

Lutz Stäudel

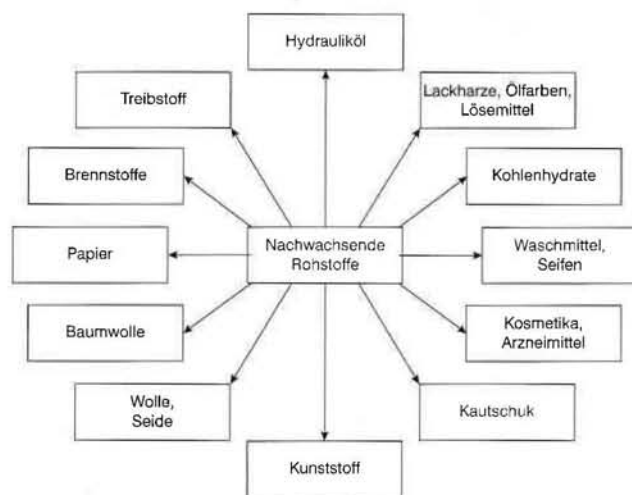
Nachwachsende Rohstoffe

Ein vielgestaltiges Thema in Schule und Gesellschaft

Genau betrachtet beginnt die Geschichte der nachwachsenden Rohstoffe mit den ersten Menschen, die sich natürlicher Ressourcen bedienten, um ihre Hütten zu bauen, Brennstoff für ihre Feuer zu haben und um sich zu ernähren. Die Sonne galt von jeher als die Urkraft, die dieses Wachsen und Nachwachsen bewirkte. Das fand seinen Niederschlag auch in den ersten Mythen und Religionen, die als Ausdruck der Bewusstwerdung des Menschseins entstanden: Die Sonne als Lebensspenderin und das Samenkorn, das untergeht und durch die Sonne wiedergeboren wird zur Pflanze und reiche Ernte bringt, in frühen mesopotamischen Kulturen, im alten Ägypten oder den Sonnentempeln mittelamerikanischer Reiche.

Die Unterscheidung zwischen nachwachsenden und anderen Rohstoffen allerdings ist deutlich neueren Datums. Sie hätte frühestens mit der Industriellen Revolution relevant werden können; schließlich wurden in deren Verlauf Holz (und Holzkohle) als wichtigste Brennstoffe nach und nach abgelöst durch die Kohle und, nur Jahrzehnte später, durch Erdöl und Erdgas ergänzt. Parallel wurde Holz als Baustoff in großem Umfang durch Eisen und Stahl ersetzt, die jetzt massenhaft verfügbar waren. Bezieht man die spätere Verwendung von Erdöl als Rohstoff für die entstehende chemische Industrie mit ein, dann zeigt sich ein umfassender Wechsel der Rohstoffbasis sowohl im Energiebereich wie bei der stofflichen Produktion: Fossile statt nachwachsende Rohstoffe!

Erst als im letzten Drittel des vergangenen Jahrhunderts die Endlichkeit der fossilen Ressourcen ins Bewusstsein der Öffentlichkeit gelangte, betraten die „Nachwachsenden Rohstoffe“ auch als Begriff die Weltbühne. Markantestes Ereignis in diesem Sinn waren vier Sonntage mit Fahrverbot während der „ersten Ölkrise“ im Herbst 1973. Jene Jahre waren aber auch geprägt von einem sich entwickelnden Umweltbewusstsein: Schaumberge auf den Flüssen, Pestizid- und Schwermetallrückstände auf Obst und Salat bewirkten eine wachsende Skepsis gegenüber „der Chemie“ und ihren Produkten. Die nachwachsenden Rohstoffe erschienen vielen auch vor diesem Hintergrund als Alternative, häufig im Sinne eines „Zurück zur Natur“. Die mit den Nachwachsenden Rohstoffen verbundenen Hoffnungen und Erwartungen richteten sich so von Anfang an auf beides, auf alternative Möglichkeiten bei der stofflichen Produktion sowie auf eine Nutzung als Brenn- und Treibstoffe (vgl. **Abb. 1**).

