

# Nachwachsende Rohstoffe – ein Beitrag zur nachhaltigen Wirtschaftsweise

von Gerhard Justinger

## Überblick

Der Wohlstand der Industrieländer beruht auf der Nutzung großer Mengen fossiler Rohstoffe für stoffliche Zwecke ebenso wie für energetische Bedürfnisse. Die Menschen dieser Länder machten sich von den kurzfristigen natürlichen Kreisläufen unabhängig. Aber die fossilen Rohstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas sind heute bereits weitgehend aufgebraucht, für deren Bildung die Natur Milliarden von Jahren brauchte. Derzeit beginnt eine zögerliche Umorientierung in Richtung auf nachhaltige Wirtschaftsweisen. Nachwachsende Rohstoffe können hierzu bemerkenswerte Beiträge leisten.

The prosperity of industrialized countries depends on the utilization of large amounts of fossil fuels for material and energy purposes. The population of these countries became largely independent from the short-term natural cycles. But the fossil fuels such as coal, oil and gas have been used up already to a large extent. At present a hesitant reorientation towards a sustainable economic system takes place. Renewable biomass resources are able to make a significant contribution towards this end.

## 1. Situation

Wir Menschen in der Industriegesellschaft sind im Hinblick auf Sicherheit und Preiswürdigkeit der Energie- und Rohstoffversorgung maßlos verwöhnt. Energie und Rohstoffe sind immer da wenn wir sie brauchen – in jeder gewünschten Form. Erst seit wenigen Jahren wird uns bewußt, daß unser derzeitiger Energie- und Rohstoffverbrauch nicht von Dauer sein kann. Die beiden Hauptsätze der Thermodynamik erklären uns die Unerbittlichkeit dieser Zusammenhänge bereits seit rund 130 Jahren, aber wir ziehen daraus kaum wirksame Konsequenzen – über Nachhaltigkeit wird überwiegend nur geredet.

Das Wissen um die Problematik der Nutzung fossiler Rohstoffquellen ist zu wenig verbreitet, und über Alternativen wie Energiesparmaßnahmen, Verbesserung der Energieeffizienz sowie die Nutzungsmöglichkeit erneuerbarer Energieträger und nachwachsender Industrierohstoffe liegen zu wenig Informationen vor. Da die Hauptsätze der Thermodynamik sowohl für Energie als auch für Materie

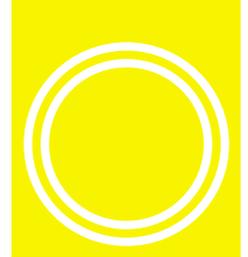
gelten, beziehen sich Forderungen nach Rohstoffeinsparung, Effizienzverbesserung und dem Einsatz erneuerbarer Rohstoffe gleichfalls auf beide Problembereiche.

## 2. Nachwachsende oder fossile Rohstoffe

Unter nachwachsenden Rohstoffen (NR) versteht man Pflanzen oder deren Inhaltsstoffe die ganz oder in Teilen als Rohstoffe für die Industrie oder als Energieträger genutzt werden können. Teilweise können auch tierische Produkte, die als Nebenprodukte der Nahrungsmittelerzeugung anfallen, als NR bezeichnet werden (Beispiel: Wolle). Im Gegensatz zu fossilen Rohstoffen erneuern sich die NR jährlich oder in überschaubaren Zeiträumen [11].

Während fast der gesamten Menschheitsgeschichte wurden ausschließlich „erneuerbare Energieträger“ und „nachwachsende Rohstoffe“ genutzt, sowohl für die Ernährung als auch für Energieversorgung und werkstoffliche Nutzung wie Kleidung und Gerätschaften. Erst seit der industriellen Revolution, also in der erdgeschichtlich verschwindend geringen Zeitspanne von rund 300 Jahren, wurde die Basis der nachwachsenden Rohstoffe mit der Nutzung der fossilen Rohstoffe Kohle, Erdöl und Erdgas im großen Maßstab allmählich verlassen. Diese Nutzung war die Voraussetzung für Wachstum von Produktivität und Wohlstand.

