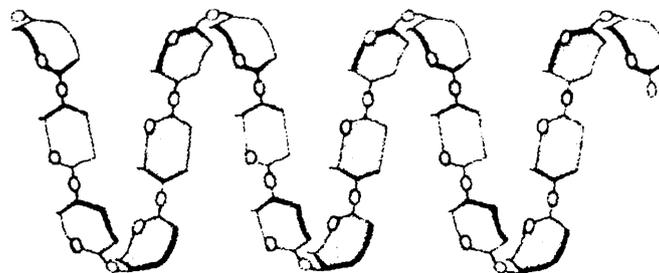
$\alpha$ -Amylose besteht aus unverzweigten Ketten, in denen die Glucose-Reste  $\alpha$ -(1,4)-glycosidisch gebunden sind. Diese Art der Bindung führt dazu, daß sich Amylose(makro)moleküle spiralförmig winden. Auf eine Windung der Spirale entfallen dabei sechs Glucose-Einheiten. Ein Amylosemolekül enthält etwa 100 -1 500 Glucose-Einheiten. Die relative molare Masse der  $\alpha$ -Amylose schwankt zwischen 15 000 und 220 000 g/mol.



**Abb. 3:** Chemischer Aufbau eines  $\alpha$ -Amylose-Moleküls in räumlicher Darstellung der Strukturformel. Das Molekül bildet eine Wendel.

Amylopektin besteht ebenso wie  $\alpha$ -Amylose aus spiralförmigen Ketten von  $\alpha$ -(1,4)-glycosidisch gebundenen D-Glucose-Einheiten. Diese Ketten sind jedoch in der Weise verzweigt, daß durchschnittlich an jedem dreißigsten Glucoserest zusätzlich zu der  $\alpha$ (1,4)-Bindung eine  $\alpha$ (1,6)-Bindung gebildet wird. Die daran gebundenen Seitenketten enthalten jeweils etwa 20 bis 25 Glucose-Einheiten.

Insgesamt ist ein Amylopektinmolekül aus mehreren tausend Glucoseeinheiten aufgebaut.



**Abb. 4:** Chemischer Aufbau eines  $\alpha$ -Amylopektin-Moleküls in räumlicher Darstellung der Strukturformel. Das Molekül bildet eine Wendel, die in regelmäßigen Abständen Verzweigungen aufweist, die durch die  $\alpha$ (1,6)-Bindung der Seitenkette entstehen.

### Eigenschaften der Stärke in wässriger Lösung beim Erhitzen

In kaltem Wasser findet eine mäßige, reversible Quellung der Stärkekörner statt. Beim Erhitzen des Wassers auf Temperaturen zwischen 50 bis 70 °C vollzieht sich ein irreversibler Destruktierungsprozeß. Dabei quellen die Stärkekörner weiter auf, kristalline Strukturen verschwinden und die  $\alpha$ -Amylose bildet eine kolloide Lösung. Letztere läßt sich mit Alkohol aus dem Filtrat abscheiden (= lösliche Stärke).

Bei weiterer Temperaturerhöhung bildet sich Stärkekleister, eine viskose Stärkedispersion, die gequollene Körner, Kornfragmente sowie gelöste Moleküle nieder- und hochmolekularer Art enthält.

### Stärkenachweis

Der **Stärkenachweis** mittels Jod-Kaliumjodidlösung beruht darauf, daß sich Jodatomenketten in die Innenräume der Stärkehelices (sing.: -helix; wendelförmige Stärkemakromoleküle) einlagern; Amylopektin zeigt dabei eine rotviolette Färbung,  $\alpha$ -Amylose eine Blaufärbung.

### Aufgaben (M 9)

*Lies die Texte aufmerksam und versuche zu verstehen,*

- 1. woraus Stärke zusammengesetzt ist;*
- 2. welche Konsequenzen der molekulare Feinbau für die Gestalt des gesamten Moleküls hat;*
- 3. wie die Eigenschaften Quellung in kaltem und im heißen Wasser sowie die Zerstörung der Gestalt des Stärkekorns bei hohen Temperaturen zustande kommt?*
- 4. Erkläre den Stärke-Nachweis mit eigenen Worten!*

### Erläuterung (M 9)

Es bietet sich an, den Text Schülerinnen und Schüler der Mittelstufe als Hausaufgabe auszugeben, so daß sie in Eigenarbeit versuchen, ihnen unbekannte Begriffe zu verstehen. Für Klassen, die mit der Chemie der Kohlenhydrate vertraut sind, müßte die Behandlung dieses Themas keine größeren Schwierigkeiten bereiten. Die Bindungstypen ( $\alpha$ -,  $\beta$ -; D- und L-) und die Nomenklatur der Numerierung der Atome im Glucose-Molekül müssen wahrscheinlich wiederholt werden.

