

22. HÜLSENBERGER GESPRÄCHE 2008

Perspektiven der landwirtschaftlichen Energieerzeugung

22. Hülsenberger Gespräche 2008
der H. Wilhelm Schaumann Stiftung

**Hülsenberger
Gespräche
2008**

»PERSPEKTIVEN DER LANWIRTSCHAFTLICHEN ENERGIEERZEUGUNG«

Inhaltsverzeichnis

Begrüßung	W. WEISTHOFF	7
1. Bedeutung der landwirtschaftlichen Energieerzeugung		
Nahrungsmittel –Nachwachsende Rohstoffe – Naturschutz –		
Wie nutzen wir die Flächen der Welt in nachhaltiger Weise?	W. WAHMHOFF	10
Diskussion	M. SCHWERIN	14
Potenziale einer energetischen Nutzung von Biomasse in Deutschland	M. KALTSCHMITT	19
Diskussion	M. SCHWERIN	25
Ökobilanzen von Biogas und anderen Bioenergien	G. REINHARDT	31
Diskussion	M. SCHWERIN	37
2. Entwicklungen und Ressourcen		
Anlagentechnik und Betriebsweise –Stand und Perspektiven	P. WEILAND	43
Diskussion	M. SCHWERIN	52
Fallbeispiel aus der Praxis – Biogasanlage Wolfring	C. ZU ELTZ	57
Diskussion	M. SCHWERIN	59
Entwicklungen und Zukunftschancen biogener Kraftstoffe	N. SCHMITZ	63
Diskussion	M. SCHWERIN	69
Einsatz von extremophilen Mikroorganismen in biobasierten Technologien	G. ANTRANIKIAN	74
Diskussion	M. SCHWERIN	84

3. Optimierungsansätze		
Erfahrungen und Optimierungspotenziale der Energiepflanzen-Vergärung	R. BRAUN	88
Diskussion	E. KALM	97
Nachhaltigkeitsaspekte bei der Produktion nachwachsender		
Rohstoffe für die energetische Nutzung	O. CHRISTEN	101
Diskussion	E. KALM	104
Optimierung des Anbaus und der Bereitstellung von Substraten		
für die Biogasproduktion	A. VETTER	111
Diskussion	E. KALM	118
Nebenprodukte aus der Bioenergiegewinnung:		
Perspektiven für die Tierfütterung	M. RODEHUTSCORD	122
Diskussion	E. KALM	128
4. Ökonomische Betrachtungen und Empfehlungen		
Standortvorzüglichkeiten der Biogasproduktion	E. BAHR	133
Diskussion	F. J. SCHWARZ	142
Bioenergieerzeugung und Ernährungssicherung	H. W. WINDHORST	150
Wie sollte die Politik zur Förderung der Bioenergie in Deutschland		
weiterentwickelt werden?	F. ISERMEYER	162
Diskussion	F. J. SCHWARZ	167
Zusammenfassung	G. BREVES	173
Schlusswort	E. KALM	178
Teilnehmer der HÜLSENBERGER GESPRÄCHE 2008		179

Begrüßung zu den »22. Hülsenberger Gesprächen 2008«



Sehr geehrte Herren Seiller, sehr geehrte Damen und Herren,

im Namen des Kuratoriums und des Vorstandes der H. Wilhelm Schaumann Stiftung begrüße ich Sie recht herzlich zu den 22. Hülsenberger Gesprächen in Lübeck. Ich freue mich, dass Sie so zahlreich unserer Einladung gefolgt sind. Bei der Anfahrt nach Lübeck konnten Sie sich sicher an den herrlichen Agrarlandschaften Schleswig-Holsteins erfreuen.

Die H. Wilhelm Schaumann Stiftung konnte im vergangenen Jahr ihr 40-jähriges Bestehen feiern. Mit einem Rückblick auf mehr als 40 Jahre H. Wilhelm Schaumann Stiftung muss zwangsläufig auch eine Rückschau auf die Entwicklung der bundesdeutschen Landwirtschaft verbunden sein.

Steigerungen der tierischen Leistungen, wie z. B. der durchschnittlichen Milchleistung je Kuh und Jahr von durchschnittlich 3500 kg im Jahr 1967 auf mehr als 7000 kg im Jahr 2007 oder auch Veränderungen der Produktivität im Pflanzenbau, wo beispielsweise der Winterweizenertrag von 37 dt auf mehr als 70 dt je ha gesteigert wurde, konnten nur durch die stetige Verbesserung der Landwirtschaftlichen Produktionstechnik mit Hilfe der agrarwissenschaftlichen Forschung erreicht werden. Die verbesserte Leistungsfähigkeit der deutschen Landwirtschaft war gleichzeitig allerdings auch mit einer strukturellen Veränderung verbunden, die unter anderem durch die deutsche Wiedervereinigung und veränderte agrarpolitische Rahmenbedingungen erklärt werden

können. Außer einer Intensivierung hat gleichzeitig eine Spezialisierung in den landwirtschaftlichen Betrieben stattgefunden. Neben der Verpflichtung, die ausreichende Versorgung der Bevölkerung mit hochwertigen Nahrungsmitteln sicherzustellen, sollte die Intensivierung der deutschen Landwirtschaft aber auch im Einklang mit der Natur und den vorhandenen Ressourcen erfolgen.

