

Perspektiven der industriellen Produktion auf Basis von Biomasse

Das Konzept „Bioraffinerie“ verspricht ökologische und ökonomische Potenziale, die weit über die heutige Bedeutung nachwachsender Rohstoffe hinausgehen

Autoren:

Jöran Reske
Projektleiter bei INTERSEROH und
Vorstand der Interessengemein-
schaft Biologisch Abbaubare
Werkstoffe e. V.
Dr. Birgit Kamm,
Institut für Organische
Chemie und Strukturanalytik
Universität Potsdam
und Vorstand des Forschungsinstitut
Bioaktive Polymersysteme e. V.
(biopos) Teltow
Michael Kamm
Wiss.-techn. Geschäftsführer
BioRefinery.de GmbH, Potsdam

In Bioraffinerien können organische Substrate zu einem weiten Spektrum industrieller Rohstoffe verarbeitet werden. Ein Beispiel dafür sind Kunststoffe, die im Vergleich zu Kunststoffen aus Erdöl ähnliche technische Eigenschaften aufweisen und wegen der Herkunft aus erneuerbaren Ressourcen ökologische Vorteile versprechen. Produkte aus diesen „erneuerbaren“ Kunststoffen sind bei Verbrauchern sehr beliebt und werden von Anwendern zunehmend eingesetzt. Das Thema wird hier in den volkswirtschaftlichen Zusammenhang gestellt. Die Beschreibung des Konzepts „Bioraffinerie“ verdeutlicht mittel- und langfristige Perspektiven.

1. Einführung

„Die Steinzeit ist nicht deshalb zu Ende gegangen, weil es keine Steine mehr gab“ – so wird der ehemalige saudi-arabische Ölminister Scheich Yamani zitiert. Ergo dürfte die „Ölzeit“ auch nicht wegen des Versiegens der Ölquellen zu Ende gehen – sondern eher wegen der abnehmenden Zuverlässigkeit der Versorgung, stärker schwankenden und langfristig steigenden Ölpreisen und der Entwicklung attraktiver Alternativen. Kunststoffe aus erneuerbaren Ressourcen sind auf dem besten Weg, den letzten Teil der These zu belegen.

2. Kunststoffe aus erneuerbaren Ressourcen

Technisch ist es heute möglich, aus nachwachsenden Rohstoffen wie z. B. Stärke oder Cellulose Kunststoffe herzu-

stellen, die in Verarbeitungs- und Anwendungseigenschaften den herkömmlichen Materialien in der Regel ebenbürtig, in manchen Fällen auf Grund ihrer Eigenschaften sogar überlegen sind. Wegen bisher geringer Mengen sind Produktion und Anwendung der innovativen Materialien noch vergleichsweise teuer – die Entwicklung ist dennoch bereits kurzfristig unter wirtschaftlichen und ökologischen Gesichtspunkten erfolgversprechend.

Zusammenfassende Darstellungen zu den ökologischen Perspektiven von Kunststoffen aus erneuerbaren Ressourcen finden sich z. B. bei Patel (1). Daher sollen hier lediglich einige grundlegende Aspekte beschrieben werden:

Die Erzeugung der Rohstoffe erfolgt in Pflanzen, also durch Nutzung von Sonnenenergie. Zwar werden für den landwirtschaftlichen Anbau heutzutage

noch in erheblichem Ausmaß fossile Energien eingesetzt, jedoch kann der komplette Energiebedarf zukünftig aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden. Die stoffliche Komponente wird den globalen Zyklen entnommen und zeitnah wieder eingefügt, so dass sich bereits über Zeiträume von wenigen Jahren eine neutrale Bilanz ergibt.

Die Verwertung der Kunststoffe nach Gebrauch ist problemlos im Rahmen biologischer Verfahren möglich, da die Materialien biologisch abbaubar sind. Damit entfällt im Vergleich zu herkömmlichen Kunststoffverpackungen das aufwändige händische oder maschinelle Sortieren und das durch ein ungünstiges Verhältnis von Verschmutzung zu Wertstoff problematische stoffliche Recycling.