## E 15 Nachweis des Stärkeabbaus durch Speichel mit Jod-Kaliumjodidlösung

|                                    |         |  |                             |
|------------------------------------|---------|--|-----------------------------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 5 min.  | <input checked="" type="checkbox"/> SV | <input type="checkbox"/> LV |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 15 min. |  |                             |

| Chemikalien  | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte   |
|--|-----------------|------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kartoffelstärke</li> <li>- Jod-Kaliumjodidlösung</li> </ul> |                 |            | Dreifuß, Drahtnetz, Bunsenbrenner, drei Reagenzgläser, Becherglas (50 cm <sup>3</sup> ), Glasstab, Meßzylinder (5 cm <sup>3</sup> ), Thermometer, Reagenzglasständer |

### Versuchsdurchführung:

Gib eine Spatelspitze Kartoffelstärke und 10 cm<sup>3</sup> Wasser in ein kleines Becherglas und erhitze über dem Bunsenbrenner zum Sieden. Den entstandenen Stärkekleister verteilst Du auf drei Reagenzgläser, die Du numeriert hast. Wenn der Kleister auf 40 °C abgekühlt ist, werden zu Probe 2 und 3 jeweils drei Tropfen Jod-Kaliumjodidlösung gegeben.

Zu Probe 1 und 2 werden jeweils zwei cm<sup>3</sup> Wasser hinzugefügt, und zu Probe 3 die gleiche Menge Speichel.

### Beobachtung:

|                              | Probe 1 (= Kontrolle) | Probe 2 | Probe 3 |
|------------------------------|-----------------------|---------|---------|
| <b>Stärkekleister</b>        | +                     | +       | +       |
| <b>Jod-Kaliumjodidlösung</b> | -                     | +       | +       |
| <b>Speichel</b>              | -                     | -       | +       |
| <b>Wasser</b>                | +                     | +       | -       |
| <b>Veränderung</b>           |                       |         |         |

### Erklärung:

**Erläuterung (E 15)**

Als „Beobachtung“ sollte in der letzten Zeile notiert werden

III/A1

|                    | Probe 1 (= Kontrolle) | Probe 2                            | Probe 3                                 |
|--------------------|-----------------------|------------------------------------|---|
| <b>Veränderung</b> | <i>keine Färbung</i>  | <i>Blaufärbung bleibt bestehen</i> | <i>Blaufärbung verschwindet langsam</i> |

Bei der Probe 3 (mit Speichelzusatz) wird der Stärkekleister nach Zugabe der Jod-Kaliumjodid-Lösung erst blau und entfärbt sich dann langsam. Die Entfärbung verläuft über braunviolette Zwischenstufen.

Unter „Erklärung“ sollte notiert werden

Die Stärke wird durch einen im Speichel enthaltenen Stoff allmählich abgebaut. Dabei entstehen Zwischenprodukte (Dextrine), die durch Jod-Kaliumjodidlösung braunviolett gefärbt werden.

**Allgemeine Hinweise**

Alternativ kann auch folgendes kleines Experiment durchgeführt werden: Eine Schülerin/ein Schüler kaut ein Stück Brot oder Brötchen. In Abständen von 15 Sekunden wird ein kleiner Teil davon auf eine Petrischale gelegt und mit zwei Tropfen Jod-Kaliumjodidlösung versetzt. Zum Vergleich wird am Anfang ein ungekauertes Stückchen mit Wasser angefeuchtet und ebenfalls beträufelt (Kontrolle).

*Beobachtung:* Während die erste Probe noch blauviolette Reaktion zeigt, ist die Färbung bei den weiteren Proben deutlich schwächer und verschwindet auch im Laufe der Zeit.

Die/der Kauende kann zudem einen zunehmend süßen Geschmack im Mund feststellen.