Kohle, Erdöl und Erdgas sind Photosyntheseprodukte entstanden in geologisch langen Zeiträumen durch Entnahme von Kohlenstoffdioxid aus der Erdatmosphäre und Freisetzung von Sauerstoff. Erst so wurde die Lebensgrundlage für lungenatmende Säugetiere, also auch für den Menschen, geschaffen. Die großtechnische Nutzung der fossilen Brennstoffe dreht diesen Prozeß um und stellt zwangsläufig im Endresultat den Urzustand wieder her, wenn Kohle, Erdöl und Erdgas vollständig umgewandelt werden würden. Die Entropie des Systems „Erde-Erdatmosphäre“, die mit der Speicherung der Sonnenenergie in chemischer Form abnahm, wird durch unsere derzeitige Energienutzung wieder vermehrt.



Die sich zu Beginn der Neuzeit stark fortentwickelnden Naturwissenschaften und deren Anwendung auf die Sozial- und Wirtschaftswissenschaften führte zum Weltbild der „Welt als Maschine“. Dieses Paradigma prägt unser Denken noch heute. Die Natur hat darin keinen eigenen Wert, in der Marktwirtschaft hat sie keinen Preis. Dieses Weltbild ist Grund für den zunehmenden Ersatz menschlicher Arbeit durch Energie. Jedem Menschen in Industrienationen stehen heute ca. 20 Sklaven in Form von Energie zur Verfügung. Die Vorstellung, wir könnten so den Wohlstand aller Menschen ohne Rücksicht auf die Natur mehren, stößt an Grenzen. Erste deutliche Anzeichen sind explodierende Kosten für die Entsorgung fester und flüssiger Abfälle. Die Entsorgung von CO<sub>2</sub>, des Hauptabfallstoffes bei der Nutzung fossilen Energieträger, ist hingegen derzeit noch gebührenfrei.

### 3. Das Nachhaltigkeitsprinzip

Warum beschäftigen wir uns heute wieder mit unserer Rohstoffbasis? Wir Industrieländer haben die Rohstoffvorräte der Erde bereits massiv genutzt und strapazieren damit die Aufnahmefähigkeit der Erde und der Erdatmosphäre für unsere Abfallprodukte bereits im Übermaß [6].

Die Besinnung auf die „erneuerbaren Energieträger“ wurde durch die Energiepreiskrisen der 70er Jahre ausgelöst. Es wurde plötzlich deutlich, daß Deutschland als rohstoffarmes Land in hohem Maße von Rohstoffimporten für sein Industrie und Energieversorgung abhängig ist. Es begann die Suche nach zusätzlich nutzbaren einheimischen Energieträgern wie

Wasserkraft, Windenergie, Stroh, Holz und Biogas aus Gülle, sowie die Ver-suche, Chemierohstoffe aus nachwachsenden biogenen Stoffen wie Stärke, Zucker, Cellulose, etc., zu gewinnen.

Die Bemühungen zur stärkeren Nutzung nachwachsender Rohstoffe erhielten erst durch das wachsende Umweltbewußtsein eine neue und entscheidende Dimension. Das konkrete Erlebnis der Umweltbelastung durch unser industrielles Wachstum führte in den 60er Jahren zum Beginn der Umweltbewegung; Luftbelastung und Gewässerverschmutzung führten zu ersten gesetzlichen Umweltschutzregelungen. Umweltschädigungen globalen Ausmaßes wie Ozonloch, Treibhauseffekt wurden bekannt, bei denen Ursache und Wirkung nicht so nah räumlich zusammenliegen wie bei den bisher bekannten Belastungen von Luft, Gewässer und Deponien [4, 5]. Eine Reihe von Katastrophen schärfte das Umweltbewußtsein zusätzlich. Die Umweltorganisationen gewannen an Einfluß, es bildete sich die Partei der Grünen; es wurden schließlich nationale und internationale Kommissionen und Gremien geschaffen, die sich mit der Bewertung der Umweltfragen befaßten.

Die Kommission für „Umwelt und Entwicklung“ der Vereinten Nationen<sup>1</sup> stellte schließlich in ihrem Abschlußbericht [1] eine neue Dimension von Umweltorientierung vor mit der Forderung nach „sustainable development – einer „nachhaltige Entwicklung“ – in der die heute lebenden Menschen ihre Bedürfnisse nur so befriedigen dürfen, daß nachfolgende Generationen in der Befriedigung ihrer Bedürfnisse nicht beeinträchtigt werden<sup>2</sup>.