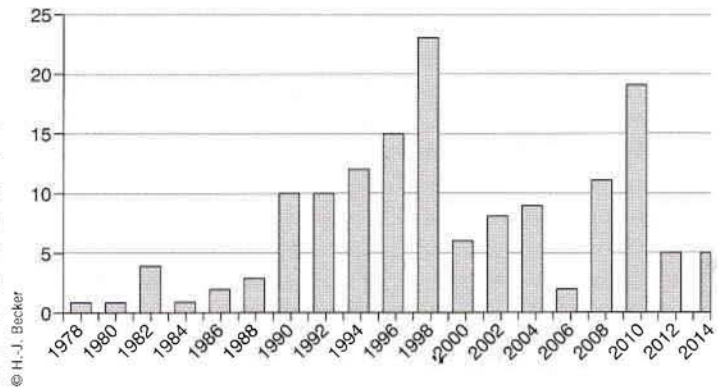


1 | Nachwachsende Rohstoffe und ihre Verwendung im Überblick (in Anlehnung an [12])

Nachwachsende Rohstoffe und naturwissenschaftlicher Unterricht

Wie zuvor andere – neue – Themen auch fanden die nachwachsenden Rohstoffe ihren Niederschlag in den naturwissenschaftlichen Fächern, insbesondere in Biologie und Chemie, und wie stets mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung. Während etwa die vom Club of Rome vorgestellte Studie „Die Grenzen des Wachstums“ [1], die sich u. a. kritisch mit der Ausbeutung der Rohstoffreserven und der Zerstörung von Lebensräumen auseinandersetzt, auf das Jahr 1972 datiert, erschien die erste größere unterrichtsbezogene Schrift mit ähnlichem Fokus erst 1977: „Rohstoffe und Produkte – die großen Stoffströme der Erde“ [2]. Ähnliches gilt für die energetische Nutzung der nachwachsenden Rohstoffe: So wurde Biogas bereits in der Zeit vor dem 2. Weltkrieg als Nebenprodukt der Abwasseraufbereitung aufgefangen und zum Betrieb von Motoren genutzt und schließlich in den 70er Jahren als mögliche Ressource zur Deckung des allgemeinen Energiebedarfs wiederentdeckt. 1981 fand sich dann ein erster Beitrag in der Vorläufer-Ausgabe dieser Zeitschrift (NiU-Physik/Chemie): „Energie aus Biomasse – Grundlagen und Bauanleitung für eine Modell-Biogasanlage“ [3]. Solche zeitverzögerte Analogentwicklung ließe sich mit vielen weiteren (stofflichen) Beispielen belegen, etwa im Zusammenhang mit der Nutzung von pflanzlichen Ölen für die Herstellung von Alkylpolyglycosiden als gut abbaubaren Tensiden oder im Kontext der Umesterung von Rapsöl für die Gewinnung von Motorentreibstoffen.

In den eher handwerklich orientierten nachwachsenden Rohstoff-Bereichen verliefen öffentliche Diskussion und Entwicklung und Aufbereitung für den Unterricht dagegen fast parallel. So gaben Bader und Blume bereits 1989 ein Themenheft zu nachwachsenden Rohstoffen heraus [4] mit Vorschlägen zur Gewinnung von Terpenen aus Orangenschalen als Lösungsmittel, zur Weiterverarbeitung von Pflanzenfetten u.v.a.m. In den Folgejahren kam es zu einer aspektreichen Umsetzung des Themenfeldes nachwachsende Rohstoffe insbesondere für den Chemieunterricht, und zwar sowohl in konzeptioneller wie in experimenteller Hinsicht. Viele der infrage kommenden Stoffe wie Fette und Seifen oder Stärke und Zellulose gehörten ohnehin zum Repertoire und fanden jetzt neue Aktualität unter dem Dach der nachwachsenden Rohstoffe. Auch boten und bieten viele der hier relevanten Stoffe Gelegenheit, den Zusammengang von molekularer Struktur und makroskopischen Eigenschaften zu thematisieren, ebenso energetische Aspekte (bei Oxidationsprozessen) sowie einige wichtige Reaktionsschemata bei der Weiterverarbeitung natürlicher Stoffe, z. B. „Verseifung“, Hydrolyse, Oxidations- und Polymerisations-Reaktionen. Betrachtet man die Quantität von einschlägigen fachdidaktischen Publikationen, dann zeigt sich ein Verlauf mit einiger Variation – ganz ähnlich wie sich die gesellschaftliche und politische Diskussion um die nachwachsenden Rohstoffe einschließlich ihrer technischen Konkretisierung entwickelte.



