

In Zukunft Bioraffinerien

Perspektiven für die Zeit nach dem Ende fossiler Rohstoffe

Zunehmend werden die begrenzt verfügbaren fossilen Rohstoffe durch nachwachsende Rohstoffe ersetzt. Auch die noch auf Erdöl & Co. basierende chemische Industrie muss daher ihre Rohstoffbasis umstellen. Bioraffinerien könnten die nötigen Bausteine auf Grundlage pflanzlicher Rohstoffe liefern und so die dauerhafte Versorgung gewährleisten.

Thomas Rosenau,
Diethard Mattanovich



Universität für Bodenkultur Wien
University of Natural Resources
and Life Sciences, Vienna



The Beginning of Biorefineries. Perspectives for the Era after the End of Fossil Resources | GAIA 20/4 (2011): 286–288

Keywords: biorefinery, chemical industry, industrial biotechnology, petrol chemistry, renewable resources, white biotechnology

„Wissenschaftler und Hexen schauen in die Zukunft. Sie unterscheiden sich nur dadurch, dass Letztere Kristallkugeln nutzen, Erstere harte Fakten“, bemerkte der Physiker und Nobelpreisträger Richard P. Feynman, einer der Begründer der Nanowissenschaften. Viele der weltweiten Zukunftsprobleme sind bereits heute sichtbar und werden die Menschheit vor große Herausforderungen stellen: So ist die Klima- und Umweltproblematik in den Medien allgegenwärtig. Da die Diskussionen

teils hitzig, teils gelangweilt, manchmal sachlich, manchmal leichtfertig geführt werden, ist die Wissenschaft gefordert, belastbare Daten zu liefern, damit der objektive Blick in die Zukunft nicht von Emotionalität, Uninformiertheit, politischen Interessen, Panikmache oder Unbekümmertheit getrübt wird.

Das fossile Zeitalter

Das Wirtschaften unserer globalen Gesellschaft basiert auf der Nutzung fossiler Ressourcen, in erster Linie Erdöl, Erdgas und Kohle. Die gesamte chemische Industrie – und damit auch alle davon abhängigen Industriezweige – baut auf fossilen Energie- und Stoffträgern auf. Dabei umfassen fossile Rohstoffe nicht allein Brennstoffe. Zwar werden aus Erdöl und Erdgas die Energieträger Heizöl, Heizgas, Benzin, Diesel und Kerosin hergestellt, doch mindestens genauso wichtig (und häufig vergessen) sind Materialien und Substanzen, die uns im Alltag ganz selbstverständlich zur Verfügung stehen: Kunststoffe aller Art, Farben, Chemikalien, Verpackungen oder Pharmaka. Viele dieser Dinge des täglichen Lebens bedürfen unterschiedlichster Verarbeitungsschritte und chemischer Umwandlungen – hinter manchen steht sogar die Komplexität gesamter Industriezweige. Weltweit werden heute 400 Milli-

onen Tonnen chemischer Produkte pro Jahr hergestellt, davon rund 300 Millionen Tonnen Polymere (Kunststoffe), wofür etwa zehn Prozent des international geförderten Erdöls benötigt werden.

Aus der Nutzung und Ausbeutung fossiler Rohstoffe ergeben sich direkt zwei der globalen Gegenwarts- und Zukunftsprobleme: der Klimawandel und die Umweltverschmutzung. Das bei der Verbrennung fossiler Energieträger erzeugte CO₂ kann bis zu einem gewissen Ausmaß durch die Photosynthese – sozusagen die „natürliche Rückreaktion“ der Verbrennungsprozesse – ausbalanciert werden: Atmosphärisches CO₂ und Wasser werden von Pflanzen unter Nutzung der Sonnenenergie in Traubenzucker und letztlich neue organische Materie umgewandelt. Die zunehmenden Mengen an freigesetztem CO₂ können jedoch nicht vollständig kompensiert werden, so dass insgesamt der CO₂-Gehalt der Atmosphäre steigt.

Auch die Umweltverschmutzung durch Schadstoffe ist eine direkte Konsequenz der Verarbeitung fossiler Ressourcen. Sie ist zurückzuführen auf Nebenreaktionen und Abfallprodukte, die entlang der Produktionslinien auftreten, sowie auf die geringe Recyclingfähigkeit zahlreicher Produkte, die die Umwelt über einen langen Zeitraum belasten.