Die Reichweite unseres wichtigsten Energie- und Industrierohstoffes Erdöl beträgt nach unterschiedlichen Schätzungen nur noch wenige Jahrzehnte. Wir sind also von der Erfüllung der Forderung nach Nachhaltigkeit noch weit entfernt. Selbst wenn Erdöl noch 300 Jahre oder mehr zur Verfügung stünde, wäre unsere Verbrauchsrate<sup>3</sup> im Hinblick auf die lange Menschheitsgeschichte und die Lebensrechte nachfolgender Generationen nicht nachhaltig. Würden bevölkerungrei-

che Länder wie Indien und China unser energieverzehrendes Wirtschaftssystem kopieren, wäre es mit niedrigen Rohstoffpreisen schnell zu Ende. Gleichzeitig würden die Klimaauswirkungen der Verbrennung fossiler Energierohstoffe dramatisch beschleunigt [3]. Die Verfügung über Rohstoffvorräte wird in Zukunft zu einer bedeutenden Quelle internationaler Auseinandersetzungen werden – der Golfkrieg war ein deutlicher Vorbote; Armutswanderungen größeren Ausmaßes werden wahrscheinlich.

### 4. Beitrag nachwachsender Rohstoffe zu nachhaltigerem Wirtschaften

Heute spielen erneuerbare Energien in Deutschland eine sehr unbedeutende Rolle. Zusammen tragen sie mit 296 PJ nur rund 2% zum gesamten Primärenergieverbrauch in Deutschland bei<sup>4</sup> [9]; der Anteil der Bioenergie beträgt rund 1%. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die offizielle Energiestatistik nur Biobrennstoffe erfaßt, die kommerziell gehandelt werden. Erhebungen haben gezeigt, daß z.B. in Bayern die einheimische Biomasse bereits 3,4% zur Gesamtenergieversorgung beiträgt; Schätzungen zeigen, daß der Anteil in einem Energiemix langfristig etwa 12% betragen könnte<sup>5</sup> – entsprechende Zahlen sind in Österreich heute bereits erreicht.

Die Möglichkeiten der energetischen und stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffe sind vielfältig; die Tabelle gibt einen Überblick [11].

#### 4.1 Biogene Treibstoffe

Pflanzliche Öle und Alkohol aus der Fermentation pflanzlicher Rohstoffe sind grundsätzlich als Motortreibstoffe nutzbar. Verschiedene Projekte zur Alkoholgewinnung wurden in den 80er Jahren öffentlich gefördert. Es entstanden Anlagen in Dormagen, Ochsenfurt und Ahausen-Eversen, die im industriellen Maßstab Agraralkohole erzeugten. Da die ökonomischen Rahmenbedingungen mit dem Verfall der Erdölpreise nicht mehr gegeben waren, wurden die Anlagen nach Projektende stillgelegt. In Frankreich und Italien wird hingegen der Agraralkohol, meist als Ethyltertiärbutylether (ETBE), ein Oktanzahlbooster, dem Ottomotortreibstoff beigemischt.

<sup>1</sup> unter Leitung der früheren norwegischen Ministerpräsidentin Gro Harlem Brundtland diese noch recht unpräzise Definition wurde inzwischen mehrfach praktikabler erläutert.

<sup>2</sup> 20 Prozent der Menschen in den Industrieländern verbrauchen heute 80 Prozent aller Rohstoffe.

<sup>3</sup> Erneuerbare Energien trugen 1997 noch 14.490 PJ zum Primärenergieverbrauch Deutschlands bei.

<sup>4</sup> In Regierungserklärungen vom 08.12.1994 und 19.07.1995 gab der bayerische Ministerpräsident als politisches Ziel der Landesregierung vor, daß 5% des bayerischen Primärenergiebedarfs bis zum Jahr 2000 durch Biomasse abgedeckt werden sollen.

