

Strategiepapier

„Industrielle stoffliche Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland“

BioVision 2030

Biobasierte Produkte durch stoffliche Nutzung biogener Rohstoffe

Dr. Rainer Busch, Dow Deutschland GmbH & Co. OHG

Prof. Dr. Thomas Hirth, Fraunhofer ICT

Dr. Birgit Kamm, biopos e.V.

Michael Kamm, biorefinery.de GmbH

Dr. Johan Thoen, Dow Europe GmbH

Kurzfassung 1, Dezember 2003

Einleitung

Die Erhaltung und die nachhaltige Bewirtschaftung von Ressourcen ist ein wesentliches Ziel zur umweltverträglichen, nachhaltigen Entwicklung im Sinne der Agenda 21, die als Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert von mehr als 170 Staaten im Juni 1992 in Rio de Janeiro verabschiedet und auf dem Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg im September 2002 fortgeschrieben wurde. (United Nations 1992 / United Nations, Agenda 21 1992 / United Nations 2002).

Im Vordergrund steht dabei insbesondere, den immer noch starken Anstieg des Verbrauchs an fossilen, nicht erneuerbaren Ressourcen wie Erdöl, Erdgas, Kohle und Mineralien zu verlangsamen. Während sich die Energiewirtschaft auf verschiedene alternative Quellen wie Wind, Sonne, Erdwärme, Wasser, Biomasse sowie Kernspaltung und Kernfusion anstelle fossiler begrenzter Ressourcen stützen kann, sind stoffwandelnde Industrien wie die chemische Industrie im Wesentlichen auf Biomasse, und hier insbesondere auf die pflanzliche Biomasse als Alternative angewiesen.

Wesentlich wird sein, inwieweit es gelingt, die derzeitige, nahezu ausschließlich auf fossilen Rohstoffen basierende Produktion von Gütern und Dienstleistungen schrittweise auf eine auf biologischen, d.h. nachwachsenden Rohstoffen basierende industrielle Produktion umzustellen.

Die Umstellung ganzer Industrien auf biologische Rohstoffe als Rohstoffquelle erfordert ganz neue Ansätze in Forschung und Entwicklung, Produktion, Distribution und Konsum.

Die Entwicklung von stoffwandelnden Grund- und Mehrproduktsystemen wie Bio-raffinerien wird dabei "der Schlüssel für den Zugang zu einer integrierten Produktion von Nahrungsmitteln, Futtermitteln, Chemikalien, Werkstoffen, Gebrauchsgütern und Brennstoffen auf Basis biologischer Rohstoffe der Zukunft sein" (National Research Council 2000). Es muss allen klar sein, dass diese Entwicklung auf jeden Fall früher oder später eintreten wird, sie kann nur durch die Entdeckung neuer und bessere Ausbeutung bestehender Ölquellen hinausgezögert werden.

Gewinnen werden dabei die Volkswirtschaften, die sich rechtzeitig auf diese Entwicklungen einstellen und die Entwicklung von Technologien zur stofflichen Verwertung von biologischen Rohstoffen rechtzeitig in Angriff nehmen.

Situation

Situation der stofflichen Verwertung Nachwachsender Rohstoffe in Europa und der Welt

Während auf dem Gebiet der biologisch basierten Produkte und Bio-raffinerien in Forschung und Entwicklung vor allem in Europa und Deutschland bereits beträchtliche Entwicklungen und Erfolge zu verzeichnen sind (Kamm 1998/ Narodoslowsky 1999/ Kamm 2000 /Ringpfeil 2001 /Röper 2001 /Busch 2003 /Thoen 2003), haben industrielle Entwicklungen in den USA erst im Jahre 2000 durch den Präsidenten und den Kongress einen wesentlichen Schub erfahren (US-Präsident 1999/ US-Kongress 2000).

In den USA hat man es sich zum nationalen Ziel gesetzt, bis zum Jahre 2030 25% der derzeit auf fossilen Rohstoffen basierenden organischen Grundstoffe (Basis-Wert

1994) und 10% der Öle und Kraftstoffe auf eine biologische Rohstoffbasis umzustellen und sie vorrangig mittels Bioraffinerie-Technologien herzustellen. Voraussichtlich kann damit der nationale Eigenbedarf der USA zu 90% an organischen Grundstoffen und 50% an organischen Ölen und Kraftstoffen gedeckt werden. (National Research Council, 2000).

Das "Biomass Technical Advisory Committee" (BTAC) , welches auch als Berater der amerikanischen Regierung fungiert und dem u.a. Großunternehmen wie Dow Chemical, E.I. du Pont de Nemours, Cargill Dow LLC, Genecor International Inc. sowie Vereinigungen wie National Corn Growers Association und Natural Resources Defense Council angehören, hat diese Ziele in einem Stufenplan bis zum Jahre 2030 für die Bereiche Bioenergie, Biokraftstoffe und Bioprodukte konkretisiert (siehe Tabelle 1, Biomass R & D Technical Advisory Committee Oct. 2002 /und Dec. 2002).

Tabelle 1:
Nationale Ziele der USA bei Biomasse-Technologien

Jahr	2002	2010	2020	2030
Energie aus Biomasse* Biomasse Anteil bei Elektrizität & Wärme	2,8 % ($2,8 \times 10^{18}$ kJ)	4 % ($3,4 \times 10^{18}$ kJ)	5 % ($4,2 \times 10^{18}$ kJ)	5 % ($5,3 \times 10^{18}$ kJ)
Biokraftstoffe* Biomasse Anteil bei Kraftstoffen	0,5 % ($0,16 \times 10^{18}$ kJ)	4 % ($1,4 \times 10^{18}$ kJ)	10 % ($4,2 \times 10^{18}$ kJ)	20 % (10×10^{18} kJ)
Biobasierte Produkte* Anteil an biobasierten Chemikalien	5 %	12 %	18 %	25 %

* nur auf Basis von Biomasse

In Europa gibt es neben den Aktivitäten um das Weiß- und Grünbuch (European Commission Weißbuch 1998 /European Parliament and Council, Green Paper 2002) mit dem Ziel, das Energieaufkommen aus Biomasse in der EU bis zum Jahr 2010 zu verdreifachen und dem deutschen ‚EEG - Erneuerbare Energiegesetz‘ (Bundestag EEG 2000), nun auch aktuell erste Festlegungen zur Substitution von nicht erneuerbaren Ressourcen im Bereich der Biokraftstoffe (European Parliament and the Council 2003).