2 | Fachdidaktische Publikationen zu nachwachsenden Rohstoffen auf Basis von Daten aus der Datenbank FADOK

Der Graph in **Abbildung 2** zeigt ein deutliches Ansteigen des Interesses während der 90er Jahre, dem entspricht eine Intensivierung der Diskussion in Gesellschaft, Politik und Industrie von der Mitte der 80er Jahre an. 1992 fand das „I. Symposium nachwachsende Rohstoffe – Perspektiven für die Chemie“ statt, das 1996 seinen Niederschlag in einem mehr als 300 Seiten starken Band des VCH fand [5]. Hier wurde der Stand der Forschung und Entwicklung für die Produktion von Tensiden, Kosmetika, Biopolymeren, Stärkederivaten u. v. a. vorgestellt. Herausgestellt wurden dabei insbesondere die Vorteile, die sich aus der Synthese(vor)leistung der Natur [6] ergäben: Die verminderte Zahl von Verfahrensschritten bedeutete ja auch eine Energieeinsparung sowie einen verminderten Anfall problematischer Nebenprodukte. Diskutiert wurde aber auch die begrenzte Reichweite entsprechender Veränderungen im Hinblick auf globale Effekte: Zwar vermindere der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen den Ausstoß von CO_2 ; angesichts des Umstandes, dass die chemische Industrie aber nur ca. 5 % der geförderten fossilen Rohstoffe zur Produktion einsetzte und der übergroße „Rest“ als Treibstoffe verbrannt würden, seien die zu erwartenden Effekte eher von geringem Umfang.

Unter eher grundsätzlichen Gesichtspunkten nahm zur gleichen Zeit die Enquete-Kommission des Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“ die Diskussion um Nachhaltigkeit und Umweltschutz auf. Nach Einschätzung ihrer Experten müsse sich die künftige Gestaltung von Gesellschaft und Produktion mehr an der „Natur und den Grundprinzipien ihrer Stoffumsätze (...) orientieren“ [7, S. 74]. Dazu gehörten die „Nutzung der stofflichen Vielfalt der Natur“, die „Orientierung an den natürlichen Funktionen von Naturstoffen“ sowie die „Orientierung an den gewachsenen Strukturen und Komplexität“. Beispielhaft wurden einige Felder gesellschaftlichen Bedarfs herausgestellt und unter ökologischen und Nachhaltigkeitsgesichtspunkten analysiert, u. a. entlang der „textilen Kette“. Mit der Bekleidung als einem allgemeinen Bedürfnis konnten so Natur- und Synthesefasern gegenübergestellt werden, in den Blick genommen wurden Färbeverfahren, chemische Hilfsstoffe und die damit verbundenen Risiken, mögliche (traditionelle) Alternativen

ebenso wie die sozialen Schiefenlagen einer international organisierten Produktion.

Solche Diskussionen machten aber immer wieder auch deutlich, dass Nachwachsende Rohstoffe allein keinen Weg aus Energie- und Umweltkrise ebnen können. So wies O. Syassen, ein erklärter Befürworter von Dieseltreibstoffen auf Basis von Pflanzenölen, schon 1991 darauf hin, dass in Deutschland kurzfristig allenfalls 9 % des Bedarfs aus diesen Quellen gedeckt werden könnten [8]. Von anderer Seite wurden Treibstoffe aus Nachwachsenden Rohstoffen grundsätzlich in Frage gestellt. Auf Ablehnung stieß bei einem Hearing der GRÜNEN (1995) auch der Einsatz von Biodiesel und zwar wegen der „vergleichsweise schlechten Energieeffizienz ... und (dem) um ca. 8 % höheren Stickoxidausstoß“ [9, S. 108].

Nachwachsende Rohstoffe und Fachdidaktik

So wie sich in der Öffentlichkeit die Diskussion um die Nachwachsenden Rohstoffe weiter differenzierte (vgl. **Kasten 1**), erweiterte sich auch die Palette von Produkten am Markt: Es wurden (und werden) Farben und Lacke auf Basis nachwachsender Rohstoffe angeboten, Kosmetika auf Naturstoffbasis, im Textilbereich hat insbesondere Baumwolle Konjunktur, aber auch Hanf wird als Faserpflanze vielfältig genutzt, für Kleidung ebenso wie als Material zur Verstärkung von Formteilen bei der PKW-Produktion. Biomasse steuert inzwischen einen nicht unerheblichen Teil zur Energiebereitstellung bei, insbesondere im ländlichen Raum.