Die Zahl und Entfernung von Transporten wird reduziert, da die Produktion auf dem Acker, die Verarbeitung zu Produkten (wie z. B. Verpackungen) und deren Einsatz, sowie die biologische Verwertung und die Verwendung der entstehenden Komposte regional erfolgen kann. Durch den Einsatz von Kompost bei der Düngung der Feldfrüchte kann Kunstdünger eingespart werden, was zu weiteren bilanziellen Gutschriften führt.

3. Verringerung der Abhängigkeit vom Erdöl

Mittel- und langfristig sind erneuerbare Ressourcen nicht nur unter ökologischen Aspekten, sondern insbesondere auch unter (volks-) wirtschaftlichen Gesichtspunkten interessant. Mit der Nutzung erneuerbarer Ressourcen kann die Abhängigkeit von dem für unsere Wirtschaft zentralen, fossilen Rohstoff Erdöl verringert werden. Daraus ergeben sich wichtige Perspektiven:

Die Versorgung der Volkswirtschaft mit Grundstoffen für die industrielle Produktion wird sicherer und besser kalkulierbar. Die Preise von Erdöl werden sich zukünftig zunehmend volatil verhalten und langfristig ansteigen – die Zuverlässigkeit der preislichen Kalkulation und die Preiswürdigkeit von Erdölprodukten werden entsprechend leiden.

Insbesondere durch die politische Destabilisierung des Nahen Ostens schwanken bereits jetzt die Ölpreise stär-

ker. Dies dürfte zunehmen, wenn die Prognosen von Experten eintreffen, nach denen die OPEC-Staaten ihren Marktanteil bei der Ölversorgung der Weltwirtschaft mittelfristig auf mindestens 50% steigern werden. Die Versorgungssicherheit könnte auf Grund einer möglichen Verschärfung der politischen Konflikte in hohem Maße gefährdet sein – die „Öl-krisen“ in den 70er-Jahren des letzten Jahrhunderts sollten ein warnendes Beispiel bleiben. Der Einsatz heimischer, erneuerbarer Ressourcen als Produktionsgrundlage ist mit einer vergleichsweise höheren Sicherheit verbunden. In den USA hat diese Einsicht jüngst zur Wiederbelebung der Diskussion über erneuerbare Ressourcen geführt. Vor dem Hintergrund der Attentate vom 11. September 2001 werden dort bereits mehrere Jahre zuvor erstellte Strategien nun wieder mit höherer politischer Priorität behandelt (2).

Auch die langfristig ansteigenden Ölpreise unterstützen das Konzept der stärkeren Nutzung heimischer, nachwachsender Ressourcen. Die Gewinnung von Erdöl aus konventionellen Quellen – deren Erschließung und Ausbeutung relativ kostengünstig ist – wird ihr Maximum nach verschiedenen Schätzungen innerhalb der nächsten zehn Jahre erreichen (3). Die dann eintretende Situation wird durch nachlassende Förderung aus den bis dato ergiebigsten Quellen und durch die langfristig mit höheren Kosten verbundene Erschließung neuer Quellen wie etwa Ölschiefer oder Ölsande gekennzeichnet sein. Das eigentliche Problem der Versorgung mit Erdöl liegt nicht in der Knappheit des Rohstoffs, sondern in seiner preisgünstigen Verfügbarkeit. Dass bspw. die Kunststoffindustrie nur vergleichsweise marginale Anteile der weltweit geförderten Mengen für ihre Produktion einsetzt, wird ihr in dieser Situation nicht helfen – trotz des erheblichen Engagements bei der Entwicklung erneuerbarer Energien für Verkehr und Heizung wird sich der Verbrauch in diesen Sektoren, der die Mengen der Kunststoffindustrie bei weitem übersteigt und damit den Preis deutlich stärker beeinflusst, nicht so bald erheblich einschränken lassen.

Die Nutzung heimischer Ressourcen sichert und schafft Arbeitsplätze.