Die Mitgliedstaaten der EU sind aufgefordert, nationale Richtwerte für einen Mindestanteil an Biokraftstoffen und anderen erneuerbaren Kraftstoffen festzulegen, wobei als Bezugswert bis zum Jahre 2005 ein Anteil von 2 % und bis zum Jahr 2010 ein Anteil von 5,75%, gemessen am Energieinhalt aller Otto- und Dieselmotorkraftstoffe gilt. Tabelle 2 fasst die EU-Ziele unter Einbeziehung der Ziele Deutschlands zusammen (European Parliament and Council 2002/ Umweltbundesamt 2000).

Tabelle 2:
Ziele der EU und Deutschlands beim Einsatz Erneuerbarer Rohstoffe und Energien

Jahr	Status quo (2001)	2005	2010	2020-2050
Bioenergie Anteil von Windkraft, Photovoltaik, Biomasse und Geothermie bei Elektrizität & Wärme	7,5 %	-	12,5 %	26% (2030) 58% (2050)
Biokraftstoffe Biomasse Anteil bei Kraftstoffen (Otto- und Dieselmotorkraftstoffe)	1,4 %	2,8 %	5,75%	20% (2020)
Biologisch basierte Produkte Anteil an biobasierten Chemikalien	8-10%	-	-	-

Auf dem Gebiet der "Biologisch basierten Produkte", also zur stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen gibt es allerdings bisher weder in der Europäischen Union noch in der Bundesrepublik Deutschland gemeinsame Handlungsebenen oder Richtlinien.

Die Biokraftstoffverordnung hat mit Ethanol, Methanol, Dimethylether, Wasserstoff und der Biomassepyrolyse jedoch schon wesentliche Produktlinien der zukünftigen biobasierten chemischen Industrie aufgegriffen und formuliert. Diese Produkte stellen jedoch nur einen Bruchteil der Produkte eines chemischen oder biotechnisch-chemischen Produktstammbaumes dar. Nach den Direktiven für Bioenergie und Biokraftstoffen steht eine Richtlinie zur "Stofflichen Verwertung von biogenen Rohstoffen (Biomasse)" politisch zwingend auf der Tagesordnung, will man in Deutschland und Europa den Zug der modernen Biomasse-Industrie nicht verpassen. Der industrielle Vorsprung der amerikanischen Biomassewirtschaft beträgt bereits heute schon mindestens 5 Jahre.

Die Politik ist nun gefordert, Rahmenbedingungen zu schaffen, die Innovationen fördert und Investitionen auf dem Sektor der Biomassekonversion, Biomasetechnologie und Produktion von biobasierten Produkten ermöglicht bzw. erleichtert. So könnten sich die chemische Industrie, und die vielen produzierenden und verarbeitenden kleinen und mittelständischen Unternehmen und die Landwirtschaft in Deutschland nachhaltig weiterzuentwickeln.

Die Bedeutung der chemischen und stoffwandelnden Industrie für Deutschland und Europa

Die chemische Industrie ist neben der Automobilindustrie und dem Maschinen- und Anlagenbau die Schlüsselbranche in Deutschland und Europa. Sie ist in Deutschland nicht nur fünftgrößter Arbeitgeber im verarbeitenden Gewerbe und wichtiger Impulsgeber für die hiesige Volkswirtschaft, sondern setzt mit hohem Exportanteil auch international Standards und ist seit langem Wachstumsmotor für Innovationen und technischen Fortschritt. Auch hat die chemische Industrie in Deutschland seit 1990 deutlich über 40 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente weniger ausgestoßen und damit über 45 Prozent ihrer Treibhausgas-Emissionen reduziert. Sie war damit ein Vorreiter bei der Umsetzung des produktionsintegrierten Umweltschutzes.

Die deutsche chemische Industrie ist nach den USA und Japan der weltweit drittgrößte Hersteller von chemischen Produkten. Mit einem Gesamtumsatz von etwa 133 Mrd. Euro im Jahre 2002 erreicht sie einen Weltmarktanteil von rund 7,5 Prozent. Ihre ausländischen Töchter erzielten einen Umsatz von 126 Mrd. Euro. In Bezug auf das Exportvolumen lag der Chemiesektor 2002 mit 80,2 Mrd. DM hinter den USA auf dem zweiten Platz.

Hauptabnehmerregionen der Branche waren die Europäische Union (54 Prozent), Nordamerika und Asien. In Europa ist Deutschland mit circa 25 Prozent der mit Abstand größte Chemiestandort. Der durchschnittliche Verbrauch an Produkten der chemischen Industrie liegt in Deutschland jährlich bei rund 500 Euro pro Person, was etwa 40 bis 45 Mrd. Euro entspricht.

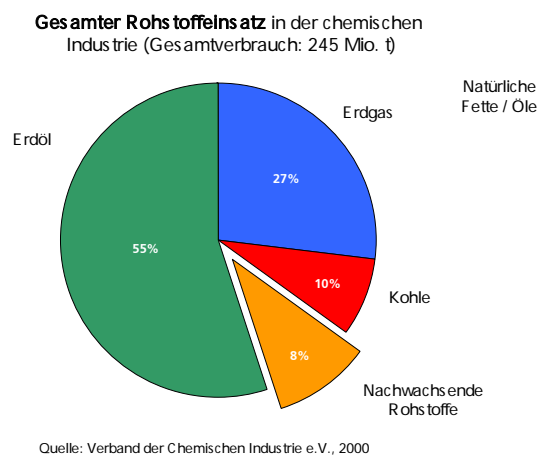
In Deutschland gab es nach Angaben des Branchenverbandes VCI im Jahr 2002 etwa 1740 Chemiebetriebe mit 1547 ausländischen Töchtern. Knapp 90 Prozent von ihnen zählten zu den kleinen und mittleren Betrieben mit weniger als 500 Beschäftigten.