Die Themen dieser Vielfalt haben sich in ca. 200 Beiträgen für den naturwissenschaftlichen Unterricht niedergeschlagen, viele davon auch in dieser Zeitschrift. Bereits 1989 erschien das Themenheft „Nachwachsende Rohstoffe“ [10], herausgegeben von H. J. Bader und R. Blume, mit experimentellen Vorschlägen zu praktisch allen Stoffgebieten im Zusammenhang mit Nachwachsenden Rohstoffen. Gemeinsam mit I. Melle und S. Nick stellte wiederum H. J. Bader umfassende Unterrichtsmaterialien „Nachwachsende Rohstoffe – Die Natur als chemische Fabrik“ [11] zusammen, die von der – auch heute noch im Bildungsbereich aktiven – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) herausgegeben wurden und weite Verbreitung fanden.

Dieses Materialpaket wurde 2010 durch eine Neubearbeitung ersetzt, die sich mit ihren 4 Modulen sowohl an Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Feld richtete wie auch für die sozialkundlichen Fächer Angebote machte [12].

1998 folgte in dieser Zeitschrift ein weiteres Themenheft „Nachwachsende Rohstoffe“ [13], das neben einem ergänzenden experimentellen Angebot (APG, Hanf, Miscanthus, Verpackung aus Nachwachsenden Rohstoffen, Naturfarben und Färben) auch die Konflikte um die Nachwachsenden Rohstoffe aufgriff, z. B. mit einem Rollenspiel „Nachwachsende Rohstoffe – Chance für die Landwirtschaft?“ [21] oder mit dem Instrument der Ökobilanz [19], die auf das Produkt Biodiesel angewandt wurde.

Nachwachsende Rohstoffe – Schlaglichter

Die hier zusammengestellten Schlaglichter sollen die spannungsreiche und wechselvolle Geschichte der nachwachsenden Rohstoffe illustrieren – auch mit Blick auf den Unterricht.

Waschmittel und Zuckertenside

In den späten 60er- und früher 70er-Jahren drohte vielen Gewässern nicht nur die Eutrophierung durch massiven Eintrag von Phosphaten, überwiegend aus Waschlaugen, es waren auch Schaumberge auf vielen Flüssen zu beobachten (**Abb. 3**), insbesondere hinter Wehren oder Schleusen. Dafür verantwortlich waren schwer abbaubare Tenside, die auf Erdöl-Basis produziert worden waren (Dodecylbenzolsulfonat (LAS) und Tetrapropylbenzolsulfonat (TPS), s. z. B. [17]).

Mit der Entwicklung der Alkylpolyglucoside (APG) aus Zucker und einem Fettalkohol (und durch den Ersatz der Phosphate als Enthärter durch Zeolithe) konnten die Gewässer weitestgehend entlastet werden. Allerdings erkaufte man sich die ökologischen Vorteile durch neue Probleme in den Ländern, die die Rohstoffe dazu lieferten. Urwald musste Plantagen weichen, es wurden vermehrt Pestizide eingesetzt mit entsprechenden Belastungen auch außerhalb der unmittelbaren Anbauzonen. Zudem stehen die für den Anbau der Nachwachsenden Rohstoffe genutzten Flächen nicht mehr für die Gewinnung von Nahrungsmitteln zur Verfügung (vgl. auch das Rollenspiel auf S. 27 in diesem Heft).

Verkaufsargument „naturnah“?

Nach der Entwicklung der Zuckertenside zur Marktreife bewarben führende Waschmittelhersteller ihre Produkte mit dem Umwelt-Argument: Der Verweis auf Naturnähe und 100%ige Abbaubarkeit insbesondere bei bestimmten Flüssigrezepturen sollte den Verkauf fördern. Tatsächlich kam diese Argumentation nicht bei den Verbraucher(innen) an. Jahrzehnte der Werbung für ein strahlendes Weiß ließen „Öko“-Waschmittel als möglicherweise weniger wirksam erscheinen als ihre petrochemischen Vorfahren. In der Folge wurden in der Konsumentenwerbung und auf den Produktverpackungen fast alle Hinweise auf besondere ökologische Verträglichkeit entfernt – obwohl praktisch in allen Voll- und Buntwaschmitteln Zuckertenside in hohem Anteil enthalten sind.

