

ROHSTOFFE DER ZUKUNFT – IMMER ÖFTER VOM ACKER

Die Einsatzmöglichkeiten von nachwachsenden Rohstoffen sind weit gefächert. Sie reichen von etablierten Verfahren wie der Papierherstellung aus Zellstoff über Nischenanwendungen wie kompostierbare Biokunststoffe bis hin zu neuen Verbundwerkstoffen aus herkömmlichen thermoplastischen Kunststoffen und Holzfasern. Zukünftig sollen pflanzliche Inhaltsstoffe wie Stärke oder Zucker in sog. Bioraffinerien zu einer Vielzahl von Chemikalien verarbeitet werden und damit deren bisherige Erdölbasis ersetzen. Daneben spielt die weiterhin zunehmende bioenergetische Nutzung der verfügbaren Biomasse eine wichtige Rolle. Durch eine Verbreiterung der Einsatzmöglichkeiten nimmt der zukünftige Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen insgesamt wohl deutlich zu. Da Anbauflächen in Deutschland begrenzt sind, werden Fragen nach Flächen- und Nutzungskonkurrenzen eine größere Rolle spielen als heute. Der jüngst fertiggestellte TAB-Bericht behandelt primär die Möglichkeiten der stofflichen Nutzung von Biomasse.

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe erfolgte 2005 auf einer Fläche von etwa 1,4 Mio. ha, der Anteil für die stoffliche Nutzung lag bei 0,28 Mio. ha. Darunter machte Stärke den größten Anteil aus (0,13 Mio. ha), gefolgt von Rapsöl (0,1 Mio. ha). Zum Vergleich: Als landwirtschaftlich genutzte Fläche stehen in Deutschland ca. 17 Mio. ha zur Verfügung.

Der folgende Beitrag behandelt zwei zentrale Fragestellungen des TAB-Berichts: Wie ist der Entwicklungsstand von Bioraffinerien und welche möglichen Flächenkonkurrenzen könnten sich zukünftig ergeben?

BIORAFFINERIEN – KONZEPTE UND ENTWICKLUNGEN

Die Bezeichnung »Bioraffinerien« hat sich etabliert als Sammelbegriff für die Umwandlung von Biomasse in verschiedenste Produktlinien – ähnlich dem komplexen Verarbeitungssystem von Erdöl in heutigen Raffinerien. Heute anvisierte Konzepte der Bioraffinerien beziehen das gesamte Tech-

nologiespektrum – von der Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe bis hin zu industriellen Zwischen- und Endprodukten – mit ein. Biomasse soll damit zu einer umfangreichen Produktpalette, wie Futtermittel, Werkstoffe, Kraftstoffe und Chemikalien, umgewandelt werden. Der visionäre Gedanke besteht darin, die heute genutzten, komplex vernetzten und historisch gewachsenen Strukturen der Kohle- und Erdölchemie durch eine nachwachsende Rohstoffbasis zu ersetzen.

Im Unterschied zum Erdöl, welches in der Qualität verwendet wird, wie es extraktiv aus der Natur gewonnen wird, integrieren nachwachsende Rohstoffe als Produkte eines landwirtschaftlichen Stoffwandlungsprozesses die »Synthese(vor)leistung der Natur«. Biomasse kann – bzw. soll – bereits vorab, dem Zweck der nachfolgenden Verarbeitung entsprechend, so modifiziert werden (z.B. durch Pflanzenauswahl, Züchtung, Gentechnik, Anbauverfahren), dass sie spezifische Hauptaussgangprodukte beinhaltet (sog. Präkursoren).

In einer Bioraffinerie wird die präkursorhaltige Biomasse zunächst einer physikalischen Stofftrennung unterworfen. Die resultierenden Haupt- und Nebenprodukte werden mikrobiologischen und/oder chemischen Stoffumwandlungen unterworfen. Die Folgeprodukte können dann weiterkonvertiert oder in einer konventionellen Raffinerie verarbeitet werden. Drei wichtige Ansätze, die grüne Bioraffinerie, die Lignocellulose-Feedstock-Bioraffinerie sowie das Zwei-Plattformen-Konzept, werden im Folgenden beispielhaft vorgestellt. Im TAB-Bericht erfolgt hierzu auch eine vergleichende ökologische Bewertung.

DIE GRÜNE BIORAFFINERIE

Diese Bezeichnung bezieht sich auf die eingesetzten Ausgangsstoffe: In der grünen Bioraffinerie soll aus grünen, »naturfeuchten« Rohstoffen, wie Gras, Luzerne, Klee und unreifes Getreide, zum Teil durch mikrobiologische Fermentation, eine Vielzahl von Produkten wie Futtermittel, Proteine, Brennstoffe und Chemikalien erzeugt werden. Dazu wird die Biomasse in Presskuchen, der u.a. Cellulose, Stärke sowie weitere organische Substanzen enthält, und in Presssaft (darin u.a. Kohlenhydrate, Proteine sowie organische Säuren) getrennt. Der Presssaft dient zur Produktion z.B. von Milchsäure und deren Derivaten (Abkömmlinge mit ähnlicher chemischer Struktur), Aminosäuren und Ethanol. Der Presskuchen kann zu Futterpellets verarbeitet werden, oder er kann als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Chemikalien wie Lävulinsäure oder zur Konversion in Synthesegas und Kohlenwasserstoffe

(synthetische Kraftstoffe) dienen. Ein Schwachpunkt des Konzepts der grünen Bioraffinerie liegt darin, dass eine schnelle Primärverarbeitung des Grüngutes oder aber eine zu kontrollierende (da rohstoffverändernde) Silage notwendig ist. Pilotanlagen zu grünen Bioraffinerien existieren derzeit noch nicht.