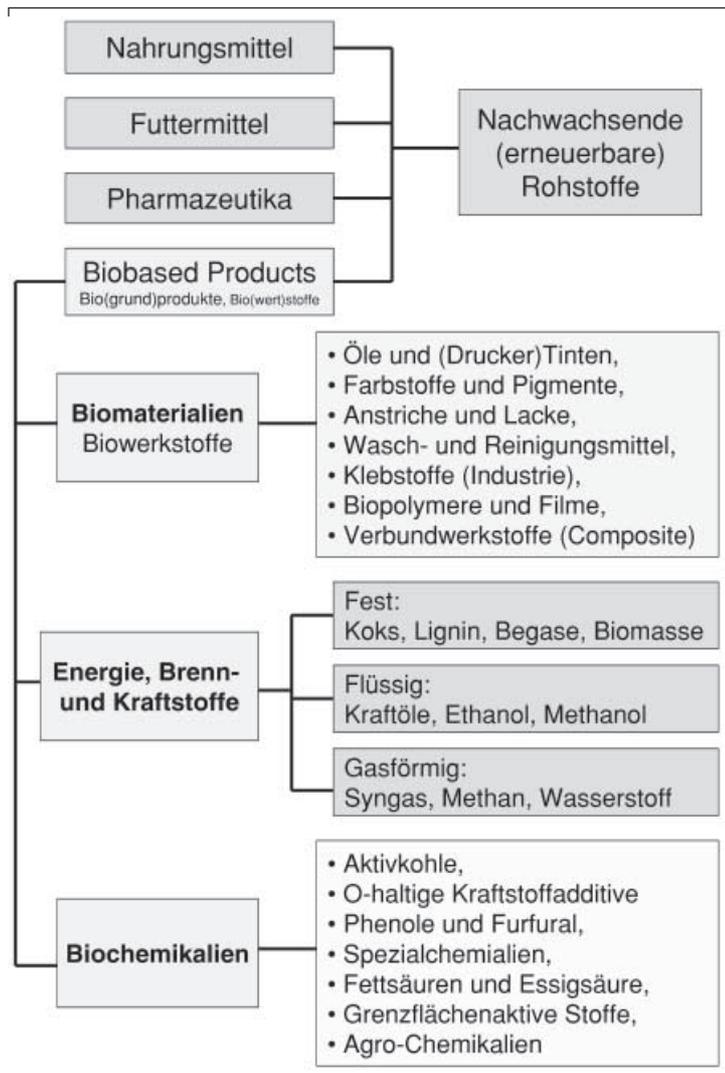
Dies wird besonders deutlich am Beispiel des Bundeslands Brandenburg. Erhebliche Anteile des dort als Getreide vorrangig erzeugten Roggen können für die Produktion des Kunststoffes Polylactid wertschöpfend eingesetzt werden. Damit würde die EU-subventionierte Einlagerung großer Mengen des Getreides ersetzt, die auf Grund der im Jahr 2003 auslaufenden Förderung ohnehin keine Perspektive mehr bietet. Neben Arbeitsplätzen in den Produktionsanlagen sind bei der Nutzung nachwachsender Rohstoffe für Kunststoffprodukte auch spürbare sekundäre Arbeitsplatzeffekte entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu erwarten.

4. Hohe Investitionen und Anlaufverluste in Unternehmen

Die betriebswirtschaftliche Betrachtung aus Sicht der in diesem Bereich engagierten Unternehmen ergibt derzeit in den allermeisten Fällen das typische Bild der Anfangsphase einer Innovation, nämlich einen hohen Investitionsbedarf bei deutlichen Verlusten. Dies dürfte sich jedoch in absehbarer Zeit ändern, da mit schnell steigenden Marktmengen zu rechnen ist: Immer mehr politische Vertreter erkennen das positive Potenzial der Technologie. Auf europäischer wie auf nationaler Ebene wird intensiv an den Rahmenbedingungen für Herstellung, Einsatz und Verwertung der Produkte gearbeitet. Und potenzielle Anwender aus dem Bereich der Markenartikel und des Handels arbeiten mit Hochdruck am Einsatz kompostierbarer Kunststoffe für Verpackungen.