Auch wenn sich das landwirtschaftliche Umfeld in den vergangenen Jahrzehnten verändert hat und sich aufgrund des notwendigen Strukturwandels weiter verändern wird, ist die H. Wilhelm Schaumann Stiftung ihren Prinzipien in vier Jahrzehnten immer treu geblieben. Mit dem Ziel der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses in der Tier- und Agrarwissenschaft hat die H. Wilhelm Schaumann Stiftung einen herausragenden und nachhaltigen Beitrag zur Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses geleistet. Aber auch mit der Ausrichtung von agrarwissenschaftlichen Fachtagungen, wie den Hülsenberger Gesprächen, steht ein interdisziplinäres Diskussionsforum zur Verfügung, welches Ihnen, sehr geehrte Gäste, die Möglichkeit eröffnet, aktuelle Themen gemeinsam mit Ihren Kolleginnen und Kollegen zu diskutieren.

Gerade in einer zersplitterten, agrarwissenschaftlichen Bildungslandschaft, die mit einer Rotstiftpolitik und nicht besetzten Lehrstühlen ihr Heil in der „Exzellenzforschung“ sucht und der Praxis davonläuft, ist es lebensnotwendig, daß am Agrarstandort Deutschland mit privater Initiative die Förderung

der Tier- und Agrarwissenschaften über Jahrzehnte fortgesetzt wurde und wird. Wir können Ihnen daher von dieser Stelle nur das Angebot unterbreiten ihre Zusammenarbeit mit unserem wissenschaftlichen Nachwuchs durch die H. Wilhelm Schaumann Stiftung zu fördern.

Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle den Herren Charles Antoine und Olivier Seiller, die es mit viel persönlichem und finanziellem Engagement ermöglichen, daß die vom Stiftungsgründer Herrn H. Wilhelm Schaumann ins Leben gerufene Stiftung ihre, in der Satzung festgelegten Ziele, weiterführen kann.

Herr Prof. Dr. Dr. Diedrich Smidt wird morgen Abend einen Rückblick auf 40 Jahre Schaumann Stiftung geben. Herr Prof. Smidt war mehrere Jahre als Kuratoriumsmitglied und in den Jahren 1997 bis 2006 im Vorstand der H. Wilhelm Schaumann Stiftung tätig. Wir alle erinnern uns gerne an seine brillanten Zusammenfassungen der Hülsenberger Gespräche vergangener Jahre, die immer ein abschließendes Highlight der jeweiligen Tagung waren. Sehr geehrter Herr Prof. Smidt, ich erlaube mir, Ihnen bereits jetzt meine Vorfriede auf Ihren morgigen Vortrag zum Ausdruck zu bringen.

Sehr geehrte Damen und Herren, sicherlich waren einige von Ihnen über die Thematik überrascht, als Ihnen die Einladung zu den diesjährigen Hülsenberger Gesprächen zugeschickt wurde.

Mit den von mir oben skizzierten Veränderungen in der Landwirtschaft hat auch eine Erweiterung in der Thematik der diesjährigen Hülsenberger Gespräche stattgefunden. Wir wollen anlässlich der 22. Hülsenberger Gespräche in diesem Jahr einen neuen Bereich innerhalb der Landwirtschaft hinterfragen.

Wir lesen immer wieder in der landwirtschaftlichen Fachpresse den Slogan „Der Landwirt als Energiewirt“. Diese neue Aufgabenstellung innerhalb der Landwirtschaft wurde durch das Inkrafttreten des Erneuerbare Energien Gesetzes, kurz EEG, kreiert und hat zu einschneidenden Veränderungen in der Landwirtschaft geführt.

Mit der Verabschiedung dieses Gesetzes hat sich die Bundesregierung im Jahr 2000 das Ziel gesetzt, den Anteil der erneuerbaren Energie an der Stromversorgung bis zum Jahr 2010 auf mindestens 12,5 % und bis zum Jahr 2020 auf 20 % zu steigern. Nach vorliegender Statistik der Arbeitsgruppe „Erneuerbare Energien Statistik“ wurden im Jahr 2007 14,2 % erreicht. Somit wäre das vorgegebene Ausbaziel des Jahres 2010 bereits jetzt umgesetzt. Nach vorliegendem Erfahrungsbericht 2007 soll der Anteil der erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020 auf 25 – 30 % steigen und in den Folgejahren nach und nach ausgebaut werden.