## E 16

## Stärkeaufbau aus Zucker mit Hilfe von Glucose-1-phosphat

|                                    |         |                                     |           |                          |           |
|------------------------------------|---------|-------------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| <b>Dauer Vorbereitung:</b>         | 10 min. | <input checked="" type="checkbox"/> | <b>SV</b> | <input type="checkbox"/> | <b>LV</b> |
| <b>Dauer Versuchsdurchführung:</b> | 15 min. |                                     |           |                          |           |

| Chemikalien   | Gefahrensymbole | Entsorgung | Geräte   |
|---|-----------------|------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- junge, rohe Kartoffeln (möglichst direkt vom noch grünen Stock)</li> <li>- Glucose-1-phosphat</li> <li>- Glucose</li> <li>- Jod-Kaliumjodidlösung</li> </ul> |                 |            | Geschirrtuch, Kaolin ( <i>Bolus alba</i> ),<br>Eßlöffel, Pipette, Reagenzgläser,<br>Küchenreibe, 2 Bechergläser,<br>Erlenmeyerkolben mit Stopfen,<br>Zentrifuge, Bunsenbrenner |

**Versuchsdurchführung:**

- Reibe die rohe Kartoffel und gib den Brei in ein Geschirrtuch. Drücke den Brei im Tuch, bis möglichst viel Saft (ca. 50 cm<sup>3</sup>) aus dem Brei herausgepreßt ist;
- um den Saft *vollständig von Stärke zu befreien*, gibst Du ihn in einem Erlenmeyerkolben, fügst einen Eßlöffel Kaolin hinzu und schüttelst kräftig. Anschließend zentrifugierst Du die trübe Aufschlammung (bzw. läßt dies Deine Lehrerin/Deinen Lehrer tun). Die überstehende Lösung ist stärkefrei, *enthält aber noch die zum Stärkeaufbau notwendigen Enzyme*;
- ca. 20 cm<sup>3</sup> vom Überstand werden über dem Bunsenbrenner etwa zwei Minuten erhitzt; davon werden 10 cm<sup>3</sup> weiterverwendet;
- eine Spatelspitze Glucose-1-phosphat wird in 50 cm<sup>3</sup> Wasser gelöst;
- eine Spatelspitze Glucose wird in 50 cm<sup>3</sup> Wasser gelöst;
- **Ansatz 1:** 10 cm<sup>3</sup> vom *nicht erhitzten* Überstand werden mit 10 cm<sup>3</sup> *Glucose-1-phosphat-Lösung* im Reagenzglas gemischt;
- **Ansatz 2:** 10 cm<sup>3</sup> vom *erhitzten* Überstand werden mit 10 cm<sup>3</sup> *Glucose-1-phosphat-Lösung* im Reagenzglas gemischt;
- **Ansatz 3:** Die 10 cm<sup>3</sup> vom *nicht erhitzten* Überstand werden mit 10 cm<sup>3</sup> *Glucose-Lösung* im Reagenzglas gemischt;
- **Ansatz 4:** Die 10 cm<sup>3</sup> vom *nicht erhitzten* Überstand werden mit 10 cm<sup>3</sup> *Wasser im Reagenzglas gemischt*;
- von allen vier Ansätzen werden jeweils 5 cm<sup>3</sup> abgenommen und in vorbereiteten, beschrifteten Reagenzgläsern durch Zutropfen von 3%iger Jod-Kaliumjodidlösung auf Stärke geprüft. Protokolliere sorgfältig!

**Beobachtung:** ins Heft**Erklärung:** ins Heft**Aufgabe (E 16)**

*Interpretiere das Ergebnis: „Ansatz 4: Stärkenachweis positiv“ im Hinblick auf die Aussagekraft der übrigen Ansätze und Fehlerquellen im Versuch!*

## Erläuterung (E 16)

Unter „Beobachtung“ – am besten in Form einer Tabelle angelegt – sollte notiert werden

- **Ansatz 1:** Nachweisreaktion positiv. Stärke hat sich gebildet.
- **Ansatz 2:** Nachweisreaktion negativ. Es hat sich keine Stärke gebildet, obwohl Glucose-1-phosphat vorhanden war. (Ein) für die Stärkebildung wichtige(r) Stoff(e) aus der Kartoffel wurden durch das Erhitzen zerstört.
- **Ansatz 3:** Nachweisreaktion negativ. Es hat sich keine Stärke gebildet, obwohl die Stoffe aus der Kartoffel ungeschädigt geblieben sind. Dafür fehlte aber der Phosphatrest am Zucker, der daher für die Reaktion erforderlich ist.
- **Ansatz 4 (Kontrolle):** Nachweisreaktion negativ. Die Kontrolle zeigt, daß Glucose-1-phosphat für die Reaktion erforderlich ist.