5. Entwicklung der Märkte im europäischen Ausland

In Italien, der Schweiz, Großbritannien und in den Niederlanden entwickelt sich der Markt für kompostierbare Verpackungen rasant, wegen einer nicht gerade förderlichen Rechtslage ist dies in Deutschland wieder einmal etwas komplizierter. Motiviert werden Anwender jedoch durch ein Modellprojekt, in dem mit sehr ermutigenden (Zwischen-) Resultaten in der Stadt Kassel Akzeptanz und Verhalten der Verbraucher bei Einsatz



◀ Abb. 1: Produktklassen und Produkte auf Basis nachwachsender Rohstoffe

tische Nutzung durch das Energie-Einspeise-Gesetz bereits erfolgreich am Markt etabliert sind. Auch in den Gremien der EU findet die stoffliche Nutzung verstärkt Berücksichtigung in Konzepten. So sind kompostierbare Kunststoffe im Rahmen des ECCP (European Climate Change Programme) als konkrete Maßnahme zur Reduktion von CO₂-Emissionen aufgeführt und mit der Entwicklung eines entsprechenden Grün- und Weißbuchs wird die stoffliche Nutzung erneuerbarer Ressourcen schließlich durch Förderprogramme und die entsprechende Gestaltung zukünftiger Richtlinien direkte Marktrelevanz erhalten(6).

6. Das Konzept „Bioraffinerie“

Der Schwerpunkt bei der Produktion erneuerbarer Ressourcen in unseren Breiten liegt derzeit im Anbau entsprechend geeigneter Ackerfrüchte: Kartoffeln, Mais, Weizen und Zuckerrüben sind die für diesen Zweck mengenmäßig bedeutendsten Nutzpflanzen. In der Regel werden Stärke oder Zucker aus ihnen gewonnen und auch in industriellen Prozessen eingesetzt. Der Anteil nachwachsender Rohstoffe in der industriellen Produktion der chemischen Industrie liegt seit einigen Jahren relativ stabil bei ca. 10 %. Abb. 1 enthält einen Überblick über bereits heute auf der Basis erneuerbarer Rohstoffe hergestellte Produkte.

Neben der Erfüllung technischer Erfordernisse durch die Rohstoffe (z. B. durch Stärke in der Papierindustrie) sind nachwachsende Rohstoffe auf Grund der in der EU bestehenden Marktordnungen in einigen Fällen auch preislich attraktive Grundstoffe für die Produktion.

Allerdings werden heutzutage lediglich etwa 5-10 % der weltweit produzierten Biomasse in Produkte umgesetzt, 90-95 % der Biomasse wird ungenutzt bewegt bzw. als „Abfall“ betrachtet (7). Hier besteht ein immenses Rohstoffpotenzial, das zumindest größtenteils in einer „Bioraffinerie“ genutzt werden kann – bspw. zur Produktion von Kunststoffen wie Polylactid (PLA, deutsch: Polymilchsäure) (8).

Im Vergleich zu den klassischen Ansätzen der stofflichen Nutzung nach-

und Entsorgung dieser Verpackungen untersucht werden (4). Abseits aller Diskussionen hat der „gesunde Menschenverstand“ der Verbraucher längst die innovativen Verpackungen akzeptiert. In Umfragen werden mit diesem Thema regelmäßig Bestwerte erzielt, was für den Einzelhandel eine wichtige Motivation ist, diese Produkte trotz noch erheblich höherer Einkaufspreise zunehmend einzusetzen. Mit der Einrichtung eines Entsorgungssystems, das landesweit die kommunale Biotonne nutzt und daher im Vergleich zur Verwertung herkömmlicher Verpackungskunststoffe erhebliche Kostenvorteile ermöglicht, wird der Einsatz von kompostierbaren Verpackungen auch in Deutschland zukünftig weiter stimuliert.