3 | Schaum auf Flüssen ist ein Hinweis auf den Eintrag von Tensiden

Ein ähnliches Schicksal, hier die Einstellung der Produktion, erfuhren die Waschmittel-Baukastensysteme, bei denen der Verbraucher je nach Wasserqualität und Waschgut Tenside, Enthärter und andere Zusatzstoffe dosieren konnte. In Deutschland wurde 2014 die letzte Baukasten-Serie vom Markt genommen. „Öko“ scheint wenig marktfähig zu sein.

Nachwachsende Rohstoffe und Nachhaltigkeit (I)

„Nachwachsend“ ist nicht gleichbedeutend mit „nachhaltig“. Immer dann, wenn ein Stoff in großen Mengen aus der Umwelt entnommen (oder in sie eingebracht) wird, können bestehende Gleichgewichte nachhaltig gestört werden. Historisch bedeutendes Beispiel ist der Schiffsbau in der Antike. Insbesondere in Griechenland und später im antiken Rom wurde dafür immer mehr Holz benötigt. Wenn Bestände aber über ein gewisses Maß hinaus abgeholzt werden, werden die oberen Bodenschichten der Erosion preisgegeben. Ganze Landschaften verkarsten. Das im Mittelmeerraum vorherrschende Landschaftsbild ist von Ausnahmen abgesehen (wiederaufgeforstete Regionen wie in Kalabrien) immer noch Ergebnis des frühen Raubbaus (**Abb. 4**).

Wie die antike Stadtkultur diesen Raubbau noch weiter vorantrieb, findet man z. B. auf www.chemieunterricht.de „Wie die Stadtkultur Ressourcen vernichtet“ [18].

Nachwachsende Rohstoffe und Nachhaltigkeit (II)

Die bis vor kurzem heftig geführte Debatte um den Zusatz von Bioethanol zum Benzin aus Gründen der CO_2 -Vermeidung wurde zwar vom Verbraucher durch die Abstimmung an der Zapfsäule entschieden: E10-Kraftstoff fand nicht in erwartetem Umfang Zustimmung, jedoch spielten ökologische Argumente nur eine nachgeordnete Rolle. Vielmehr galt die Sorge einer verstärkten Korrosion von Motorteilen.

Dass Biotreibstoffe nicht CO_2 -neutral sein können, ist inzwischen unbestritten, umstritten wird aber wie genau die CO_2 -Bilanz z. B. auch für Biodiesel aussieht und ob die Vorteile die in Kauf genommenen Nachteile (Nahrungsmittelkonkurrenz insbesondere in dritten Ländern, wenn Import stattfindet, fragwürdiger Industriepflanzenanbau mit höheren Einsatz von Insektiziden und Pestiziden) aufwiegen können [19].

Dass nachwachsende Rohstoffe (vgl. **Abb. 5**) keine Lösung für die Endlichkeit der Erdölreserven sind, kann leicht durch Bedarfsabschätzungen gezeigt werden (s. S. 49 f. in diesem Heft).

Biomasse und Energie

Wie erwähnt gehörte die Nutzung von Biomasse bereits zu den Anfängen der Beschäftigung mit nachwachsenden Rohstoffen. Kleine Biogasanlagen, die Speiseabfälle, Stallmist und Ähnliches zur Energiegewinnung in brennbare Gase wie Methan umwandeln sollten, schienen zunächst nur für Dritte-Welt-Länder geeignet, insbesondere um dort Kochstellen ohne Holzfeuerung betreiben zu können. Inzwischen liegt der Anteil des Biogases im Energiemix bei knapp 5%. Jedoch werden keineswegs die Abfälle aus der Biotonne hier eingesetzt, sondern zu fast 50% nachwachsende Rohstoffe, die eigens hierfür angebaut werden: Maissilage, d. h. Mais als ganze Pflanze (s. S. 18 ff. in diesem Heft).

Auch bei dem Anteil von Biomasse, der direkt verbrannt wird, z. B. in kleineren bis mittleren Heizkraftanlagen, haben Entwicklungen stattgefunden, die so zunächst nicht erwartet worden sind: Wurde zunächst Waldrestholz, also sonst nicht verwertbare Reste, als Brennstoff benutzt sowie Altholz, Abfälle aus dem Papierrecycling u. a. m., so ist es mit zunehmender Verbreitung solcher Anlagen inzwischen zu einer Verschiebung in Richtung schnell wachsender Hölzer gekommen. Zum Teil wird Holz für die Pelletherstellung sogar aus Osteuropa eingeführt.