Unter „Erklärung“ sollte notiert werden

Durch den Versuch wird die Fähigkeit der Pflanze nachgewiesen, aus Glucose-1-phosphat mit Hilfe von Enzymen Stärke herzustellen. Daß es sich um eine Enzymwirkung handelt, zeigt Ansatz 2, bei dem die Enzyme durch Erhitzen zerstört wurden. Der Kontrollversuch mit Glucose (Ansatz 3) weist auf die Bedeutung der Phosphatbindung im Glucose-1-phosphat hin. In ihr steckt die Energie, die zu der Reaktion benötigt wird.

Zur Aufgabe

Ein positives Ergebnis im Ansatz ohne Glucose-1-Phosphat und mit Enzymen zeigt, daß im Überstand bereits Stärke enthalten war, daß also nicht die gesamte Stärke entfernt wurde. Die übrigen Ergebnisse zu den Ansätzen 1-3 müßten dann auch positiv sein. Die Fehlerquelle ist jedoch nur mit diesem Ansatz (4) einzugrenzen.

Allgemeine Hinweise

Es empfiehlt sich, den Versuch auch mit abgekochtem Kartoffelsaft durchzuführen. Der Stärkenachweis fällt dann negativ aus, da durch das Kochen die Enzyme zerstört worden sind.

*Literatur*

III/A1

*Monographien*

**Fischer, Hermann:** Plädoyer für eine sanfte Chemie. Über den nachhaltigen Gebrauch der Stoffe. C. F. Müller Verlag, Karlsruhe 1993.

Ein für Lehrerinnen und Lehrer geeignetes Buch – fachlich auf dem neuesten Stand und verständlich geschrieben. Es wird anhand ausführlicher, leicht verständlicher Beispiele aufgezeigt, daß Chemie für den Menschen und die Umwelt nicht nur schädlich, sondern auch von Nutzen sein kann.

**Fraunhofer Institut; Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg; Gesellschaft für Verpackungsmarktforschung Wiesbaden – Projektgemeinschaft Lebenswegbilanzen (Hrsg.):** Methode für Lebenswegbilanzen von Verpackungssystemen. 1992.

Eine wissenschaftliche Studie, die aufzeigt, wie man die „Lebenswege“ von Verpackungen nachvollzieht, um darauf auf richtige Verpackungsmöglichkeiten schließen zu können.

**Grieffhammer, R.; Hey, C.; Hennicke, P.:** Ozonloch und Treibhauseffekt. Rowohlt Taschenbuch Verlag. Reinbek/Hamburg 1989. Anzahl Seiten.

Ein Buch, das vor dem Höhepunkt der Diskussion um das Ozonloch und den Treibhauseffekt erschienen ist. Neueste Forschungsergebnisse sind daher nicht berücksichtigt. Bei einer Nutzung sollte unbedingt aktuelle Literatur zum Vergleich mit herangezogen werden.

**Osteroth, Dieter:** Biomasse. Rückkehr zum ökologischen Gleichgewicht. Springer Verlag, Heidelberg 1992.

Dieses Buch bietet interessante historische Einblicke.

**Westermann, Karin:** Verpackung aus nachwachsenden Rohstoffen. Vogel Buchverlag, Würzburg 1994.

Eine verständliche Einführung in die Thematik der Reihe, die viele ausführliche, für die Schule nutzbare Anwendungsbeispiele bringt.

*Zeitschriften***ÖKÖ TEST Magazin:**

Nachwachsende Rohstoffe. Ausweg oder Schnapsidee? (12) 1990. S. 10-15

Kompost-Kugelschreiber (5) 1993. S. 90

Kompostkuli „Green-Pen“ (7) 1993. S. 9

Nachwachsende Rohstoffe: Gute Basis (7) 1993. S. 9

**Top agrar:**

- Chancen für Öllein – Ein nachwachsender Rohstoff. (3) 1992. S. 138  
 Neues zur Flächenstilllegung 1992/93. (8) 1992. S. 22-23  
 Was sind nachwachsende Rohstoffe? 1992/93. (8) 1992. S. 23  
 Flächenstilllegung – Mitmachen oder verzichten? (9) 1992. S. 36-38  
 Industrieraps – 30 000 ha Raps auf stillgelegten Flächen? (9) 1992. S. 118  
 Biodiesel für die Hausheizung? (10) 1992. S. 29  
 Gentechnisch veränderte Kartoffeln und Rüben bald im Freiland? (11) 1992. S. 20  
 Bayerns erster Popcorn-Bauer. (11) 1992. S. 30-31  
 Raps oder Öllein statt Stilllegung – Ein Schuß ins Blaue oder mehr? (6) 1993. S. 52-55