Gleichwohl haben die großen Betriebe einen Anteil von etwa 65 Prozent am Gesamtumsatz der Branche und beschäftigten ca. 66 Prozent der im Chemiesektor Erwerbstätigen. Insgesamt beschäftigte die deutsche Chemiebranche im Jahr 2002 462.000 Mitarbeiter in Deutschland (gegenüber 536.000 Mitte der 90er Jahre) und ca. 400.000 im Ausland. Die deutsche Chemiebranche war damit der fünftgrößte Arbeitgeber im Verarbeitenden Gewerbe (VCI Jahresbericht 2002 und 2003).

Die Chemiebranche stellt viele unterschiedliche Erzeugnisse her: so zählen nicht nur Grundstoffe für andere Industrien zu ihren Produkten, sondern auch Erzeugnisse aus den Bereichen Gesundheit, Umwelt und Ernährung. Während die Grundstoffe im Jahr 2000 47,6 Prozent des Branchenumsatzes ausmachten, entfielen 19,3 Prozent auf pharmazeutische Erzeugnisse, und jeweils knapp acht Prozent auf die Bereiche Anstrichmittel, Druckfarben und Kitte sowie Seifen, Wasch-, Reinigungs- und Körperpflegemittel (Financial Times Deutschland 2001).

Die chemische Industrie ist die Nummer eins bei der Herstellung von forschungsintensiven Vorprodukten. Rund 22 Prozent der Forschungsaufwendungen der deutschen Industrie, die über Vorprodukte in der Produktion anderer Branchen eingesetzt werden, kommen aus der Chemie (VCI Jahresbericht 2002, 2003)

- Der Erfolg der chemischen Industrie beruht auf dem Prinzip des Baukastens - auch "Stammbaum der Chemie" genannt: aus einfachen Grundstoffen wie Ethylen, Kohlenmonoxid oder Wasserstoff lassen sich auf kontrollierte Art und Weise durch chemische Reaktionen komplexere Zwischenprodukte erzeugen, die wiederum wegen der vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten zu einer unüberschaubaren Menge von Folge- und Endprodukten umgesetzt werden können. Die Agenda 21 geht von etwa 100.000 chemischen Substanzen aus, die weltweit von der chemischen Industrie in den Handel gebracht werden, wobei auf etwa 1.500 Stoffe 95% der gesamten Weltproduktion entfallen (United Nations, Agenda 21, 1992).
- Die Chemie hat gelernt, aus Erdöl einfach zu handhabende und exakt definierte, chemisch reine Grundstoffe in Raffinerien hocheffizient zu erzeugen - dies war der Schlüssel zum Erfolg. Der Siegeszug der Kunststoffe wäre ohne die genaue Kenntnis dieses Funktionsprinzips ebenso unmöglich gewesen wie die Herstellung von Tausenden von anderen chemischen Produkten, die heute unser Leben sicher und bequem machen.



- Die Zukunft wird durch die Verknappung von billigen fossilen Rohstoffquellen bestimmt sein. Im Hinblick auf den Erhalt des Lebensstandards unserer wie nachfolgender Generationen wird es eine wichtige Aufgabe sein, die Funktionsweise der Erdölraffinerien und der Folgechemie auf Biomasse verarbeitende Bioraffinerien und den nachfolgenden Produktlinien zu übertragen. Diese nutzen dann in Analogie in großer Menge verfügbare nachwachsende Rohstoffe bzw. Rest- und Abfallstoffe der Lebensmittelproduktion (Kamm 2001, Busch 2003).
- Heute ist schon absehbar, dass Prozesse und Betrieb einer Bio-Raffinerie weniger einfach zu steuern sein werden als dies mit Erdöl möglich ist. Eine vorausschauende Politik wird deshalb rechtzeitig durch die Initiierung einer zielgerichteten Forschung und Entwicklung und die Schaffung wirtschaftlichen Rahmenbedingungen die notwendigen Grundlagen dafür legen. (IBAW 04/2003).

Die Umstellung einer Volkswirtschaft auf nachwachsende Rohstoffe

(1) Globale Rohstoffsituation und globale Sicherheit

Die immer mehr Energie verbrauchende Weltwirtschaft stützt sich im wesentlichen auf die fossilen Brennstoffe Erdöl, Kohle und Erdgas. Auch wenn in der Summe die Rohöl-, Gas-, und Kohlemengen noch einige Jahrzehnte den Verbrauch sichern würden, sind das profitable Maximum sowie das Förder-Maximum in absehbarer Zeit erreicht. Das heißt, lange bevor die Lager wirklich erschöpft sind, wird es zu gravierenden weltwirtschaftlichen und politischen Turbulenzen kommen, da das profitable Maximum in vielen Regionen bereits heute, in den OPEC-Ländern bis 2010 erreicht sein wird (Schindler und Zittel, Bundestag 2000). Die Endlichkeit der fossilen Rohstoffe ist auch zu einem von der Öl-Industrie anerkannten Faktum geworden (Campbell, C.J., Amoco 2000). Darüber hinaus trägt eine sichere globale Rohstoffsituation auch zu Sicherheit und Frieden bei.