Dazu wird auch beitragen, dass die Entwicklung unabhängig von der jeweiligen politischen Couleur der Verantwortli-

chen vorangetrieben wird, die Geschichte also wahrscheinlich nicht als „Strohfeuer“ enden wird. Neben den bereits seit einigen Jahren aktiven Institutionen zur Förderung nachwachsender Rohstoffe auf Bundesebene (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., FNR) (5), sowie in Bayern (C.A.R.M.E.N. – Centrales Agrar-Rohstoff Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.) und in Nordrhein-Westfalen (Kompetenzzentrum der Landwirtschaftskammer Haus Düsse), befindet sich ein Kompetenzzentrum in Hessen in Gründung. Mehrere der nördlichen Bundesländer arbeiten intensiv an der Umsetzung des Konzepts „Bioraffinerie“, wie es nachfolgend beschrieben wird. BMVEL und FNR beschäftigen sich aktuell vermehrt mit der Förderung der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe – nachdem die Nutzung als Treibstoff und die direkte energie-

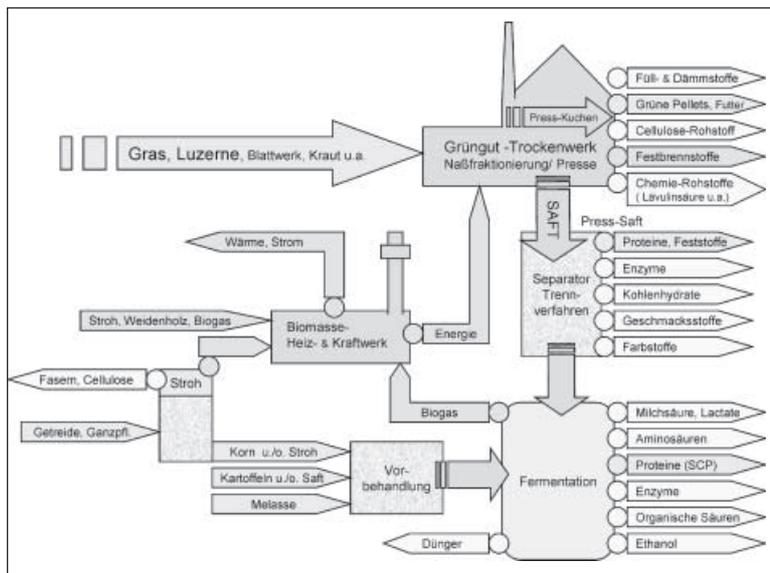


Abb. 2: Schema einer Bio-raffinerie

- Grund- und Feinchemikalien;
- Werkstoffe, z. B. Polymere (Poly-Lactid, Poly-Hydroxybutyrat u. a.);
- Spezialitäten (z. B. Vitamine);
- Kraft- und Brennstoffe.

Die gezielte Produktionssteuerung wird vor allem dadurch ermöglicht, dass nach einer Aufbereitung der eingesetzten Rohmaterialien zunächst sogenannte „Präkursoren“ entstehen – die mittels verschiedener, in der Regel biotechnologischer, Verfahren zu einem weiten Spektrum von Zwischen- und Endprodukten umgesetzt werden. Abb. 3 verdeutlicht dieses Prinzip.

So kann mittels geeigneter Kombination verschiedener Verfahren und unter Einsatz von erneuerbaren Rohstoffen eine völlig neue Produktionsweise etabliert werden. Kennzeichnend für Bioraffinerien ist auch, dass hier Stoffe produziert werden können, die sich aus Erdöl nicht herstellen lassen.

Derzeit befinden sich erste Pilotanlagen im Aufbau. Ein Auszug aus der Planung einer Versuchsanlage ist in Abb. 4 wiedergegeben. Die Kalkulationen beschreiben eine erste Pilotanlage, die vom Forschungs- und Entwicklungsverbund „Grüne BioRaffinerie Brandenburg“ konzipiert wurde (9).