Kontakt Autoren: Univ. Prof. Dr. Thomas Rosenau |
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) |
Department für Chemie | Abteilung für
Organische Chemie | Wien | Österreich |
E-Mail: thomas.rosenau@boku.ac.at

Ao. Univ. Prof. DI Dr. Diethard Mattanovich |
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) |
Department für Biotechnologie | Institut für
angewandte Mikrobiologie | Wien | Österreich |
E-Mail: diethard.mattanovich@boku.ac.at

Kontakt Österreich-Konsortium GAIA:
Dr. Christian Smoliner | Bundesministerium für
Wissenschaft und Forschung | Rosengasse 4 |
1014 Wien | Österreich | Tel.: +43 1 531206353 |
E-Mail: christian.smoliner@bmwf.gv.at

© 2011 T. Rosenau, D. Mattanovich; licensee oekom verlag.
This is an article distributed under the terms
of the Creative Commons Attribution License
(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>), which permits
unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,
provided the original work is properly cited.

Nachwachsende Rohstoffe – Hoffnungsträger oder Gernegroß?

Es ist ein wissenschaftliches Faktum, dass die fossilen Ressourcen eines Tages aufgebraucht sein werden. Während der genaue Zeitpunkt dafür nicht vorhergesagt werden kann – weder die absolute Größe der fossilen Rohstoffvorkommen noch die weitere Entwicklung des Verbrauchs sind bekannt –, besteht über das Eintreten dieses Ereignisses kein Zweifel.

Wenn die globale Gesellschaft zu jenem Zeitpunkt nicht in eine Katastrophe stürzen oder in den Zustand präindustrieller Entwicklung zurückfallen will, sind fossile Rohstoffe in ihrer Gesamtheit und in sämtlichen Anwendungen vollständig zu ersetzen. Nicht nur Energieträger und Treibstoffe müssen dann auf Basis pflanzlicher Rohstoffe erzeugt werden; vielmehr müssen alle Stoffflüsse und Prozesse der chemischen Industrie sowie ihrer Folgeindustrien auf neue Ausgangsstoffe umgestellt sein, um weiterhin die Produktion verschiedenster Materialien, Grund- und Feinchemikalien, Kunststoffe, Farben und Arzneistoffe auf Basis nachwachsender Rohstoffe („Nawaros“) gewährleisten zu können. Dies stellt einen fundamentalen Wandlungsprozess auf allen Ebenen von Gesellschaft und Wirtschaft dar, der oft mit so grundlegenden Umwälzungen wie dem Wechsel der Menschheit vom Jagen und Sammeln zur Sesshaftigkeit oder den Übergängen der Stein- zur Bronze- und Eisenzeit verglichen wird.

Weltweit ist – auch und gerade in der naturwissenschaftlichen Forschung – ein Umsteuern in Richtung Nawaros erkennbar. Allerdings können die fossilen Rohstoffe bei weitem noch nicht ersetzt werden. Dies liegt unter anderem daran, dass die chemische Produktion aktuell nur in geringem Ausmaß mit nachwachsenden Rohstoffen arbeiten könnte – zum einen sind die Umwandlungstechnologien bisher ungenügend entwickelt, zum anderen ist das Grundlagenwissen unzureichend. In diesem Zusammenhang ist oft die Auffassung zu vernehmen: „Wenn die nachwachsenden Rohstoffe nicht dasselbe wie die fossilen leisten, bleiben wir natürlich bei den fossilen!“ Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die heutige, auf fossilen Roh-

stoffen basierende chemische Industrie eineinhalb Jahrhunderte Zeit hatte, ihre gegenwärtige Komplexität auszubilden. Dieses Niveau von der sich erst seit etwa zwei Jahrzehnten entwickelnden Chemie nachwachsender Rohstoffe zu fordern, ist daher nicht angemessen.

Bioraffinerien – bewährtes Prinzip mit neuem Input

Um den Einsatz nachwachsender Rohstoffe voranzutreiben, sind Bioraffinerien erforderlich. Während der Betrieb „fossiler“ Raffinerien, in denen aus Erdöl und Erdgas Sekundärrohstoffe hergestellt werden, seit Jahrzehnten läuft, befinden sich Konzeption und Betrieb von Bioraffinerien noch im Entwicklungsstadium.