Tabelle: Übersicht über die Möglichkeiten der energetischen und stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen

Stoffliche Nutzung von Biomasse						
Holz/ Zellstoff	Öle/ Fette	Stärke	Zucker	Arzneien/ Gewürze	Fasern	Farb- stoffe
Holz	Raps	Mais	Zuckerrübe	Koriander	Flachs (Faserlein)	Waid
Flachs (Faserlein)	Rübsen	Kartoffeln	Topinambur	Kümmel	Hanf	Safflor
Hanf	Senf	Weizen	Zichorie	Fenchel	Fasernessel	Wau
Stroh	Crambe	Markerbsen	Zuckerhirse	Melisse	Kenaf	Krapp
Chinaschilf	Leindotter	Reis <sup>1)</sup>	Zuckerrohr <sup>1)</sup>	Pfefferminze	Kokos <sup>1)</sup>	Safran <sup>1)</sup>
	Sonnenblume	Maniok <sup>1)</sup>		Johanniskraut	Sisal <sup>1)</sup>	
	Kreuzblättrige Wolfsmilch			Mariendistel	Jute <sup>1)</sup>	
	Flachs (Öllein)			Ringelblume	Baumwolle <sup>1)</sup>	
	Mohn <sup>1)</sup>			Baldrian	Kapok <sup>1)</sup>	
	Soja <sup>1)</sup>			Kamille		
	Palmöl <sup>1)</sup>			Borretsch		
	Safflor <sup>1)</sup>			Basilikum		

Energetische Nutzung von Biomasse		
fest	gasförmig (z. B. Biogas)	flüssig (z. B. Biodiesel, Rapsöl, Ethanol)
Stückholz	Stroh	Raps
Holzhackschnitzel	Landschaftspflegematerial	Sonnenblumen
Stroh	Gras	Sojaöl <sup>1)</sup>
Getreideganzpflanzen	Grünabfälle	Palmöl <sup>1)</sup>
Miscanthus		Zuckerrüben
		Zuckerrohr <sup>1)</sup>
		Kartoffeln
		Getreide
		Mais

Wärmeerzeugung  
Stromerzeugung

Kraftstoffe

<sup>1)</sup> Anbauvoraussetzungen in Deutschland nicht gegeben

heizkraftwerke an die Eigenschaften des Pflanzenöls anzupassen. Eine Reihe kleiner dezentraler Pflanzenölmühlen mit insgesamt ca. 4.000 t/a Rapsölm-satz versorgen diesen Markt. Verschiedene kleine Unternehmen vertreiben Blockheizkraftwerke auf Pflanzenöl-basis und rüsten Fahrzeugmotoren für den Betrieb mit naturbelassenem Pflanzenöl aus.

#### 4.2 Biogene Festbrennstoffe

Es gibt es eine Vielzahl von Substitutionsmöglichkeiten von fossiler Energie durch feste Biomasse. Holz, Stroh und Energiepflanzen sind ideale Energieträger für deren Nutzung prinzipiell moderne Techniken vorhanden sind.

Traditionell ist Holz im ländlichen Raum in Deutschland noch immer ein wichtiger Energieträger dessen Einsatz in der Raumwärmeerzeugung statistisch zwar unpräzise erfaßt wird, der aber dennoch einen bedeutenden Beitrag zur Energieversorgung leistet. Um den Umfang der Bioenergienutzung besser abschätzen zu können, wurden Struktur und Umfang des Absatzes von Biomassefeuerungsanlagen in Deutschland ermittelt<sup>6</sup>. Die Untersuchung zeigte, daß 1995 immerhin 141 Hersteller von Festbrennstoff-feuerungsanlagen auf dem deutschen Markt anboten<sup>7</sup>: 59% der Anlagen waren für Holz bestimmt, 22 % für Kohle, 19 % für Energiepflanzen und Stroh. Von 1992 bis 1994 wurden jährlich insgesamt rund 200.000 Biomassefeuerungsanlagen abgesetzt. Rund 190.000 davon waren jedoch kleine Einzelöfen, wie offene Kamine, Kochherde, Kaminöfen und Kachelöfenheizeinsätze. Die gesamte installierte Nennleistung betrug rund 2.000 MW<sub>th</sub>, deren Jahresarbeit aber nicht bekannt ist. Die Absatzzahlen nahmen von 1992 bis 1994 im Bereich 101 kW<sub>th</sub> bis 1 MW<sub>th</sub> aber auch im Bereich über 1 MW<sub>th</sub> zu<sup>8</sup>. Dieses Ergebnis wird durch eine Untersuchung des Forums für Zukunftsentnergien bestätigt, die große volkswirtschaftliche Beschäftigungseffekte durch die Bioenergie feststellte.