DIE LIGNOCELLULOSE (LCF-) BIORAFFINERIE

In einer LCF-Bioraffinerie werden aus Stroh, Gräsern, Waldrestholz und cellulosehaltigen Abfällen (z.B. Papier) Produkte in drei verschiedenen Linien erzeugt:

- > in der Ligninlinie Klebstoffe, Bindemittel, Brennstoffe oder Chemieprodukte;
- > in der Hemicelluloselinie Verdickungsmittel und Folgeprodukte der Xylose (z.B. Furfural und Nylon);

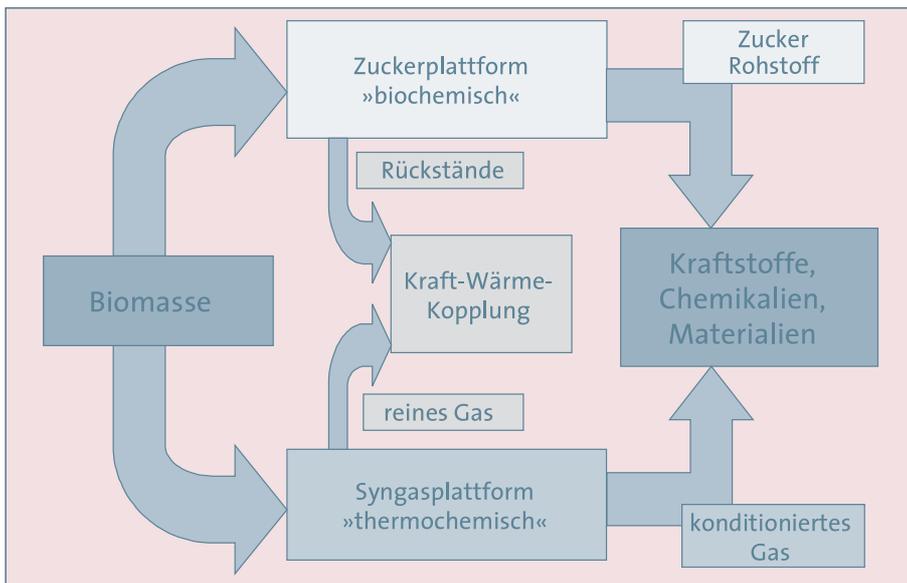
- > in der Celluloselinie Fermentationsprodukte wie Ethanol, Milch- oder Lävulinsäure.

Unter den Bioraffineriekonzepten wird sich die LCF-Bioraffinerie möglicherweise am ehesten durchsetzen, v.a. aufgrund der verfügbaren Rohstoffbasis sowie einer guten Marktperspektive potenzieller Konversionsprodukte. Auch hier gibt es noch keine Pilotanlage. Ein Schwachpunkt im LCF-Konzept bleibt momentan noch die Verwertung eines wesentlichen Holzbestandteils – des Lignins –, das derzeit lediglich als Brenn-, Kleb- oder Füllstoff verwendet werden kann. Das Lignin Grundgerüst enthält jedoch erhebliche Mengen an Monoaromaten, die theoretisch zusätzlich als Ausgangsstoffe genutzt werden könnten. An der praktischen Umsetzung – einer chemisch-enzymatischen Aufspaltung des Lignins – wird derzeit intensiv geforscht.

DAS ZWEI-PLATTFORMEN-KONZEPT

Ein weiterer Ansatz besteht in der Kombination zweier Konzepte – der Erzeugung und Verarbeitung von Zucker einerseits und der von Synthesegas (Syngas) andererseits (Abb.). Die nachwachsenden Rohstoffe werden auf zwei technische Stränge (sog. Plattformen) aufgeteilt. Die »Zuckerplattform« basiert wesentlich auf biochemischen Konversionen. Die »Syngasplattform« besteht aus thermochemischen Konversionen, deren Nutzung vom Wassergehalt der Biomasse abhängig ist (u.a. dem sog. Fischer-Tropsch-Verfahren) und fokussiert auf eine Vergasung von Biomasse und deren Nebenprodukten. Dabei entstehen neben niedermolekularen Kohlenwasserstoffen (z.B. Methan) auch Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Die Synthesegasmische können auf »klassischem Wege« zu höhermolekularen Kohlenwasserstoffen (Grundchemikalien, Kraftstoffen) aufgebaut werden. Nachteilig bei der Synthesegasherstellung sind die Notwendigkeit der Entfernung großer Stoffanteile (Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel) und störende Mineralien aus den nachwachsenden Rohstoffen sowie der hohe Energiebedarf der Prozesse.