In der Bundesrepublik Deutschland leistet die Landwirtschaft ihren Beitrag zur Produktion von Biodiesel und Bioäthanol wie auch zur Stromgewinnung aus Biomasse. Dabei wurden im Jahr 2006 nach dem vorliegenden Erfahrungsbericht mehr als 15,6 Mrd. KWH und damit fast 23 % der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien aus Biomasse produziert. Diese Energiemenge wird heute mit mehr als 3700 Biogasanlagen auf ca. 7 % der bundesdeutschen landwirtschaftlichen Nutzfläche produziert. Außerdem sei auf die Rolle der deutschen Biogastechnologie als Weltmarktführer hingewiesen.

Diese Tatsache hat aber nicht nur in der bundesdeutschen Landwirtschaft zu Veränderungen geführt. Auch in anderen Staaten, nennen wir an dieser Stelle die Bioäthanolproduktion in den Vereinigten Staaten, finden gravierende oder sogar erschreckende Veränderungen statt. Mit einer angestiegenen, weltweiten Nachfrage nach Getreide und Biomasse und den damit verbundenen Preissteigerungen hat der Ruf nach weiterer staatlicher Unterstützung zugenommen und wird in der zu erwarteten EEG Novellierung sicher erfolgen.

An dieser Stelle soll ein Zitat von Frau Neelie Kroes, der derzeitigen EU Wettbewerbskommissarin, wiedergegeben werden:

„Staatliche Hilfe ist für ein Unternehmen wie eine Droge.“ In dieser Aussage können auch Parallelen zur Entwicklung der Erneuerbaren Energie, insbesondere der Biogasproduktion gesehen werden. Eine

Diskussion einer derartigen Entwicklung ist daher unabdingbar. Eine Besonderheit vergangener Hülßenberger Gespräche, nämlich die interdisziplinäre Diskussion, soll auch im Rahmen der diesjährigen Veranstaltung nicht vernachlässigt werden. Wie Sie dem vorliegenden Programm entnehmen können, wird das Thema unserer Tagung aus unterschiedlichen Sichtweisen betrachtet. Dabei sollen sowohl praktisch orientierte als auch theoretisch, wissenschaftliche Gedankenansätze zu diesem Generalthema diskutiert werden.

Im ersten Themenblock wird die Bedeutung der landwirtschaftlichen Energieerzeugung dargestellt. Nicht nur das Ausmaß, sondern auch die Potentiale der Bioenergieproduktion, und vor allen Dingen auch ökologisch orientierte Betrachtungsweisen sind aufgrund aktueller Entwicklungen, wie z. B. beim Anbau verschiedenster Substrate in Monokulturen oder Fruchtfolgen, zu hinterfragen.

In einem zweiten Themenblock möchten wir die Bioenergieproduktion sowohl aus theoretischer wie auch aus praktischer Sicht betrachten. Dabei sollen aktuelle wie auch zukünftige Entwicklungen in Technik und Pflanzenproduktion beschrieben werden. Gleichzeitig leiten wir mit den von uns diskutierten Themen aber auch zu Optimierungsansätzen und Optimierungspotentialen in den einzelnen Bereichen der landwirtschaftlichen Energieproduktion über. Diese werden im dritten Themenblock behandelt. Darüber hinaus werden wir uns der Frage einer optimalen Verwertung von Nebenprodukten aus der Bioenergieproduktion widmen.

Im abschließenden vierten Tagungsblock soll dieses brisante Thema aus ökonomischer Sicht diskutiert werden. Dabei stehen die Sicherstellung der Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln wie auch Empfehlungen an die Politik zur zukünftigen Entwicklung der Bioenergieproduktion im Vordergrund der einzelnen Vorträge.

Sehr geehrte Damen und Herren,
wir sind überzeugt, daß unsere Referenten Ihnen mit dem vorliegenden Programm ausreichend

Diskussionspotential zur Verfügung stellen. Nutzen Sie bitte diese Veranstaltung zu einem intensiven Meinungsaustausch. Zu guter Letzt möchten wir die diesjährigen 22. Hülßenberger Gespräche aber auch als Kontakt- und Kommunikationsmedium zwischen den unterschiedlichsten Fachrichtungen empfehlen.

Von Thomas Wilson, dem amerikanischen Präsidenten in der Zeit von 1913-1921, stammt das Zitat „Wer keine Visionen hat, vermag weder große Hoffnungen zu erfüllen noch große Vorhaben zu verwirklichen“.

Daher möchten wir Sie, sehr verehrte Damen und Herren, auffordern, im Rahmen der Hülßenberger Gespräche Ihre Ideen und Visionen mit Ihren Kollegen auszutauschen. Im Namen der H. Wilhelm Schaumann Stiftung danke ich allen Referenten, daß Sie sich so aktiv in die Thematik einbringen und freue mich auf Ihre Ausführungen. Ich möchte mich bereits jetzt bei allen Referenten für Ihre Ausführungen bedanken.