Vor kurzem hat eine internationale Expertenkommission – unter maßgeblicher Beteiligung der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) – eine Definition zu Bioraffinerien erarbeitet, die inzwischen einheitlich in Dokumenten der EU sowie vom US Department of Agriculture verwendet wird. Die englische Definition lautet *fractionation (separation and purification) of biomass into its main component classes, which are used further to produce an optimum of balanced products*.

Demnach muss eine Bioraffinerie die gleichen Aufgaben erfüllen wie eine Raffinerie: Trennung und Fraktionierung der Ausgangsstoffe in (möglichst reine) Fraktionen, die innerhalb der Chemieindustrie zu Grund- und Feinchemikalien und Materialien weiterverarbeitet werden können. Der wesentliche Unterschied besteht im Ausgangsstoff: Die Bioraffinerie geht stets von biologischen, nachwachsenden Rohstoffen aus, nie von fossilen. Auch die Verarbeitungsprozesse sind unterschiedlich (Abbildung 1): An die Raffinerie schließen sich die Zweige der chemischen Industrie an – von den „grobten Verfahren“ der chemischen Grundindustrie bis zur Herstellung hochfunktioneller Produkte wie Pharmaka oder Hightech-Materialien. Da eine Bioraffinerie andere Ausgangsstoffe zur Verfügung stellt als eine Raffinerie, müssen auch die Trennungs- und Reinigungsverfahren sowie die nachfolgenden Verarbeitungsschritte zwangsläufig anders gestaltet sein.

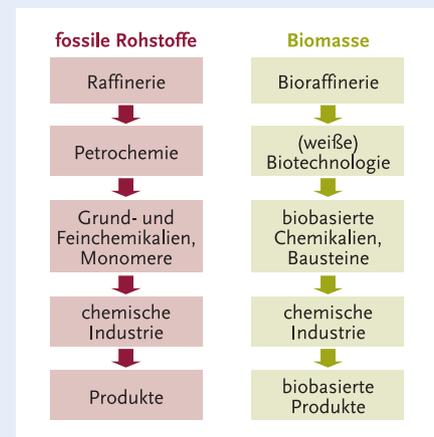


ABBILDUNG 1: Raffinerien arbeiten mit fossilen Rohstoffen, Bioraffinerien dagegen mit Biomasse.

Raffinierte Produktion – wie nachwachsende Rohstoffe zu Hightech werden

Das Ende der fossilen Rohstoffe bedingt also nicht nur den Übergang von Raffinerien zu Bioraffinerien, sondern auch eine Umstellung der Chemieindustrieweige: Aus der chemischen Technologie wird so eine industrielle Biotechnologie, die „weiße Biotechnologie“. Dass Bioraffinerien und industrielle Biotechnologie untrennbar verbunden sind, findet bislang allerdings wenig Beachtung. Die Lösung der großen Zukunftsaufgabe, die Umstellung der globalen Stoffherzeugung von fossilen auf nachwachsende Ressourcen, kann jedoch nur gelingen, wenn Bioraffinerien – mit der Produktion von Ausgangsstoffen und deren sauberer Auftrennung – und weiße Biotechnologie – die vor allem die Weiterverarbeitung dieser Ausgangsstoffe und deren Einspeisung in die Stoffflüsse der chemischen Industrie umfasst – Hand in Hand gehen (Abbildung 2, S. 288).

Die heute meist noch übliche isolierte Betrachtung kann zur Folge haben, dass Bioraffinerien Ausgangsstoffe herstellen, die noch nicht genutzt und weiterverarbeitet werden können, oder dass andererseits die Biotechnologie Verfahren entwickelt, für die geeignete Ausgangsstoffe nicht beziehungsweise noch nicht ausreichend zur Verfügung stehen.