Erste Ansätze zur Nutzung von Reststoffen bzw. zur wertschöpfenden Verarbeitung vermeintlicher (organischer) Abfälle sind bereits vor Jahren erarbeitet worden. So entwickelte das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und

wachsender Rohstoffe liegt die Besonderheit dieses Konzepts im integrierenden Ansatz. Prinzipiell werden alle Bestandteile der eingesetzten Rohmaterialien genutzt. „Abfälle“ gibt es nicht, es handelt sich hier also um eine „Zero Waste“-Technologie. Die Inputmaterialien werden in erster Linie stofflich genutzt. Ergänzend werden stofflich nicht (mehr) nutzbare Anteile energetisch genutzt und treiben damit die Produktionsprozesse an. Als Rohstoffe können bspw. eingesetzt werden:

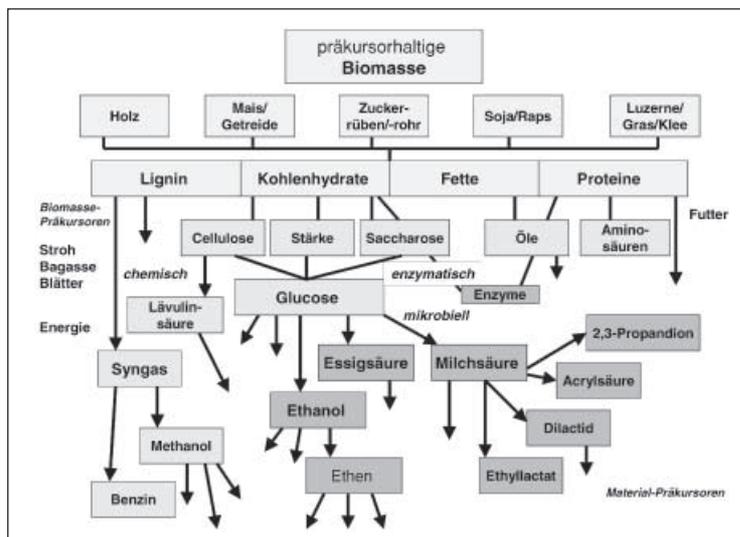
- Ackerfrüchte wie Kartoffeln, Raps, Klee, Mais, Getreide, Hanf oder Flachs, diverse Erntereste;
- Verschiedene Gräser, Schilf;
- Holzhaltige Biomasse: Sträucher, Unterholz, Abfälle aus der Holzverarbeitung, Altholz;
- Abfälle aus der Lebensmittelindustrie (z. B. aus der Kartoffel-, Gemüse- oder Milchverarbeitung)
- Kommunale (cellulosehaltige) organische Abfälle wie Papier / Pappen, getrennt gesammelte Bioabfälle etc.

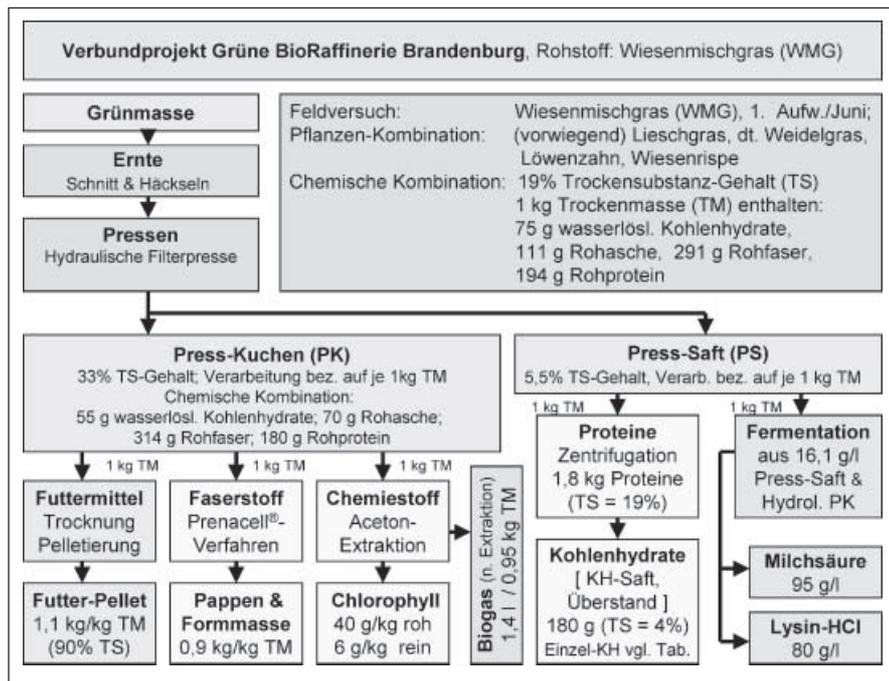
In Abb. 2 ist eine Übersicht einer Bioraffinerie dargestellt. Aus den Inputmaterialien Gras / Luzerne, Stroh / Weidenholz und Getreide (Ganzpflanzen) kann in einer nach diesem Schema aufgebauten Bioraffinerie eine Vielzahl von Produkten hergestellt werden.