Der Freistaat Bayern fördert seit 1995 die Einführung moderner Holzheizanlagen zwischen 20 und 100 kW<sub>th</sub>. Die Nachfrage ist sehr groß; in kurzer Zeit wurden rund 7.000 Anträge ge-

Der in Deutschland am meisten bekannte Biotreibstoff ist der Biodiesel aus Pflanzenöl. Etwa 70.000 t/a Rapsmethylester (RME) werden derzeit an heute fast 1.000 Tankstellen abgesetzt. Das Pflanzenöl ist den Dieselmotoren angepaßt, indem bei der

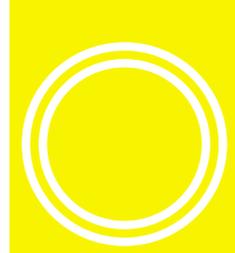
Umesterung der Alkohol Glycerin durch Methanol ersetzt wird. Dadurch verringert sich die Viskosität des Pflanzenöls und wird in normalen Dieselmotoren einsetzbar. In Bayern werden derzeit rund 4.000 t/a RME in einer kleinen Anlage hergestellt. Damit werden 150 öffentliche und betriebliche Biodieseltankstellen unterhalten. Eine größere Veresterungsanlage in Ochsenfurt mit 75.000 t Kapazität im Endausbau befindet sich derzeit in der Genehmigungsphase.

Es wird aber auch versucht, Dieselmotoren für Fahrzeuge und Block-

<sup>6</sup> im Auftrag von C.A.R.M.E.N.

<sup>7</sup> 76 Hersteller aus Deutschland, 33 aus Österreich, 16 aus der Schweiz, acht aus Dänemark, der Rest aus verschiedenen europäischen Ländern.

<sup>8</sup> Die Stückzahl erhöhte sich von 796 auf 958 im ersten Bereich, und von 105 auf 151 im Bereich über 1 MW<sub>th</sub>.



stellt von denen ca. 1.500 voraussichtlich gefördert werden können. Auch im Marktanreizprogramm Erneuerbare Energien der Bundesregierung zeigte sich sehr schnell ein Antragsüberhang bei der Bioenergie. Bis Ende 1997 wurden in diesem Programm 1.350 Anlagen mit Zuschüssen von rund 19 Mio DM bei einem Investitionsvolumen von rund 45 Mio DM gefördert.

Bereits vor der Förderung der Kleinfeuerungsanlagen begann der Freistaat Bayern 1990 mit der Förderung größerer Heizkraftwerke, die Biomasse wie Stroh, Holz und *Miscanthus sinensis* als Brennstoff nutzen. Seit 1991 wurden 45 neue Biomasseheiz- bzw. Heizkraftwerke gefördert; derzeit sind etwa 70 Projekte in Bearbeitung. Fast die Hälfte der realisierten Anlagen liegen im Leistungsbereich unter 1 MW<sub>th</sub>, Kraft-Wärme-Koppelung ist die Ausnahme.

Das Heizkraftwerk Sulzbach-Rosenberg wurde 1995 in Betrieb genommen (**Abbildung 1**). Die Realisierung und die Vertragsgestaltung wurden durch die besonderen Verhältnisse in der Stadt und die Anbindung an die Maxhütte geprägt. In zwei unabhängig regelbaren Feuerungen von je 11 MW<sub>th</sub> Feuerungsleistung wird aus land- und forstwirtschaftlicher Biomasse sowie aus Restholz der Holzverarbeitenden Industrie je 10,5 t/h Dampf erzeugt. Ein Teil wird als Prozeßdampf bei 12 bzw. 16 bar entnommen, der Restdampf aus beiden Feuerungen wird in einer Turbine umgesetzt. Bei Entnahmebetrieb liefert diese 1,4 MW<sub>el</sub>, bei Kondensationsbetrieb 4,2 MW<sub>el</sub>; der Brennstoffbedarf liegt bei 30.000 t/a.