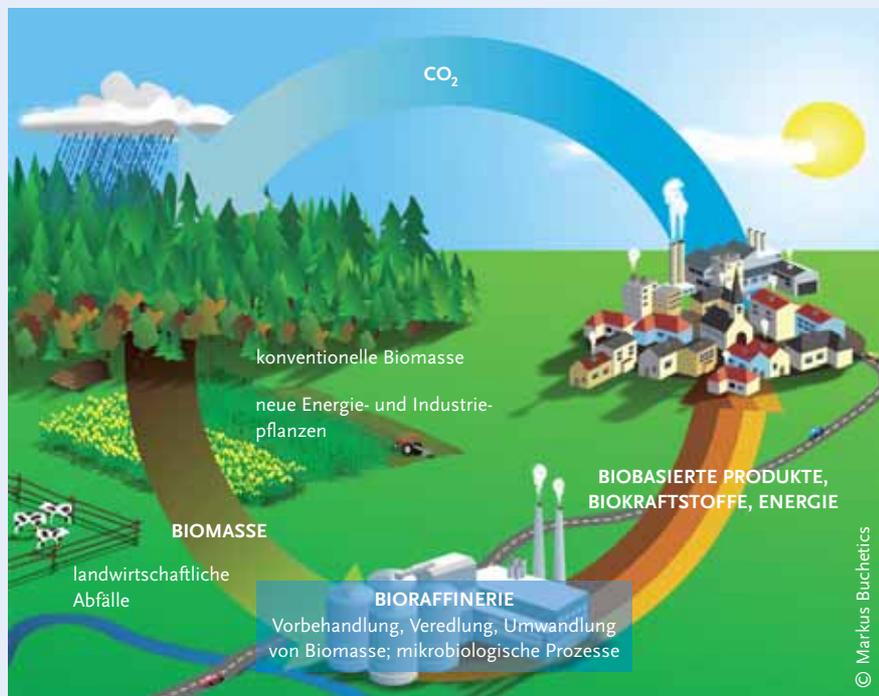
Der Umstieg auf biobasierte Produkte nähme nur einen geringen Anteil der gesamten landwirtschaftlichen Produktion in Anspruch – vorausgesetzt, der pflanzliche Rohstoff würde möglichst vollständig

>

in den Bioraffinerien verwertet. Die existierenden Anlagen haben den Nachteil, nur den pflanzlichen Kohlenhydratanteil (Cellulose, Hemicellulosen, Stärke) zu verwerten, so dass ein Großteil der Biomasse, vor allem das Lignin, ungenutzt bleibt beziehungsweise verbrannt wird.

Ein Beispiel für funktionierende Abläufe in Bioraffinerie- und Biotechnologieentwicklung liefert die BOKU mit der wissenschaftlichen Initiative *Bioconversion of Renewables*. Diese integrierte und integrierende Forschungsinitiative bildet die gesamte Einheit von Bioraffinerie und weißer Biotechnologie, inklusive Primärproduktion der nachwachsenden Rohstoffe und Weiterverarbeitung der chemischen Zwischenprodukte, in der Grundlagenforschung und Technologieentwicklung ab. Dabei werden auch gesellschaftliche und sozioökonomische Aspekte berücksichtigt. Aufgrund ihrer fachlichen Ausrichtung ist die BOKU in der Lage, die gesamte Wertschöpfungskette von der land- und forstwirtschaftlichen Primärproduktion über moderne Bioraffinerieszzenarien und biotechnologische Umwandlungen bis hin zur chemischen Verwertung der Endprodukte abzudecken.

ABBILDUNG 2: Am Ende des fossilen Zeitalters muss die chemische Industrie auf nachwachsenden Rohstoffen basieren. Heute stehen wir am Anfang dieses Übergangsprozesses hin zu einem Stoffkreislauf.



Als Richard P. Feynman Wissenschaftler(innen) und Hexen im Hinblick auf ihre Zukunftssicht verglich, sahen viele die von ihm vorhergesagte Nanotechnologie eher als Ergebnis eines Blicks in die Kristallkugel denn als wissenschaftlich fundierte Schlussfolgerung an. Heute ist sie vielseitige Triebkraft in Wissenschaft, Forschung und Anwendung.

Auch die Wissenschaft nachwachsender Rohstoffe erscheint in vielen Aspekten heute spekulativ. Darüber hinaus beharren Vertreter(innen) aus Politik und Wirtschaft auf ihren Standpunkten oder schüren Angst, was sich auf die Entwicklung hinderlich auswirkt. Dringend erforderlich wäre aber vielmehr eine ganzheitliche wissenschaftliche Betrachtung, die „harte Fakten“ als Diskussionsgrundlage ins Spiel bringt. Diesen Weg beschreitet die BOKU in ihrer Arbeit zur Lösung der großen Zukunftsfragen, indem sie einem spekulativen Ausloten der Zukunft nachwachsender Rohstoffe entgegentritt und zeigt, dass dies nur durch entsprechende wissenschaftliche Fakten geschehen kann.