(2) Europäische Rohstoffsituation und Folgen

In der europäischen Wirtschaft entfallen vier Fünftel des Gesamtenergieverbrauchs auf die fossilen Rohstoffe Erdöl, Kohle, Erdgas, von denen nahezu zwei Drittel eingeführt werden. Allein das aus Russland eingeführte Erdgas deckt fast 20 % unseres Verbrauchs. Das Energieangebot in der Gemeinschaft deckt kaum die Hälfte ihres Energiebedarfs. Wenn bis 2030 nichts geschieht, wird der Anteil der fossilen Brennstoffe weiter zunehmen. Die Energieeinfuhren werden in dreißig Jahren ein weitaus größeres Volumen erreichen und 70 % des Gesamtbedarfs ausmachen. Der Anteil des eingeführten Erdöls könnte 90 % erreichen. Diese Abhängigkeit von Einfuhren und ihr wachsender Anteil sind bedenklich und zwar hinsichtlich der Risiken [äußere und globale Sicherheit] wie auch der Versorgungssicherheit, (European Parliament and Council 2002 / European Parliament and Council, Green Paper 2002)

(3) Biomasseindustrie und Biowirtschaft

In den USA haben Präsident und Kongress im Jahr 2000 eine neue, tiefgreifende Entwicklung eingeleitet (Veränderung der Rohstoffbasis der Industrie, US-Präsident 1999 / US-Kongress 2000). Die fossilen Kohlenstoffträger Erdöl und Erdgas sollen durch erneuerbare, pflanzliche Biomasse abgelöst werden. Die wirtschaftliche Dimension dieser Veränderung ist gewaltig. Man rechnet mit der Einführung von

Bioraffinerien als neuen Produktionsstätten, die die konventionellen erdölbasierten Raffinerien verdrängen sollen. Auf diese Weise sollen in den USA in den nächsten 25 Jahren 25% der organischen Chemikalien hergestellt werden.

(4) Langfristiges Investitions- und Finanzvertrauen und ökonomische Sicherheit

Geht man davon aus, dass die Produktion materieller Güter und deren Tausch auch weiterhin eine wesentliche Grundlage der menschlichen Zivilisation bilden, wird ersichtlich, dass mit einer alleinigen Forcierung von Spartentechnologien, wie Informationstechnologie, Nanotechnologie, Raumfahrt und Life Sciences diese Grundlage nicht abgesichert werden kann. In den USA wird mit der Entwicklung von "Biobased Industrial Products and Biorefineries" ein technologischer und produktiver Aufschwung mit einer langfristigen Investitions- und Finanzsicherheit erwartet. So wird diese Entwicklung auch als "A Vision to Enhance U.S. Economic Security" betrachtet (National Corn Growers Association, 1998/ National Research Council, 2000). Folgerichtig ist es ein nationales Ziel der USA, die Nummer 1 auf diesem Sektor zu werden (National Research Council, 2000 / Biomass R&D, Technical Advisory Committee, Dec., 2002).

(5) Langfristige Lebens- und Erwerbsmöglichkeiten der Bevölkerung

Eine zivilisierte Gesellschaft entwickelt sich nur dann, wenn die Mehrzahl der Mitglieder an der Wertschöpfung teilhaben kann. Kaum ein gesamtgesellschaftliches Projekt ist besser geeignet, den Wohlstand zu mehren, als ein Wechsel der Rohstoffbasis und die damit veränderte Produktion materieller Güter. Nicht nur traditionelle Industriezweige wie Grundstoff- und Produktionsgüterindustrien werden davon profitieren, sondern auch neue Bereiche wie die Biotechnologie und die Information- und Kommunikationstechnologie. Gerade die Produktion materieller Güter schafft nicht nur eine hohe Wertschöpfung, sondern bringt auch direkt oder indirekt große Teile der Bevölkerung in Lohn und Brot. Nicht zuletzt ist die Produktion materieller Güter die Domäne des deutschen und europäischen Mittelstandes, des kleinen und mittelständischen Unternehmertums. Die gesamtwirtschaftlichen Chancen einer grundsätzlich neuen Technologie auf der Grundlage einer neuen Rohstoffbasis sind riesig (Office of Industrial Technologies 2003).

(6) Wirtschaftswachstum in ländlichen Gegenden und innere Sicherheit

Der Erhalt des urbanen, ländlichen Raumes und der Erwerbs- und Lebensfähigkeit der Bewohner (Landwirte, Bauern und deren Familien) wird auch in den hochentwickelten Industrienationen als unverzichtbar für das zivilisatorische Leben und Gleichgewicht bewertet (National Corn Growers Association 1998/ Van Dyne et al 1999 / National Corn Growers Association 1999). So wird die Schaffung von Arbeit und wirtschaftlichem Gewinn für Farmer durch das Entwicklungsprogramm "Biobased Industrial Products" in den Vereinigten Staaten letztendlich auch als ein Beitrag zur Wahrung der Inneren Sicherheit gesehen (National Research Council 2000). Ein Wachstum der biobasierten Wirtschaft wird ländliche Entwicklungsinitiativen in den Bereichen Ackerbau, Landschaftspflege, Forstwirtschaft und damit verbundenen Serviceindustrien stimulieren. Durch nachwachsende Rohstoffe profitiert auch in Deutschland der ländliche Raum. In den ländlichen Gebieten werden Arbeitsplätze erhalten und neue geschaffen sowie der Land- und Forstwirtschaft Produktions- und Einkommensalternativen geboten. Und nicht zuletzt können nachwachsende Rohstoffe zur Erhaltung der biologischen Vielfalt beitragen und die Kulturlandschaft bereichern (FNR 2003).

(7) Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit

Es ist zwingend notwendig, die Wirtschaftlichkeit in einem weiteren und neuen Sinne zu betrachten, welche den in den letzten Jahrzehnten geprägten Begriff der Nachhaltigkeit einschließt. Das heißt, Luft, Wasser und Boden sind immer weniger als kostenlose Reservoirs zur wertentkoppelten Ausbeutung zu betrachten, in denen zudem unerwünschte Neben- und Abprodukte der Produktion zum "Verschwinden" gebracht werden können. Es sind vielmehr die gesamten Aufwendungen zu berücksichtigen, die ein Produkt, seine Herstellung, sein Gebrauch und seine Entsorgung (Life cycle costs) verursachen (Kamm et al, 2002 / Ringpfeil 2002 / Umweltbundesamt 2002). Ein Paradigmenwechsel muss die zukünftige Energie- und Stoffwirtschaft bestimmen. Kohlenstoff aus fossilen Quellen muss zunehmend aus dem Kohlenstoffkreislauf der Erde herausgehalten werden. Kohlenstoff aus erneuerbaren Quellen soll so eingesetzt werden, dass eine Beschleunigung des Kohlenstoffkreislaufs der Erde resultiert. Über die Isotopenzusammensetzung des Kohlenstoffs sind diese Vorgänge kontrollierbar. (Ringpfeil 2003). Die stoffliche und energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe erlaubt den Einstieg in eine Kreislaufwirtschaft und damit die Entwicklung nachhaltiger Wirtschaftsformen im Sinne der Agenda 21 (FNR 2003).