Die komplette Nutzung der eingesetzten Biomasse wird durch Kombination

von biotechnologischen, chemischen und physikalischen Trenn-, Aufbereitungs- und Produktionsverfahren ermöglicht – im Konzept „Bioraffinerie“ wird so das natürliche Vorbild des stetigen Auf-, Um- und Abbaus von Molekülen in miteinander vernetzten Stoffkreisläufen umgesetzt. In gewissem Rahmen kann auch das Vorbild der gegenseitigen Regulation der Prozesse kopiert werden, in dem bestimmte Produkte (z. B. auf Grund der vergleichsweise höheren Wertschöpfung) schwerpunktmäßig produziert werden, was dann an anderer Stelle zu kompensieren ist. In der Regel entstehen analog zur Kuppelproduktion einer Erdölraffinerie aus einem gegebenen Inputmaterial mehrere verschiedene Produkte, die den folgenden Gruppen zugeordnet werden können:

Abb. 3: Grob-schema einer Bioraffinerie für präkursorhaltige Biomasse





◀ Abb. 4: Evaluierung einiger Produktlinien einer BioRaffinerie

Kromus, S./Filler, G./Kuhnt, M./Lange, B./Lubahn, U./Segert, A./Zierke, S.: Grüne BioRaffinerie Brandenburg – Beiträge zur Produkt- und Technologieentwicklung sowie Bewertung. Brandenburgische Umwelt Berichte, BUB 8, 260-69, 2000.

Kamm, B./Kamm, M./Soyez, K. (eds.): Die Grüne BioRaffinerie / The Green Biorefinery. Technologiekonzept. 1st International Symposium Green Biorefinery / Grüne BioRaffinerie, Oct. 1997, Neuruppin, Germany. Proceedings, Berlin, 1998.

Krischke, W./Trösch, W./Brunner, H.: Stoffliche Verwertung von Lebensmittelabfällen – Milchsäure aus Molkepermeat. 2. Internationales Symposium Produzieren in der Kreislaufwirtschaft, ECOFACT Düsseldorf 1997.

Narodoslawsky, M. (ed.): Green Biorefinery. 2nd International Symposium Green Biorefinery, October 13-14, 1999, Feldbach, Austria. Proceedings (SUSTAIN, Verein zur Koordination von Forschung über Nachhaltigkeit, TU Graz, Austria, 1999).

Patel, M.: The contribution of biomaterials to the reduction of environmental impacts in the medium term, BIOREFINICA 2001, Brandenburgische Umweltberichte, Zentrum für Umweltwissenschaften der Universität Potsdam, BUB 12, 2002 (im Druck).