Nachwachsende Rohstoffe und Gesundheit

Naturstoffe statt Chemie, Gewachsenes statt synthetischer Materialien, das galt für viele als Ansatz zur Lösung aktueller wie künftiger Probleme. Tatsächlich kann die Verarbeitung von Naturstoffen so gestaltet werden, dass die Abfälle leicht wieder in den Naturkreislauf zurückgegeben werden können. Das bedeutet aber nicht, dass natürliche Materialien in jedem Fall besser für die menschliche Gesundheit sind. Insbesondere das allergene Potenzial ist bei Naturstoffen oft ebenso hoch wie bei Syntheseprodukten. Entsprechende Probleme mit Kontaktallergien sind aus dem Kosmetikbereich bekannt, ebenso bei Duftzusätzen bei Reinigungsmitteln oder beim Einsatz natürlicher Harze [20].

In den Folgejahren verschob sich die fachdidaktische Auseinandersetzung weiter in Richtung auf die Konfliktpotenziale des Feldes Nachwachsender Rohstoffe, sowohl die offensichtlichen („Tank oder Teller“) wie die weniger auf der Hand liegenden (Monokulturen als Rohstofflieferanten). Dies war zum einen der intensivierten öffentlichen Diskussion z. B. um den Biosprit geschuldet, zum anderen kam dies auch der Forderung der 2004 verabschiedeten Bildungsstandards entgegen: Im Kompetenzbereich „Bewerten“ konnten mit Inhalten aus dem Bereich der Nachwachsenden Rohstoffe fachliches Stoff- und Strukturwissen über einen gesellschaftlich relevanten Konflikt zusammengebracht werden, an dem die Lernenden ihre Bewertungskompetenz entwickeln und erproben können. Einige charakteristische Konfliktszenarien sind in **Kasten 1** kurz angerissen. Zu vielen dieser Themen gibt es Plan- oder Rollenspiele wie auch Materialien, die eine fachlich fundierte Urteilsbildung unterstützen können.

Schließlich sei noch erwähnt, dass es die Nachwachsenden Rohstoffe nicht nur in zahlreiche Einzelpublikationen geschafft haben, sondern auch in Schulbücher und sogar Lehrpläne, zum ersten Mal in Hessen unter dem Titel „Fossile und nachwachsende Rohstoffe“ im Rahmenplan Naturwissenschaftsplan von 1995 [14, 15], zuletzt ansatzweise im Lehrplan „Mensch-Natur-Technik“ für die Gymnasien in Thüringen [16, Modul 5].

In diesem Heft ...

Vor dem Hintergrund so zahlreicher und teilweise umfassender Publikationen kann dieses Heft nur wiederum ergänzende Vorschläge liefern und Ihnen als Leserinnen und Lesern Lust und Mut machen, das Thema „Nachwachsende Rohstoffe“ auch in Ihrem Unterricht nutzbringend einzusetzen. Dazu stellt H. Stein vor, wie das Thema Fossile und Nachwachsende Rohstoffe für den bilingualen Unterricht aufbereitet werden kann (s. S. 7 ff. in diesem Heft). K. Haucke zeigt am Beispiel der Biogasherstellung, welches kompetenzfördernde Potenzial die Auseinandersetzung mit Prinzipien und der Technik dieses Inhaltsfeldes besitzt (s. S. 18 ff. in diesem Heft). U. Krupp, K. Sommer, M. Klein und C. Schneider berichten von einem Projekt des Alfred Krupp-Schülerlabors, in dem es um Palmöl und Palmkernöl als Rohstoffe für Tenside geht, und zwar sowohl experimentell als auch diskursiv sowie aus journalistischer Perspektive (s. S. 24 ff. in diesem Heft). S. Struckmeier, B. Sieve und J. Kloppenburg haben sich die Biokunststoffe vorgenommen: Dabei thematisieren und problematisieren sie einerseits unseren Kunststoff-Alltag, zum anderen bahnen sie experimentelle Zugänge mit gut zugänglichen Mitteln (s. S. 32 ff. in diesem Heft). Schließlich gibt es noch zwei Exkursionen zum Thema Nachwachsende Rohstoffe: Die eine, vorgestellt von Y. Larsen, zielt ab auf die Stationen einer Ausstellung, die neben Mitmachexperimenten auch Künstlerisches bieten (s. S. 41 ff. in diesem Heft), bei der anderen führen uns A. Holzinger und G. Benke in eine Grundschulklasse

und zeigen dabei, welche Vorstellungen Kinder im Alter von 10 Jahren vom Nachwachsen – sprich: von Pflanzen – haben und wie dieses Verständnis weiterentwickelt werden kann (s. S. 44 ff. in diesem Heft).