(8) Umweltschutz und ökologischen Sicherheit

Der Klimaschutz zählt - neben der Ressourcenschonung und der Vermeidung der Belastung heutiger und zukünftiger Generationen - zu den wichtigsten Zielen einer nachhaltigen Energienutzung und ist wesentlicher Bestandteil der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie. Das gegenwärtige Niveau des Energieverbrauchs und damit auch der CO₂-Emissionen ist zu hoch. Darüber hinaus beruht die Energieversorgung in Deutschland nach wie vor ganz überwiegend auf den endlichen Energieträgern Steinkohle, Braunkohle, Mineralöl, Erdgas und Kernenergie. Die bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehenden Treibhausgase wie Kohlendioxid CO₂ verursachen vermutlich Änderungen des Klimasystems der Erde. Ohne aktives Gegensteuern wird im Verlauf dieses Jahrhunderts ein mittlerer globaler Temperaturanstieg zwischen 1,4 und 5,8 °C befürchtet, der zu einer Anhebung des Meeresspiegels und zu einer Verschiebung der Klimazonen mit gravierenden Auswirkungen führen könnte. Diese Temperaturänderung wäre größer als die während der letzten Jahrhunderte beobachteten natürlichen Schwankungen und schneller als alle in den letzten 10 000 Jahren. Daher müssen die Emissionen so begrenzt werden, dass keine gravierenden anthropogen bedingten Störungen des Klimasystems eintreten können (Umweltbundesamt 2002). Durch Substitution fossiler Brennstoffe und damit verbundener Emissionen von Stickoxiden, Schwefeldioxid und anderen Schadstoffen tragen Bioenergie und biobasierte Produkte zu sauberer Luft und saubererem Wasser bei. Ferner wird der verstärkte Anbau kohlenstofffixierender Pflanzen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen beitragen. Damit wird aber auch eine produktive Möglichkeit für die Verwendung von land- und forstwirtschaftlichen Abfällen sowie Industrie-, Gewerbe und Siedlungsabfällen eröffnet. Nachwachsende Rohstoffe sind weitgehend CO₂-neutral. Bei ihrer Nutzung entstehen keine zusätzlichen Treibhausgase.

(9) Alleinstellung der biologischen Rohstoffe für den Wandel der Stoffwirtschaft

Die Dimension der grundlegenden Veränderung der Rohstoffbasis der Industrie wird riesig sein. Während sich die Energiewirtschaft auf verschiedene alternative Rohstoffe wie Wind, Sonne, Wasser, Erdwärme, Kernspaltung, Kernfusion und Biomasse stützen kann, ist die stoffwandelnde Industrie im Wesentlichen auf die Biomasse und im

Besonderen auf die pflanzliche Biomasse als Alternative angewiesen. An die stoffwandelnde Industrie wie auch an die Forschung und Entwicklung werden also besondere Anforderungen an Rohstoff-, Produkt- und Prozesseffizienz gestellt werden.

(10) Gute Erfolgsaussichten für eine biobasierte industrielle Produktion

Zurzeit wird Erdöl raffiniert, um die chemischen Grundstoffe herzustellen, die in Tausende von Produkten umgewandelt werden. Viele dieser Produkte auf Erdölbasis könnten ebenso durch Chemikalien aus Biomasse-Ressourcen hergestellt werden.

Biobasierte Produkte stellen deshalb eine wichtige neue Marktchance für im Inland erzeugte Biomasse-Ressourcen dar. Sie werden nicht nur für jene, die die Rohstoffe raffinieren und verarbeiten, sondern auch für die Landwirte und andere, die in die Produktion biobasierter Produkte eingebunden sind, eine neue Einnahmequelle darstellen. Weiterführende Forschung und Entwicklung kann die Chancen für biobasierte Produkte wesentlich verbessern, bestehende Märkte erweitern und vollständig neue Märkte eröffnen.

Für ihre Vervollkommnung, für die produktionsorientierte Verbindung zwischen Landwirtschaft, Chemie- und Biotechnologieindustrie sowie für die Optimierung der Prozesse und Entwicklung der Anlagen ist jedoch noch die Hauptarbeit zu leisten. Dazu hat Deutschland selbst ein umfangreiches Potential in Wissenschaft und Wirtschaft, die die wissenschaftliche und technische Grundlage für eine Umstellung der Wirtschaft auf Biomasse ermöglichen würden (Ringpfeil 2003).

Was ist Biomasse?

Biologische Rohstoffe oder auch Nachwachsende Rohstoffe sind Rohstoffe aus Biomasse und beinhalten die gesamte Zellsubstanz von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen die als Rohprodukt verwertet werden können. Biomasse ist die Gesamtmasse der in Form von Lebewesen in einem Lebensraum (Ökosystem) enthaltenen Substanz, die weitestgehend aus biogenen organischen Stoffen aufgebaut ist. Pflanzliche Biomasse auf dem Festland ist durch Photosynthese entstanden und erneuerbar. Zu den pflanzlichen Biomassen zählen unter anderen: Holz, Getreide, Gras, Organische Abfälle (Biotonne) etc.