Bevor ich nun Herrn Prof. Dr. Schwerin für die Moderation des ersten Tagungsblockes das Wort erteile, möchte ich uns allen einen erfolgreichen Verlauf der 22. Hülßenberger Gespräche wünschen.

Vielen Dank.

Nahrungsmittel – Nachwachsende Rohstoffe – Naturschutz – Wie nutzen wir die Flächen der Welt in nachhaltiger Weise?



1 Aktuelle Entwicklung

Der Mensch gestaltet die Landfläche der Erde in einem bisher nicht gekannten Ausmaß. Angesichts einer wachsenden Weltbevölkerung mit stetig wachsenden Ressourcenansprüchen wird diese Entwicklung weiterhin von hoher Dynamik geprägt sein. Sie wird bestimmt von der globalen Nahrungsmittelnachfrage und den Energiepreisen, die ihrerseits wiederum die Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen bestimmen. Weitere Bestimmungsgrößen sind der Klimawandel, einschließlich daraus resultierender politischer Weichenstellungen (z. B. Biotreibstoffe), sowie der Flächenbedarf zum Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen (biologische Vielfalt, globale Regulationsfunktionen). Auswirkungen werden auch die technologischen Fortschritte in den Bereichen Pflanzenzüchtung, Anbauverfahren und der Konversion pflanzlicher Produkte haben.

Ausnahme in den Jahren, in denen der Getreideverbrauch höher war als die globale Produktion. Das daraus resultierende starke Abschmelzen der Weltgetreidevorräte löste dann, unterstützt durch die Verwendung von 44 Millionen Tonnen Mais zur Ethanolproduktion in den USA und zusätzlich angetrieben durch Spekulationen, die weltweiten Getreidepreissteigerungen aus. Mit Schlagzeilen wie „Kein Brot für Öl“ oder „Mehr Mais im Tank bedeutet mehr Hungernde“ wird die Preissteigerung in der öffentlichen Wahrnehmung vor allem der Erzeugung von Biotreibstoffen zugerechnet.

2 Von steigenden Preisen für pflanzliche Rohstoffe zur Konkurrenz um Flächen

Es stellt sich die Frage, ob die Nahrungsmittelwirtschaft, die chemische Industrie und die Energiewirtschaft zu Konkurrenten um pflanzliche Rohstoffe werden. Grundsätzlich entsteht eine Konkurrenzsituation, wenn die Preise für Nahrungsmittel geringer sind als ihr Wert als Energieträger abzüglich der im Vergleich zu gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen höheren Prozesskosten. Eine Konkurrenz ist auch gegeben, wenn chemische Produkte aus Biomasse günstiger hergestellt werden können als aus fossilen Rohstoffen. Bereits bei einem Heizölpreis von 0,5 €/l beträgt der energetische Wert einer Tonne Biomasse 170 €. Beim aktuellen Heizölpreis von 0,8 €/l liegt der Wert sogar bei 273 €/t. Selbst bei Berücksichtigung des derzeit noch höheren finanziellen Aufwands bei der Energiewandlung im Vergleich zu flüssigen und gasförmigen Brennstoffen und der hohen aktuellen Preise für Agrarprodukte ist von einer wachsenden Nachfrage nach Biomasse zur stofflichen oder energetischen Nutzung auszugehen. Selbst die Produktion von Biotreibstoffen ist in vielen Teilen der Welt ohne Subventionierung rentabel, wenn der Rohölpreis oberhalb von 50 \$/bbl liegt.

Im Endeffekt resultiert aus dieser Konstellation eine Anbindung der Agrarpreise an Energiepreise. Derzeit sind alle Rahmenbedingungen für eine Konkurrenz zwischen den Nutzungsrichtungen Nahrungsmittel und Energie gegeben. Mittel- und langfristig wird sich die Konkurrenz allerdings weniger um einzelne

Pflanzenarten bzw. pflanzliche Produkte entwickeln, sondern um die Anbaufläche. Veränderte Preisrelationen zwischen verschiedenen Fruchtarten führen zu Veränderungen der Anbauflächen.

Die Konkurrenz um die knappen Flächen der Welt ist durch marktwirtschaftliche Mechanismen allein nicht zu lösen. Während die Energiewirtschaft alternativ auch auf Wind, Wasser, Fotovoltaik und fossile Energieträger zurückgreifen, die chemische Industrie immerhin zwischen fossilen Rohstoffen und Biomasse wählen kann, gibt es für die Produktion von Nahrungsmitteln keine wirkliche Alternative zur flächengebundenen Produktion. Das gilt auch für die Fläche, die zur Erhaltung der Biodiversität und zur Gewährleistung der globalen Regelungsfunktionen benötigt wird. Zwangsläufig ergibt sich daraus eine Prioritätenliste der globalen Flächennutzung:

1. Nahrungsmittel
2. Flächenanspruch zum Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen
3. Rohstoffe für die chemische Industrie
4. Energetische Nutzung.