Literatur

- [1] Meadows, D.; Meadows D. H.: Die Grenzen des Wachstums 1972. (DVA), Stuttgart 1972
- [2] Neumann, K.-K.; Neumann, H.-J.: Rohstoffe und Produkte – die großen Stoffströme der Erde. In: ChET 3, 1977, S. 145 ff.
- [3] Mönninghoff, H.: Energie aus Biomasse – Grundlagen und Bauanleitung für eine Modell-Biogasanlage. In: NiU-PC 29 (1981), S. 314 ff.
- [4] Bader, H. J.; Blume, R. (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe. NiU-Physik/Chemie 37(1989)
- [5] Eierdanz, H. (Hrsg.): Perspektiven nachwachsender Rohstoffe in der Chemie. (VCH), Weinheim 1996
- [6] Quadbeck-Seeger, H.-J.: Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie. In: [4], S. XXIII ff.
- [7] Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages (Hrsg.): Die Industriegesellschaft gestalten. Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Bonn 1994
(download unter: <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/12/082/1208260.pdf>)
- [8] Syassen, O.: Situationsanalyse zur Problematik Nachwachsende Kraftstoffe. Gutachten für das Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten, Rheinland-Pfalz (o. O.) 1991
- [9] Lemke, S.; Höfken, U. (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe – Strohfeder oder Ausweg? Beiträge zum Hearing am 8./9. Juni 1995 in Bonn. Bonn 1995
- [10] Bader, H. J.; Blume, R. (Hrsg.): Themenheft „Nachwachsende Rohstoffe“. NiU – Physik/Chemie 37(1989)
- [11] Bader, H. J.; Melle, I.; Nick, S.: Nachwachsende Rohstoffe – Die Natur als chemische Fabrik, Unterrichtsmaterialien für den Bereich der Sekundarstufe I. Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe & Schroedel, Hannover 1997
- [12] Jahreiß, A.; Längenfelder, A. & U.; Müller, M.: Nachwachsende Rohstoffe. Fächerübergreifendes Lehr- und Lernmaterial in vier Modulen, multimedial aufbereitet, für die Sekundarstufe. Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe 2010 (Klassensatz kostenlos zu beziehen über <http://www.fnr.de/service/bildung-schule/lehrrmaterialien-fuer-den-schulunterricht/#c16771>)
- [13] Wagner, G.; Münzinger, W. (Hrsg.): Themenheft „Nachwachsende Rohstoffe“. UC 9(1998) Nr. 45
- [14] Hessisches Kultusministerium: Rahmenplan Naturwissenschaften Sekundarstufe I. Wiesbaden 1995 (als Dokument zum Download unter http://www.guteunterrichtspraxis-nw.org/schriften_LS/116%20RPlan_NaWi_Hessen.pdf)
- [15] Stäudel, L.: Handreichungen – für das Thema „Nachwachsende Rohstoffe“ im fächerübergreifenden Unterricht. In: UC 9(1998) Nr. 45, S. 24
- [16] Thüringer Ministerium für Bildung, Jugend und Sport: Lehrplan für den Erwerb der allgemeinen Hochschulreife. Mensch-Natur-Technik (o. O.) 2015
- [17] Informationen zur LAS und TPS: <http://www.seilnacht.com/waschm/vollw.html#las>
- [18] Professor Blumes Bildungsserver für Chemie: Wie die Stadtkultur Ressourcen vernichtet. <http://www.chemieunterricht.de/dc2/auto/wald-rom.htm>
- [19] Eilks, I.; Klinkebiel, G.: Biodiesel. In: PdN-ChiS 50 (2000) H. 1, S. 8–10
- [20] zu Naturstoffen und Allergien siehe z. B. <http://www.sueddeutsche.de/wissen/allergien-gefaehrliche-beruehrungen-1.836173>
- [21] Hellweger, S.: Nachwachsende Rohstoffe – Chance für die Landwirtschaft. In: UC 9(1998) Nr. 45, S. 35–38