DAS ZWEI-PLATTFORMEN-KONZEPT – ZUCKER- UND SYNTHESGASPLATTFORM



Quelle: Kamm, B., Kamm, M. (2005): Bioraffinerien – USA und Europa gehen gemeinsame Wege. In: Nachrichten aus der Chemie 53(10), S. 1019

REICHT DIE VERFÜGBARE BIOMASSE?

Eine Antwort auf diese Frage muss alle Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse miteinbeziehen. Gerade für die Bereitstellung von Bioenergie werden die Ziele in Deutschland und Europa immer ehrgeiziger gesteckt. Geht man davon aus, dass mittelfristig auch die Bereitstellung von nachwachsenden

Rohstoffen für die stoffliche Nutzung größere Bedeutung erlangen soll als bisher, wird der absolute Flächenbedarf steigen, wenn die Biomasseproduktion nicht in direkte Konkurrenz zur Nahrungs- oder Futtermittelproduktion treten soll.

Für die energetische Nutzung von Biomasse liegt eine Reihe von Potenzialabschätzungen vor. Die stoffliche Nutzung fiel dabei bislang nur wenig ins Gewicht. Im Vergleich zur Energieproduktion dürfte diese sich – bei heutigen Rahmenbedingungen – auch in näherer Zukunft verhaltener und vorrangig in Nischenbereichen entwickeln. Erst eine signifikante Nutzung von Biomasse – z.B. in Bioraffinerien, die vermutlich nicht vor 2030 zu erwarten ist – könnte der stofflichen Nutzung einen echten Schub verleihen.

Einen wesentlichen Einfluss auf die Landnutzung haben agrar- und umweltpolitische Rahmenbedingungen. Die im TAB-Bericht ausgewerteten Potenzialabschätzungen zum zukünftigen Biomasseangebot gehen bei einer Fortschreibung der gegenwärtigen politischen Rahmenbedingungen von einem ausreichenden Biomasseangebot sowohl für 2015 als auch für 2030 aus. Allerdings sind verstärkte Konkurrenzen um die (kostengünstigeren) Lignocellulose-Reststoffe von holzhaltigen Pflanzen zu erwarten, da bis 2030 eine Vielzahl neuer Technologien etabliert sein dürfte, sowohl zur Umwandlung in Strom, Wärme und Kraftstoffe als auch in Chemikalien. Da die Nachfrage allein mit Reststoffen voraussichtlich nicht gedeckt werden kann, ist ein zunehmender Anbau von

Lignocellulosepflanzen (z.B. Pappeln, Weiden, Miscanthus, Gräser) zu erwarten.

Bei einer Etablierung weiter gehender politischer Rahmenbedingungen entsprechend den bereits eingeschlagenen Richtungen sowohl in der Energiewirtschaft als auch in der Landwirtschaft dürfte jedoch bereits im Jahr 2015 die Nachfrage das Angebot an nachwachsenden Rohstoffen deutlich überschreiten. Dabei hängt das Ausmaß des Nachfrageüberhangs ganz entscheidend von den politischen Rahmenbedingungen (z.B. EU-Kraftstoffdirektive) ab. Bei weiter intensiver Förderung müsste eine zusätzliche Nachfrage an nachwachsenden Rohstoffen durch Importe gedeckt werden. Auch in diesem Szenario werden Reststoffe wie auch Energiepflanzen aus Lignocellulose voraussichtlich einen höheren Stellenwert einnehmen als heute. Für 2030 wird daher gegenüber dem Szenario einer Fortschreibung der gegenwärtigen politischen Rahmenbedingungen ein deutlich größerer Nachfrageüberhang angenommen.

AUSBLICK

Die technischen Möglichkeiten, nachwachsende Rohstoffe stofflich zu nutzen, sind bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. Gleichzeitig ist absehbar, dass es bei einer umfassenderen stofflichen Nutzung von Biomasse zu Engpässen beim Angebot kommen wird. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, ist es nötig, eine umfassende Strategie zu entwickeln und zu verfolgen. Mögliche Elemente einer solchen Strategie sind u.a.

- › die Festlegung konkreter Zielsetzungen für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe z.B. in Form einer »roadmap«, um Schwerpunkte klarer zu definieren und entsprechend in Forschungs- und Förderstrategien umzusetzen;
- › eine Weiterentwicklung und gezielte Förderung der Bioraffineriekonzepte als zukünftiger Schlüsselbaustein der industriellen stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe;
- › eine systematische Evaluierung und ggf. züchterische Bearbeitung von Pflanzenarten und -sorten für die stoffliche und energetische Nutzung.

Einige dieser Aspekte werden im derzeit laufenden TAB-Projekt zu »Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen« intensiv untersucht.

KONTAKT

Dr. Dagmar Oertel
030/28 491-106
oertel@tab.fzk.de

HINWEIS ZUR VERÖFFENTLICHUNG

Der Bericht wird in Kürze als TAB-Arbeitsbericht Nr. 114 publiziert.