Die direkte Konkurrenz wird nicht wirksam, wenn Nebenprodukte der Nahrungsmittelerzeugung (Stroh, Reisspelzen, Zitruschalen, entölte Ölpalmenfruchtstände) zur stofflichen und energetischen Nutzung verwendet werden. Das gilt auch für Biomasse, die nicht auf bisherigen landwirtschaftlichen Nutzflächen anfällt. Hier kommt es allerdings zu Konflikten mit dem Flächenbedarf zum Erhalt der natürlichen Lebensgrundlagen.

Als Folge steigender Preise für pflanzliche Produkte werden stillgelegte Flächen wieder in Produktion genommen, zusätzliche Naturlandflächen in Produktionsflächen umgewandelt und genutzte Flächen intensiver bewirtschaftet. Hinzu kommen verstärkte Innovationsanreize, z. B. verbesserte Sorten und effizientere Produktionsverfahren, die zu steigenden Flächenerträgen führen. Nachdem die EU die obligatorische Flächenstilllegung abgeschafft hat, gibt es noch nennenswerte Brachflächen in Osteuropa, den

GUS-Staaten und in Nordamerika. Umwandlungen von Naturland (Savannen, Regenwäldern) in landwirtschaftliche Nutzflächen sind derzeit vor allem in Südamerika und Südostasien an der Tagesordnung. So wird prognostiziert, dass in Südamerika für den Anbau von Sojabohnen ca. 20 Mio. ha Naturland in Ackerland umgewandelt werden. Vor allem in Indonesien und Malaysia werden mittlerweile auf neun Mio. ha Ölpalmen angebaut; mit stark steigender Tendenz. Geschieht die Anlage von Plantagen auf mehr- oder minder mächtigen Torfböden, so kommt es zu enormen CO₂-Freisetzungen. Aktuelle Studien zufolge werden in Südostasien jährlich zwei Mrd. t CO₂ durch Brandrodung und Trockenlegung freigesetzt. Auf der anderen Seite gehen nennenswerte landwirtschaftliche Nutzflächen durch Überbauung im Rahmen der globalen Urbanisierung verloren. Diese Flächenverluste addieren sich zu denen, die durch Versalzung oder Erosionen hervorgerufen werden. Die globale Ackerfläche wird in Zukunft nicht nennenswert zu steigern sein, ohne dass die ökologischen Kosten immens wären. Damit wird die rein rechnerisch jedem Menschen zur Verfügung stehende Ackerfläche von derzeit 0,25 ha zukünftig weiter absinken.

3 Biomassepotentiale

Zur Frage, auf welche Reserven an pflanzlicher Biomasse zukünftig noch zurückgegriffen werden kann, liefert die Betrachtung der globalen Nettoprimärproduktion (NPP) – das ist die jährlich durch Photosynthese neu gebildete Biomasse – und deren Verteilung auf verschiedene Regionen der Welt wichtige Anhaltspunkte. Die globale Nettoprimärproduktion wird auf 57 Mrd. t C/Jahr (120 Mrd. t organische Trockenmasse) geschätzt (WBGU 1999). 12–16 Mrd. t C/Jahr davon werden vom Menschen genutzt. (Imhoff et al. 2004). Die größten Biomassenmengen fallen in Südamerika (16,1 Mrd. t C/Jahr) und Afrika (12,5 Mrd. t C/Jahr) an (Tab.1). Zum Vergleich dazu erreicht die Nettoprimärproduktion in Westeuropa nur 0,7 Mrd. t C/Jahr. Während in den dichtbesiedelten Regionen Südasiens 80 % dieser Biomasse bzw.

in Westeuropa 72 % bereits durch den Menschen genutzt werden, sind es in Afrika nur 12 % bzw. in Südamerika nur 6 %. Fehlende Produktionspotenziale sind folglich nicht der Grund für die große Zahl der Hungernden in Afrika.