Die Mehrzahl der biologischen Rohstoffe wird in der Landwirtschaft, der Waldwirtschaft und durch mikrobielle Systeme produziert. Waldbaupflanzen sind ein hervorragender Rohstoff für die Papier- und Pappeindustrie, die Bauwirtschaft und die chemische Industrie. Ackerfrüchte bilden einen organisch-chemischen Pool, aus welchem Kraft- und Brennstoffe, Chemikalien und Chemieprodukte sowie Biomaterialien produziert werden können (Morris and Ahmed 1992, siehe auch Abb. 1). Abfallbiomassen sowie Biomassen der Natur- und Landschaftspflege sind wertvolle organische Rohstoffreservoirs und entsprechend ihrer organischen Zusammensetzung zu nutzen. Im Zuge der Entwicklung von Bioraffinerieanlagen wird der Begriff Abfallbiomasse mittelfristig veralten (Kamm 2000).

Biomasse ist wie Erdöl komplex zusammengesetzt. Ihre primäre Auftrennung in einzelne Stoffgruppen in einer Raffinerie ist daher zweckmäßig.

Pflanzliche Biomassen weisen immer die Grundprodukte Kohlenhydrate, Lignin, Proteine und Fette auf, neben diversen Inhaltsstoffen wie Vitaminen, Farbstoffen, Geschmacks- und Geruchsstoffen der unterschiedlichsten chemischen Struktur.

Bioraffinerien kombinieren die notwendigen Technologien zwischen den biologischen Rohmaterialien und den industriellen Zwischen- und Endprodukten (Abb. 2).

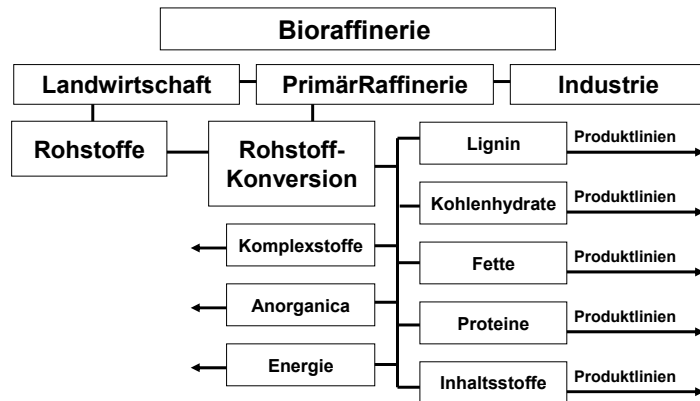


Abb. 2:
Bereitstellung chargendefinierter Grundstoffe (Fraktionierung) für die Entwicklung industriell tragfähiger Produktstambäume

Gibt es genügend nachwachsende Rohstoffe?

Gibt es genügend biogene Rohstoffe für die Umstellung einer Volkswirtschaft von fossilen Rohstoffen auf nachwachsende Rohstoffe? Diese oft gestellte Frage lässt sich recht exakt beantworten.

Die in der durch Photosynthese gebildeten pflanzlichen Substanz (Biomasse auf dem Festland) gespeicherte Energie beträgt = 3×10^{21} J pro Jahr. Der nutzbare Anteil daran (auf dem Festland) liegt bei 190×10^{18} J, das ist mehr als die Hälfte des in der Tabelle 3 aufgeführten weltweiten Primärenergieverbrauches.

Lediglich 7 % des fossilen Primärenergieverbrauches werden zurzeit stofflich genutzt und für die zukünftige Energiebereitstellung existieren neben der Biomasse genügend Alternativen. (BP Review of World Energy, 1991, 1996, 2003).

Tabelle 3:

Primärenergie (Fossile Energieträger): Ressourcen und jährliche Produktion (1995)

Rohstoff (+)	Gesamtressourcen*	gesicherte Ressourcen*	Verbrauch pro Jahr*
Kohle	229.135×10^{18} J	24.000×10^{18} J	$130,73 \times 10^{18}$ J
Erdöl	11.870×10^{18} J	5.715×10^{18} J	$131,84 \times 10^{18}$ J
Erdgas	13.071×10^{18} J	4.581×10^{18} J	$73,73 \times 10^{18}$ J
Summe	254.076×10^{18} J	34.296×10^{18} J	$336,30 \times 10^{18}$ J

*Energiewerte in Joule, + Primärenergie, Verbrauch = Produktion Förderung

Biomassekonversion und Bioraffinerien

Für einen technisch realisierbaren Trennungsgang, der die separate Nutzung oder Weiterverarbeitung aller dieser Grundprodukte ermöglichen würde, sind bis heute lediglich Ansätze vorhanden. Geht man davon aus, dass von der geschätzten jährlichen durch Biosynthese erzeugten Biomasse von 170 Milliarden Tonnen, 75 % Kohlenhydrate hauptsächlich in Form von Cellulose, Stärke und Saccharose, 20% Lignin und lediglich 5% als Fette und Öle, Proteine und diverse Inhaltsstoffe vorliegen (Röper 2001), sollte zunächst das Hauptaugenmerk auf einen effizienten Zugang zu den Kohlenhydraten, ihre Weiterkonversion zu chemischen Masseprodukten und deren