Das Biomasseheizwerk Buchenberg im Allgäu und ist ein typisches Beispiel der derzeit üblichen Bioenergieanlagen (**Abbildung 2**). Anstoß gab die Bemühung des Luftkurortes um eine zumindest in Teilen umweltverträgliche Energieversorgung. Das Projekt zeichnet sich durch sehr schnelle Umsetzung aus (Gemeinderatsbeschl. im September 1994, Inbetriebnahme bereits im Dezember 1995). Das Heizwerk versorgt kommunale und kirchliche Gebäude sowie 80 Privathäuser. Der Biomassekessel hat eine Leistung von 850 kW<sub>th</sub>, drei vorhandene Heizölkessel von insgesamt 930 kW<sub>th</sub> wur-



*Abbildung 1: Das Biomasse-Heizkraftwerk Sulzbach-Rosenberg zur CO<sub>2</sub>-neutralen Gewinnung von Strom, Wärme und Prozeßdampf (2 x 11 MW Feuerungs- und 2 x 8,4 MW Nutzwärmeleistung; 4,2 MW<sub>el</sub> elektrische Leistung bei Kondensationsbetrieb). Die biogenen Brennstoffe stammen aus einem Einzugsgebiet von ca. 70 km Radius. Die anfallenden 1.600 t/a Rost- und Kesselasche können wegen des hohen Nährstoffgehalts an Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium gut in der Land- und Forstwirtschaft eingesetzt werden.*

den als Reserve und Spitzenlastkessel in das System integriert. Die Rauchgasreinigung durch einen Multizyklon unterschreitet den zulässigen Grenzwert von 150 mg/Nm<sup>3</sup> deutlich. Die in der Schule vorhandene Solarkollektoranlage mit 50 m<sup>2</sup> Fläche speist im Sommer Überschüßwärme ebenfalls in das Wärmenetz, das im geplanten Endausbau 3,5 km Länge erreichen wird. Betreiber der Anlage ist eine Gesellschaft, die aus fünf Landwirten der Region sowie der Gemeinde besteht.

#### 4.3 Biogas

Bisher werden in den seltensten Fällen gezielt nachwachsende Rohstoffe zur Biogasproduktion angebaut – was prinzipiell möglich wäre. Eine ganze Reihe von Biogasanlagen auf landwirtschaftlichen Betrieben und in Depo- nie- und Klärgasanlagen nutzt jedoch biogene Reststoffe zur Biogasproduktion.

#### 4.4 Rohstoffliche Nutzung von Biomasse

Obwohl der Energieverbrauch den Rohstoffverbrauch in der Industrie deutlich überwiegt, sind auch in diesem Bereich Anstrengungen zu einer nachhaltigen Rohstoffversorgung erforderlich.

In Deutschland werden jährlich rund 1,2 Mio t Mineralöl in den verschiedenen Schmierstoffgruppen eingesetzt, fast 40% davon als Motorenöle, ein großer Teil als Hydraulikflüssigkeiten, Kühlschmiermittel, Sägekettenschmierstoffe, Betontrennmittel, Weichen- und Spurkranzschmierstoffe, etc. Nur etwa die Hälfte dieser Produkte wird nach Gebrauch gesammelt und kontrolliert entsorgt, der Rest gelangt in die Umwelt. Mehr als 500.000 t Mineralöl gelangen zum Teil mit stark toxischen Additiven versehen systembe-



Abbildung 2: Das Biomasseheizwerk im Neubaugebiet „Obere Rottach“ des Luftkurortes Buchenberg – erstes Modellprojekt im Allgäu (850 kW Biomassekessel für Grundlastbetrieb; drei Heizölkessel von 2 x 350 und 230 kW für Spitzenlast und Notbetrieb). Im Endausbau substituiert das Heizwerk jährlich 230.000 Liter Heizöl.

dingt in die Umwelt. Motorenschmieröl verbrennt teilweise und wird über Luft und Regen in den Boden eingetragen. Betontrennmittel, Sägekettenöle und alle Verlustschmierstoffe gelangen direkt in den Boden und ins Grundwasser. Bei großen Mobilhydraulikanlagen sind Schlauchabrisse nicht selten. Die Umweltgefährdung durch diese Produkte ist sehr groß. Es gibt indessen seit Jahren Ersatzprodukte auf der Basis pflanzlicher Grundöle<sup>9</sup>.