Patel, M./Bastioli, C./Doutlik, K./Ehrenberg, J./Johansson, D./Käb, H./Klumpers, J.: Renewables as Chemical Feedstocks: An Assessment Prepared under the European Climate Change Programme. International Society for Industrial Ecology (IS4IE). The Science and Culture of Industrial Ecology. Noordwijk, Netherlands, 13. Nov. 2001, p. 44.

Patel, M.; Bastioli, C.; Marini, L.; Würdinger, E.: Environmental assessment of bio-based polymers and natural fibres 2002.

Plant/Crop-based Renewable Resources 2020: A Vision to Enhance U.S. Economic Security through Plant/Crop-based Resources Use. National Corns Growers Association, NCGA-paper DOE/GO-10097-385, 1998.

Ringpfeil, M.: Biobased Industrial Products and Biorefinery Systems – Industrial Future of the 21st Century, Brandenburgische Umweltberichte, BUB 12, 2002 (im Druck).

Bioverfahrenstechnik (IGB) eine Methode zur Gewinnung von Milchsäure aus Molkeabwässern – eine dreifach erfolgversprechende Maßnahme (10):

- Die Kosten für die Klärung der Abwässer von der organischen Belastung (BSB₅) werden eingespart.
- Es wird im Gegenteil Wertschöpfung erzielt durch Absatz des Produkts Milchsäure im Lebensmittel- oder Pharmabereich, zukünftig auch als Grundstoff in der Kunststoffindustrie (Polymerisierung zu Polylactid).
- Dadurch werden auch indirekt Umweltbelastungen reduziert z. B. durch Produktion/Einsatz von Polylactid als Ersatz für herkömmliche Kunststoffe.

Analog kann z. B. auch die Klärung von Abwässern aus der Stärkeproduktion mit der Nutzung der gewonnenen Substrate in fermentativen Verfahren zur Produktion niedermolekularer organischer Intermediate verbunden werden.

Das Konzept der „BioRaffinerie“ geht über diese Ansätze hinaus und integriert eine Bandbreite verschiedener Verfahren von der Produktion bis zur Verwertung incl. der Energieversorgung im Sinne eines „Von der Wiege bis zur Wiege“ – Prinzips (cradle to cradle). Von einer linearen Sichtweise entwickelt sich das Konzept

damit hin zu einer Vernetzung mehrerer Stoff- und Energiekreisläufe. Die Nutzung verschiedener Rohstoffe und die Integration unterschiedlicher Verarbeitungsverfahren und -stufen schafft dabei Synergiepotenziale. Mittel- und langfristig dürften sich nach diesem Prinzip unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten gewinnträchtige Betriebe etablieren.

Anmerkungen

- (1) Vgl. Patel u. a. (2002) und Patel (2002).
- (2) Vgl. Plant (1998).
- (3) Vgl. Campbell u. a. 2001 und fossile Energiereserven und mögliche Versorgungsgänge aus europäischer Perspektive. L-B-Systemtechnik GmbH, 85521 Ottobrunn.
- (4) www.modellprojekt-kassel.de.
- (5) www.nachwachsende-rohstoffe.de.
- (6) Vgl. Patel u. a. 2001.
- (7) Pers. Mitteilung Prof. Dr. F. Schmidt-Bleek, Faktor 10 Institut.
- (8) Vgl. Kamm u. a. (1998); Narodoslawsky (1999); Ringpfeil (2001).
- (9) Vgl. Kamm u. a. (2000).
- (10) Vgl. Krischke u. a. (1997)

Literatur

- Campbell, C. J.: Peak Oil: A Turning for Mankind. Hubbert Center Newsletter 2001/2-1. M. King Hubbert Center, Colorado School of Mines 2001. www.oilcrisis.com.
- Kamm, B./Kamm, M./Richter, K./Linke, B./Starke, I./Narodoslawsky, M./Schwenke, K.-D./

Kontaktadresse:

Jöran Reske

ISD INTERSEROH

Entsorgungsdienstleistungs GmbH

Stollwerckstraße 9 A, 51149 Köln

j.reske@interseroh.de

www.interseroh.de; www.ibaw.org

www.bioraffinerie.de