Tabelle 1: Anteil der vom Menschen genutzten Nettoprimärproduktion (NPP)* von Biomasse in den verschiedenen Regionen der Welt (HANPP**) (nach IMHOFF et al. 2004)

Region	NPP (Mrd. t C/Jahr)	HANPP %
Afrika	12,5	12
Ostasien	3,0	63
Süd-Zentralasien	2,0	80
Westeuropa	0,7	72
Nordamerika	6,7	24
Südamerika	16,1	6

* NPP = Net Primary Production

** HANPP = Human Appropriation of Terrestrial Net Primary Production

Die Möglichkeit zusätzlich zu den Nahrungsmitteln noch Biomasse zur energetischen Nutzung bereit zu stellen, ergibt sich folglich vorrangig in Südamerika, Nordamerika und Afrika. Studien des Internationalen Instituts für Angewandte Systemanalyse (IIASA) und des Wissenschaftlichen Beirats für globale Umweltfragen (WBGU) gehen von einer Steigerung der derzeitigen Biomassennutzung für energetische Zwecke von 2,6 Mrd. t Biomasse auf 6,7 – 16,7 Mrd. t Biomasse aus, um 100 – 250 EJ / Jahr bereitzustellen (Kraxner 2007). Im Vergleich dazu wird der derzeitige globale Primärenergieverbrauch mit 400 EJ / Jahr veranschlagt. Am Vorhandensein dieser Potentiale bestehen wenig Zweifel; fraglich ist allerdings, ob deren Nutzung möglich ist, ohne die Ziele Biodiversität und globale Regelungsfunktionen in Frage zu stellen. Die Antwort darauf steht noch aus.

4 Nachhaltigkeitsbetrachtungen als Basis zukünftiger Flächennutzung

Unabhängig davon wie viel Biomasse zukünftig

genutzt wird, kommt es darauf an, deren Nutzung nachhaltig zu gestalten. Die entscheidenden Nachhaltigkeitskriterien sind Flächeneffizienz, Biodiversitätswirkungen, Klimawirkungen, Bodenschutz sowie soziale Wirkungen. Unabdingbare Voraussetzungen für die energetische Nutzung von Biomasse ist eine Nachhaltigkeitsbewertung auf hohem Niveau. Auch wenn diese auf Grund unterschiedlicher nationaler Gesetzgebungen, mangelnder Kontrollierbarkeit und verschiedenster Ausweichmöglichkeiten im globalen Maßstab nur sehr schwierig umsetzbar ist, gibt es keine Alternative zur umfassenden Zertifizierung der Nachhaltigkeit der Biomasseproduktion, wenn unerwünschte Folgewirkungen vermieden oder zumindest begrenzt werden sollen. Ein Verzicht darauf würde die energetische Nutzung von Biomasse grundsätzlich in Frage stellen.

Wenn Biomasse ein knappes Gut ist – und dies ist eindeutig zu bejahen –, dann müssen konsequent die Nutzungswege mit den höchsten CO₂-Entlastungspotentialen bei gleichzeitiger Einhaltung der Grenzwerte aller anderen Nachhaltigkeitskriterien gewählt werden.

Bei der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe gilt es, gezielt die Syntheseleistungen der Natur auszunutzen, durch den Anbau spezieller, zu diesem Zweck optimierter Pflanzen. Ein anderer Weg der stofflichen Nutzung, insbesondere von Reststoffen und Nebenprodukten, ist der Totalabbau zu einfachsten Molekülen und anschließender Synthese der gewünschten Moleküle. In diesem Zusammenhang besteht ein hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf, weil die Konversionswege von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen im Vergleich zu petrochemischen Rohstoffen größtenteils völlig unterschiedlich sind. Die industrielle Biotechnologie ist dabei die Schlüsseltechnologie für die Zukunft von Biomasse als Chemierohstoff.

5 Zusammenfassung

Die nutzbare Fläche der Welt ist ein knappes Gut. Zur Sicherung von Biodiversität und Ökosystemfunktionen ist eine noch nicht quantifizierbare Fläche

erforderlich. Für die Biomassennutzung ergibt sich eine klare Priorisierung: Nahrungsmittel > stoffliche Nutzung > Bioenergie. Die ökonomische Relevanz stofflicher und energetischer Biomassennutzung nimmt stark zu. Vorrangig sind Reststoffe und Nebenprodukte zu nutzen. Eine nachhaltige Biomassennutzung kann nur erreicht werden, wenn global gültige Standards vereinbart und realisiert werden. Besonderes Augenmerk ist auf Flächeneffizienz, CO₂-Minderungseffekte, Biodiversitätswirkungen und soziale Wirkungen zu richten. Um den wachsenden Bedarf an Biomasse zukünftig befriedigen zu können, kommt der forcierten Unterstützung von Schlüsseltechnologien auf allen Ebenen eine hohe Bedeutung zu.

Literaturverzeichnis

Jahreis, G. & R. Schulz (2001): Nahrungsketten und Weltbevölkerung. Leopoldina Nachrichten 7, Beilage der Naturwissenschaftlichen Rundschau 54.

Kraxner, F. (2007): Aspekte einer globalen und nachhaltigen Biokraftstoffproduktion. Schriftenreihe zur Nachhaltigkeit und CSR 1, 19-27.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (1999): Welt im Wandel: Erhaltung und nachhaltige Nutzung der Biosphäre, Springer Verlag.