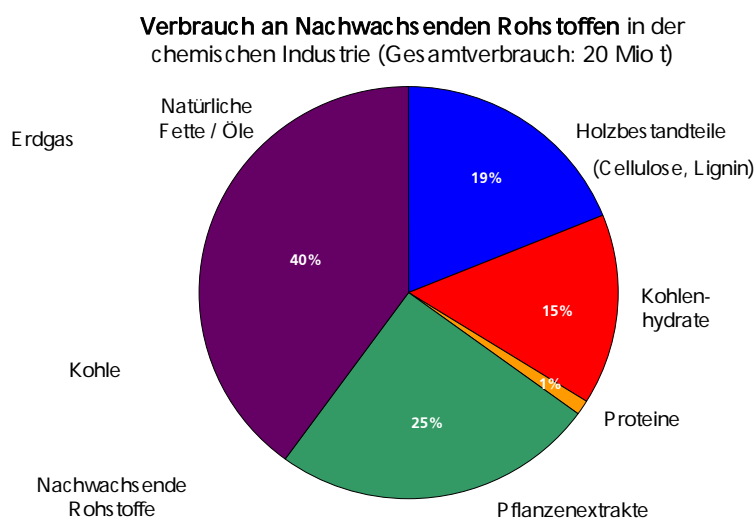
Veredlungsprodukten gerichtet werden. Darüber hinaus stellt die durch mikrobielle oder chemische Methoden aus Stärke, Zucker oder Cellulose zugängliche Glucose eine Alternative dar, da eine große Palette an biotechnologischen und chemischen Produkten aus Glucose zugänglich ist (Busch 2003, Thoen 2003). Das Potential für die mikrobielle Konversion von Substanzen ausgehend von Glucose ist groß, die Reaktionen sind energetisch vorteilhaft. Es ist notwendig die Abbauprozesse via Glucose zu den Bulkchemikalien möglichst eng mit den Aufbauprozessen zu deren Folgechemikalien und Materialien zu verknüpfen (Abb.3).

Unter den vielen aus Glucose zugänglichen chemischen Produkten sind heute schon Milchsäure, Zitronensäure, Ethanol, Essigsäure sowie Lävulinsäure industriell verfügbare Zwischenprodukte für den Aufbau relevanter Produktstambäume. Dabei werden sowohl die Entwicklungen von neuen, möglichst biologisch abbaubaren Produkten (Milchsäurefolgeprodukte, Lävulinsäurefolgeprodukte) als auch der Einsatz als Zwischenchemikalien in konventionelle Produktlinien (Acrylsäure, 2,3-Pentan-dion) von Erdölraffinerien als mögliche Strategien gesehen.

Tabelle 4:

Geschätzte Produktion biobasierter Produkte (in kt) nach (Biomass R&D, Technical Advisory Committee Oct. 2002):

Organische Säuren (Milch, Zitrus, Levulin)	95
Ethanol für Industrieanwendungen	799
Stärke	1.360
Sorbitol	234
Glyzerol/Glyzerin	186
Alkydharze	250
Sojabasierte Produkte	297
Spezialöle (Pfefferminz usw.)	4
Waldchemikalien (Rohsulfat, Terpentin, Tallöl)	1.285
Zellulosepolymere	1.136
Insgesamt	5.650



Aktuell werden 3 Bioraffinerie-Systeme in Forschung und Entwicklung forciert. Zum ersten ist das die Ganzpflanzengetreide-Bioraffinerie mit Rohstoffen wie Getreide oder Mais. Zum zweiten die Grüne Bioraffinerie mit ‚naturnasser‘ Biomasse, wie grünes

Gras, Luzerne, Klee, unreifes Getreide. Und zum dritten die Lignocellulose-Feedstock Bioraffinerie mit den ‚naturtrockenen‘ Rohstoffen, wie cellulosehaltige Biomasse und Abfälle (Kamm 2003, Abb. 4).

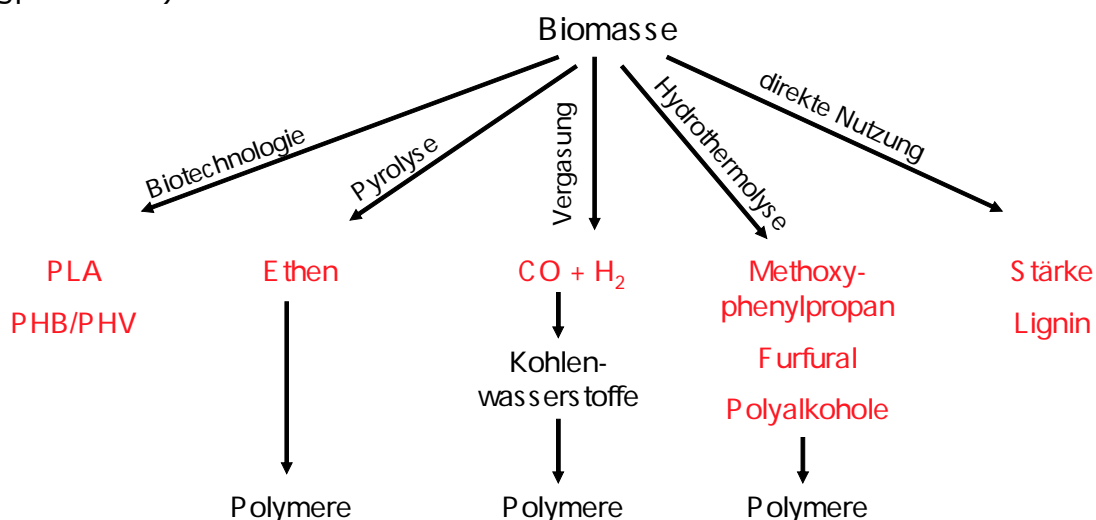
Die Einführung einer industriellen Bioraffinerie-Technologie und biobasierter Produkte hat natürlich Konsequenzen. Zum einen ist die Produktion von Substanzen auf der Basis biogener Rohstoffe in den bestehenden Produktionsanlagen der Cellulose-, Stärke-, Zucker- und Öl-Produktion zu erweitern (European Commission, DG Enterprise 2002), zum anderen ist die Errichtung und Inbetriebnahme von Demonstrationsanlagen erforderlich. Eine Aufgabe der Chemie, insbesondere der Organischen Chemie wird es sein, sich im Konzept der ‚Biobasierten Produkte und Bioraffinerie-Systeme‘ zu positionieren, mit dem Schwerpunkt auf der Verknüpfung von biologischen und chemischen Synthesen und Methoden und systematischer Annäherung an die nachhaltigen Prinzipien der idealen Synthese (Clark 1999). Neben der Förderung der dafür notwendigen Forschung und Entwicklung ist eine Etablierung des Fachgebietes ‚Stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe-Bioraffinerie-Systeme‘ in der Ausbildung und universitären Lehre erforderlich.