WEITERE INFORMATIONEN:

- www.boku.ac.at/bioconversion.html
- www.boku.ac.at/chemie/wpf.html

GAIA

ECOLOGICAL PERSPECTIVES
FOR SCIENCE AND SOCIETY

© 2011 Verein Gaia | Konstanz, St. Gallen, Zürich

HAUPTHERAUSGEBERIN

Verena Winiwarter | Wien
(verantwortlich im Sinne des Presserechts)

REDAKTION

Dr. Susanna Bucher/Dr. Almut Jödicke | ETH Zentrum
| Postfach CAB 42 | 8092 Zürich | Schweiz |
Tel.: +41 52 2222805 | E-Mail: redgaia@env.ethz.ch

Tobias Mickler | oekom verlag | Waltherstr. 29 |
80337 München | Deutschland | Tel.: +49 89
54418445 | E-Mail: mickler@oekom.de

Dr. Ulrike Sehy | oekom verlag | Hagenbuchrain 13 |
8047 Zürich | Schweiz | Tel.: +41 43 3110785 |
E-Mail: sehy@oekom.ch

GRAFISCHE GESTALTUNG UND SATZ

Heike Tiller | München | E-Mail: h.tiller@freenet.de

VERLAG

oekom verlag – Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH | Waltherstr. 29 | 80337 München | Deutschland | www.oekom.de | Gesellschafter und Anteil: Jacob Radloff, Feldafing, 77 Prozent, und Christoph von Braun, München, 23 Prozent

ANZEIGEN

Stefanie Ott (verantwortlich) | oekom GmbH |
Tel.: +49 89 54418425 | E-Mail: anzeigen@oekom.de

DRUCK

Kessler Druck + Medien | 86399 Bobingen |
Deutschland | www.kesslerdruck.de

Die Zeitschrift und alle ihre Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der Zustimmung des Vereins Gaia. Namentlich gekennzeichnete Artikel müssen nicht die Meinung der Herausgeber/Redaktion wiedergeben. Unverlangt eingesandte Manuskripte, für die keine Haftung übernommen wird, gelten als Veröffentlichungsvorschlag zu den Bedingungen des Verlags. Es werden nur unveröffentlichte Originalarbeiten angenommen. Die Verfasser(innen) erklären sich mit einer nicht sinnentstellenden redaktionellen Bearbeitung einverstanden.

ERSCHEINUNGSWEISE Viermal im Jahr.

BEZUGSBEDINGUNGEN

Probeabonnement (2 Ausgaben inkl. Versand, nur in Deutschland): 34,80 EUR | Jahresabonnement: 98,70 EUR für Privatpersonen; 172,90 EUR für Unternehmen, Institutionen, Bibliotheken; 66,80 EUR für Studierende, Auszubildende, Schüler(innen) (jährlicher Nachweis erforderlich) | Einzelheft 26,80 EUR. Alle Preise inkl. MwSt., zzgl. Porto- und Versandkosten. Abbestellungen sechs Wochen vor Ablauf des Abonnementjahres. Zahlungen im Voraus.

BESTELLUNG, ABOVERWALTUNG, VERTRIEB

Rhenus Medien Logistik GmbH & Co. KG | Auslieferung oekom verlag | 86899 Landsberg am Lech | Deutschland | Tel.: +49 8191 97000608 | Fax: +49 8191 97000405 | E-Mail: oekom@de.rhenus.com
www.oekom.de/gaia/abonnement

KONTO für Deutschland: Postbank München |
BLZ 700 100 80 | Konto 358 744 803
für die Schweiz: PostFinance SWISS POST |
BLZ 300 011 01 | Konto 40-344357-9

oekom ist der erste klimaneutrale Verlag Deutschlands.

ClimatePartner

ISSN 0940-5550
Printed in
Germany.
Gedruckt auf
FSC-zertifiziertem
Papier.



MIX
Papier aus verantwortungsvollen
Quellen
FSC® C004192