Imhoff, M., L. Bounoua, T. Ricketts, C. Loucks, R. Harriss & W. Lawrence (2004): Global pattern in human consumption of net primary production. – Nature, 429, 870 – 873.

Diskussion



SPIEKERS, GRUB

Sie hatten eben den Aspekt der Effizienz angesprochen und sagten, Extensivierung komme nicht mehr in Betracht. Ist das nicht etwas verkürzt dargestellt? Geht es nicht darum, im Prinzip die jeweils optimale Effizienz zu finden. Sie haben Kriterien der Nachhaltigkeit aufgezählt, je nach Standortgegebenheiten und Produktionssystemen. Daraus konnten wir verschiedene Dinge mitnehmen und unter den neuen Gesichtspunkten und nach meinem Dafürhalten, sollte jeweils zu der auf dieser Fläche oder in dieser Situation optimale Effizienz ermittelt werden. Wie viele Faktoreinheiten soll man einsetzen, um insgesamt die Zielgrößen zu erreichen und daher kann man nicht einfach die Extensivierung negativ reden, es kann ja auch der Weg der richtige sein.

ANTWORT

Sie haben völlig recht. Ich habe aus Zeitgründen das etwas vereinfacht dargestellt. Wir brauchen eine multifunktionale Landwirtschaft, von der sind wir natürlich im globalen Maßstab noch weit entfernt. Und da kann es durchaus sein, dass wir bei unterschiedlicher Nutzung auch dann unterschiedlich vorgehen. Wenn wir hier in Europa ein Wasserschutzgebiet haben, werden wir das in einer anderen Intensität bewirtschaften, als wenn wir ein Biosphärenreservat haben. Dann werden wir ganz anders herangehen. Meine Aussage war generell, wir haben eine begrenzte Fläche weltweit. Darüber besteht kein Zweifel. Wir haben wachsende Ansprüche aufgrund einer wach-

senden Zahl Menschen mit wiederum wachsenden Ansprüchen und wenn man diese Ansprüche schön redet, muss man von der gegebenen Fläche mehr runterholen und das ist für mich ein Weg in die Intensivierung und sonst nichts. Dass man im einzelnen auf 1,7 Mrd. Hektar sehr differenziert vorgehen muss, ist für mich selbstverständlich.

ABEL, GÖTTINGEN

Herr Wahmhoff Sie haben ja auch den Regenwald hinzugenommen und dargestellt, dass der Regenwald, was uns alle besorgt, sehr stark abnimmt. Gibt es eigentlich Vorstellungen darüber, wie viel Regenwald die Erde braucht, um biologisch in Takt zu bleiben und das zweite dazu, das was jetzt zerstört ist an Regenwald, wie lange würde es dauern, dass dieser Regenwald wieder regeneriert? Gibt es da Maßnahmen, das zu beschleunigen oder müssen wir einfach evolutionsmäßig warten? Gibt es darüber Vorstellungen?

ANTWORT

Ich kann beide Fragen nicht beantworten. Vielleicht nicht in der Form wie Sie es gerne hätten. Wir wissen das schlicht nicht. Wir wissen derzeit nicht, wie viel Regenwald übrig bleiben muss, um meinerseits 90 % der Arten, die wir heute haben, zu erhalten. Was meinen Sie, wie groß wird der Regenwald jetzt noch sein, den wir jetzt noch haben. Wir müssen aber ganz nüchtern daran gehen und sagen, wir werden wahrscheinlich noch die Hälfte haben von dem, was

wir verloren haben. Wir werden es wohl kaum verhindern können, dass wir noch mehr als ein Drittel des Regenwaldes verlieren und dann wird man am Ende sehen, ob es reicht, um vielleicht 3/4 der Artenvielfalt auf diesen Flächen zu erhalten. Es gab vor kurzem eine Publikation in "Nature", die versucht, diese Frage zu beantworten. Man hat festgestellt, dass diese Frage z.Zt. nicht zu beantworten ist, man kann die Entwicklung von diesem Ökosystem nicht prognostizieren.

BREVES, HANNOVER

Herr Wahmhoff, mich hat sehr fasziniert, die Zahlen zu sehen, dass wir in bestimmten Regionen der Welt eine enorm hohe Nettoprimärproduktion, aber nur eine ganz geringe Nutzung haben.

Das erscheint auf den ersten Blick vielleicht beruhigend, aber ist es das wirklich? Besteht nicht, wenn keine Nutzung der Nettoprimärproduktion erfolgt, auch zu gleich ein hohes Risiko des Verlustes an den Produkten zum einen und wie ließe sich zum anderen diese nicht genutzte Nettoprimärproduktion tatsächlich besser ausnutzen?