Handlungsbedarf

Was muss jetzt getan werden, um langfristig die stoffliche Nutzung von Biomasse zu etablieren?

Fragen in diesem Zusammenhang sind z.B. die Erzeugung verarbeitungsgerechter Pflanzen in Land- und Meereswirtschaft, Kombination von Ernte und Primärverarbeitung in mobilen Erntekonvertern vor Ort, effektive Verarbeitung der Zwischenprodukte in Bioraffinerien, der Aufbau von Produktlinien von der Erzeugung bis zur Verwendung nachwachsender Rohstoffe, Gewährleistung eines adäquaten Umweltschutzes. Notwendig sein werden weiterhin die Durchführung von Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben, die Informationsvermittlung und Beratung, vor allem für Produzenten, Verarbeiter und Anwender nachwachsender Rohstoffe sowie das Marketing und die Öffentlichkeitsarbeit.

Zu berücksichtigen ist, dass die Umstellung nicht zwangsläufig eine biotechnologische Industrie nach sich zieht. Die Einführung einer biomassebasierten Wirtschaft und die Umkehr der negativen Klimaentwicklung erfordern nur den Einsatz erneuerbarer Energien und Rohstoffe. Ihre Nutzung bzw. Verarbeitung kann mit den wirtschaftlich effektivsten Methoden erfolgen. Aufgrund der Eigenschaften der Biomasse haben biotechnologische Methoden gute Chancen, unter den effektivsten Methoden zu sein (Ringfeil 2003).



Zur Durchsetzung der industriellen stofflichen Verwertung von Nachwachsenden Rohstoffen müssen die folgenden 5 Schwerpunkthemen in Forschung und Entwicklung, Politik und Wirtschaft vorrangig angegangen und bearbeitet werden:

- (1) Biomasseproduktion
- (2) Biomasseaufbereitung, Konversion und Primärraffinerien
- (3) Bioraffinerien, Biobasierte Produktlinien und Produkte
- (4) Produktanwendungen und Absatz
- (5) Öffentliche Maßnahmen, Bildung und Gesellschaft

Als wichtigste Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationfelder seien angeführt:

- (1) Biomasseproduktion
 - Methoden der Landbewirtschaftung
 - Rohstoffbearbeitung
 - Biotechnologie
 - Pflanzenphysiologie und Gentechnik
- (2) Biomasseaufbereitung, Konversion und Primär-Raffinerien
 - Bioraffinerie-Konzepte
 - Thermochemische Konversion
 - Biotechnische Konversion

 - Katalytische und Chemische Technologien
 - Fraktionierung und Separationstechnologien
 - Biomassefermentation und Biomassehydrolyse
 - Primärraffinerie-Entwicklungen und Demonstrationen
 - Technologische Machbarkeit
- (3) Bioraffinerien, Biobasierte Produktlinien und Produkte
 - Bioraffinerieentwicklungen und Demonstrationsprojekte
 - Entwicklung von biobasierten Produktstammbäumen-
- (4) Produktanwendungen und Absatz
 - Materielle und immaterielle Anreize
 - Marktöffnungsprogramme
- (5) Öffentliche Maßnahmen, Bildung und Gesellschaft
 - Materielle und immaterielle Anreize
 - Bildung und Ausbildung
 - Umweltstandards
 - Normen und Gesetze
 - Wirtschaftliche Hilfe
 - Zusammenarbeit von Legislative, Exekutive, Landwirtschaft, Industrie und Wissenschaft

Gegenwärtig sind in den USA die entschiedensten Bemühungen zu beobachten, um die Umstellung auf eine Biomassewirtschaft einzuleiten. Legislative und Exekutive arbeiten dort bereits eng mit Landwirtschaft, Industrie und Wissenschaft zusammen. Mehr als 40 Bundesstaaten haben eigene Programme aufgenommen, Förderaufgaben sind benannt und in Arbeit. Ein erstes Diskussion dieser Thematik hat an der New

Yorker Börse bereits im Januar 2003 stattgefunden (BioBusiness Review 3/2003). Die Zeitschrift „Economist“ hat sich mit der Einschätzung dieser Entwicklung befasst. Verbände von Chemie und Biotechnologie wie beispielsweise ACS (American Chemical Society) und BIO (Biotechnology Industry Organization), arbeiten eng zusammen.

Nach Verständigung der Gesellschaft über eine Biomasse-Vision sollten die folgenden 5 Punkte in einem ‚Fahrplan‘ konkretisiert und zur Umsetzung gebracht werden. Durch die Kombination von Forschung und Entwicklung sowie von öffentlichen Maßnahmen werden

- eine Zunahme des wissenschaftlichen Verständnisses zum Rohstoff Biomasse
- das Einführen nachhaltiger Systeme für die Entwicklung, Ernte und Verarbeitung von Biomasse-Rohstoffen,
- eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Qualität von Konversion, Marketing und den Technologien für eine Vielzahl von Produkten,
- ein besseres Marktklima und Regularien , die für die weitere Entwicklung und den Einsatz von biobasierten Kraftstoffen, Energie und Produkten notwendig sind,
- eine Verbesserung der Umwelt,
- ein verbesserter Zugang zu den Biomasserohstoffen und eine Teilhabe an der Weltführung bei der Entwicklung der Biomassetechnologien und deren Einsatz,

erwartet bzw. ermöglicht.

Ein Paradigmenwechsel muss die zukünftige Energie- und Stoffwirtschaft bestimmen. Die Vorbereitung der Umstellung der erdölbasierten Wirtschaft Deutschlands auf eine biomassebasierte kann in Angriff genommen werden.

Es gibt viel zu tun. Packen wir es an!

Kontaktadresse für weitere Informationen und Literaturverweise:

Busch, Rainer, Dr.

Dow Deutschland GmbH & Co. OHG

Industriestrasse 1

77836 Rheinmünster

Tel.: 07227 91 3400

Fax: 07227 91 3707

e-mail: rbusch@dow.com