**WirtschaftsWoche:**

- Eßbare Pappe. (17) 1991. S. 83  
 Lösung beim Tee. (31) 1991. S. 51  
 Süßer Klebstoff. (7) 1992. S. 50-52  
 Bioprodukte – Hartes Geschäft. (18) 1993. S. 87-88  
 Stützendes Korsett. Die Verpackungstylisten müssen umdenken. Üppige Formen sind nicht mehr gefragt. (18) 1993. S. 90-94

**Unterricht Biologie:**

- Moisl, Franz.** 3: Experimente. (2) 1988. S. 4-13  
 Themenheft „Naturmaterialien aus fremden Ländern“. (11) 1990.  
**Dalhoff, Benno.** Die Armen und die Schweine. (1) 1991. S. 39  
**Drutjons, Peter.** Der Treibhauseffekt. (2) 1991. S. 39-45

**Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie:**

- Demuth, Reinhard.** Projektorientierter Chemieunterricht. Heft 2 (6) 1991. S. 4-11  
 Themenheft „Abfall“. Heft 4 (16) 1993

**Spektrum der Wissenschaft:**

- Wirtschaftliche Aspekte des Kohlendioxid-Problems. (7) 1993. S. 30-38  
 Nachwachsende Rohstoffe in Energiewirtschaft und Chemie. (6) 1994. S. 96-114  
 Letzterer Beitrag bietet mehrere Artikel verschiedener Autoren zum Thema.

**Informationsblätter des Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) (Hrsg):**

- Exportlandwirtschaft und die Folgen ...  
 Bewußt leben – für das Leben in der „Dritten Welt“?!  
 IWF – Aufbau und Funktion  
 Weltbank und Ökologie

**FWU Magazin:**

- Klima in Gefahr. (3) und (4) 1993

*Filme***Treibstoff vom Acker** (1989, 29 min., Videofilm)

Im Mittelpunkt steht das brasilianische Alkoholprogramm auf der Basis von Zuckerrohr als alternativer regenerativer Energiequelle. In Real- und Trickaufnahmen werden die Möglichkeiten von Energieplantagen aufgezeigt und – wo nötig – problematisiert.

**Umwelt und Klima. Treibhaus Erde** (1989, 18 min., 16 mm Farbfilm)

Prognosen des Energieverbrauchs, der CO<sub>2</sub>-Emission und der daraus möglicherweise erwachsenden Klimaveränderungen für Europa und Nordafrika werden mit Hilfe von Computergrafiken dargestellt. Daraus werden Veränderungen der Weizen-, Mais- und Reisproduktion sowie der Land- und Wasserverteilung abgeleitet.

*Adressen für Informationen**Adressen von Verpackungsherstellern auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen (Auswahl):*

**Biotec GmbH & Co. KG.** Postfach 102020, 46422 Emmerich.

**Biopac Biologische Verpackungssysteme GmbH.** Haasstraße, A-2100 Leobendorf.

**Mater-Bi/Montedison Deutschland GmbH.** Kölner Straße 3 a, Postfach 5648, 65760 Eschborn.

**Südstärke GmbH.** Königslachener Weg 2 a, 86529 Schrobenhausen.

*Adressen von Herstellern, die andere Produkte auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen produzieren (Auswahl):**Waschmittel:*

**AWALAN.** Alte Frankfurter Straße, 38002 Braunschweig.

**Henkel KG.** Postfach 10 11 00, 40002 Düsseldorf.

*Farben:*

**AURO.** Postfach 1238, 38002 Braunschweig.

**Leinos Naturfarben.** Weilenburgstraße 29, 42579 Heuligenhaus.

*Kosmetik:*

**Logona.** 31021 Salzhemmendorf.

**Weleda.** Postfach 1320, 73503 Schwäbisch-Gmünd.