In jüngster Zeit wurde ein gemeinsam durch den Bund und den Freistaat Bayern gefördertes Forschungsvorhaben erfolgreich abgeschlossen, bei dem ein System von Polyurethan auf der Basis von Pflanzenöl entwickelt wurde .

Pflanzenfasern ersetzen in Autobau-teilen Glasfasern und tragen so deutlich zur Verringerung des Gewichts bei. Sie verbessern die Recyclingfähigkeit der Bauteile und lassen sich als erneuerbare Energieträger entsorgen.<sup>10</sup>

Zucker ist ein begehrter Rohstoff der chemischen Industrie und wird beispielsweise zur Herstellung vieler orga-

nischer Spezialchemikalien sowie in der Tensidherstellung benutzt. Hier wirkt sich die gute biologische Abbaubarkeit der Tenside positiv aus.

## 5. Schluß

Die beiden Hauptsätze der Thermodynamik zeigen uns die Grenzen unseres derzeitigen wirtschaftlichen Verhaltens. Die fossilen Rohstoffvorräte der Erde sind nicht vermehrbar. Unser Verbrauch verringert diese Ressourcen der Erde auf Dauer und hinterläßt unseren Nachkommen einen „geplünderten Planeten“. Die einzige nachhaltig verfügbare Energiequelle ist die Sonne. Wir müssen die kreative Intelligenz der Menschheit darauf richten, diese Quelle zu erschließen.

<sup>9</sup> Fuchs Petrolub brachte 1985 das erste Sägeketten-schmieröl aus Raps auf den Markt. Der Preis des im Vergleich zu Mineralölerzeugnissen zunächst drei bis viermal so teuren aber umweltverträglicheren Produkts sank deutlich mit größeren Mengen in Folge von Auflagen der Forstämter.

<sup>10</sup> durch BASF, Hobum Chemie und den Automobilzulieferer EMPE

Nutzen wir die Sonnenenergie auch durch nachwachsende Rohstoffe – diese Rohstoffe bieten viele Ansätze zur Entwicklung nachhaltiger Wirtschaftskreisläufe im Einklang mit der Natur. Es gibt kein nachhaltiges Wirtschaftssystem ohne nachwachsende Rohstoffe – auf Dauer gibt es nur die nachwachsenden Rohstoffe!

## Literatur

- [1] V. Hauff (Hrsg.) „Unsere gemeinsame Zukunft“, Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung, Eggenkamp-Verlag, Greven (1987)
- [2] „Klimaänderung gefährdet globale Entwicklung“, Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages, Economica-Verlag (1992)
- [3] „Mehr Zukunft für die Erde – Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz“, Schlußbericht, Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages, Drucksache 12/8600, Bonn (1994)
- [4] R. Weber „Treibhauseffekt – Klimakatastrophe oder Medienpsychose?“, Dr. Böttiger-Verlag, Wiesbaden (1991)
- [5] „Der Mensch ist Klimafaktor“, Pressemitteilung, Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Bonn, Februar 1995
- [6] „Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeiten von Energierohstoffen 1995“, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- [7] „Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“, Enquete-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des Deutschen Bundestages, Drucksache 12/8260, Bonn (1994)
- [8] J. Riegler, A. Moser „Ökosoziale Marktwirtschaft – Denken und Handeln in Kreisläufen“, Stocker-Verlag, Wien (1996)
- [9] „Energie Daten 1997“, Bundesministerium für Wirtschaft, Bonn (1997)
- [10] „5 Jahre nachwachsende Rohstoffe 1993-1997“, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bericht, Bonn (1998)
- [11] M. Benz, K.-H. Scharf, T. Weber „Nachwachsende Rohstoffe“ Aulis-Verlag, Deubner & Co.KG, Köln (1997)