ANTWORT

Ich denke, man muss da unterscheiden. Ein großer Teil der Nettoprimärproduktion wird im tropischen Gürtel, wo die Regenwälder sind, noch weniger werden. Das setzt sich ja, wie Sie wissen, ganz schnell jährlich um und sehr wenig Vorräte, auch an Kohlenstoff im Boden. Also da wird man, wenn man eingreift, erst einmal die Verluste haben an Bestand, Biomasse und dann, wenn es sich um organische Böden handelt, um Torfkörper im Boden selbst. Wir haben nicht überall Torfkörper wie z.B. in Südostasien. Auf der anderen Seite muss man davon deutlich trennen, wie die landwirtschaftlich genutzten Flächen genutzt werden. Brachflächen, wo der Regenwald entfernt wurde, verstärken die Situation. Hier ist die Nettoprimärproduktion deutlich reduziert und vor allem dort, wo schon lange Landwirtschaft ohne Nachfuhr, ohne Zufuhr von Dünger betrieben wurde. Phosphatmangel ist dort sehr weit verbreitet

und die Produktivität leidet darunter. Man kann die Produktivität der genutzten Flächen sehr schnell erhöhen, wenn man ein deutlich vernünftiges Niveau an NPK im Boden hat und vermeidet, dass Erosion auftritt. Eine nachhaltige Wirtschaftsweise, die für uns selbstverständlich ist, würde da sehr effektiv helfen.

TAUBE, KIEL

Herr Wahmhoff, Sie haben eben bei der Antwort von Herrn Spiekers durchblicken lassen, dass wir auf jeden Fall eine höhere Intensität brauchen. Und wir sehen uns ja auch in Westeuropa in einer gewissen Vorbildfunktion für viele andere Teile der Welt im Hinblick auf Landnutzung. Ich frage mich, ob man da nicht doch etwas zu kurz greift. Wenn wir diese Vorbildfunktion wahrnehmen und sehen, was wir in Westeuropa im Augenblick tun in Bezug auf Biomasse und in den vergangenen zwei, drei Jahrzehnten getan haben in Bezug auf die Verlagerung der Milchproduktion aus reinen Grünlandregionen in Ackerregionen und bei der Biomasse genau so, die findet fast ausschließlich auf dem Acker statt, dann ist das natürlich kein gutes Vorbild. Und zum zweiten muss man, denke ich, auch in Frage stellen, wenn man solche Berechnungen durchführt, ob die Ernährungsgewohnheiten, wie sie im Augenblick in Westeuropa Gang und Gäbe sind, im Hinblick auf Fleischprodukte im Vergleich zu pflanzlichen Produkten, ob das ein Modell für die Welt ist und ob man vor diesem Hintergrund dann tatsächlich noch die These aufrecht erhalten kann, dass wir auf jeden Fall eine Intensivierung der Produktion auf den Standorten brauchen.

ANTWORT

Sie haben völlig Recht Herr Taube. Mein Plädoyer war, die Technologie zu exportieren. Mein Plädoyer wird nie sein, unser Konsumverhalten zu exportieren. Dieses Konsumverhalten ist kein Modell für die Welt. Wir können nicht schlicht weg die 10 bis 20 t CO₂-Ausstoß, die ein Industrielandbürger hat, auf die ganze Welt übertragen. Dies ist schlicht unmöglich. Wir werden uns sicherlich bei 4 t oder einer ähnlichen Größenordnung einpendeln müssen.

FLACHOWSKY, BRAUNSCHWEIG

Zwei Anmerkungen: Die erste zu Ihren Nachhaltigkeitskriterien. Ich wundere mich etwas, dass Sie nur Flächeneffizienz vorangestellt haben. Für mich wäre das Ressourceneffizienz. Was ist mit Wasser? Was ist mit Phosphor? Ich meine, gerade, wenn man mal strategisch betrachtet, was mit Wasser passiert, glaube ich, dass die Denkweise ihrer Nachhaltigkeitskriterien sehr aus mitteleuropäischer Sichtweise resultiert. Und die zweite Anmerkung. Um 1,5 oder 1,7 Mrd. Hektar Ackerfläche ist die eine Seite. Sie haben die 3,3 Mrd. Hektar Grasland absolut nicht erwähnt. Was ist damit? Was haben wir da für Potentiale? Denn dies ist in vielen Regionen kritisch.

ANTWORT

Auch ein Thema der Verkürzung. Wir haben derzeit nicht nur gewöhnliches Grasland, sondern wir haben im globalen Maßstab oft den Acker und hier die Konkurrenz auf dem Acker. Im Grünland wird es zukünftig auch zu Konkurrenzsituation kommen. Dies wird auch ein Thema werden. Bei den Nachhaltigkeitskriterien habe ich für mich die Wesentlichen genannt, die derzeit eine Rolle spielen. Natürlich gehört die Ressourceneffizienz genauso mit dazu. Ich habe die Flächeneffizienz nach vorne gestellt, weil hier die Konkurrenz augenscheinlich wichtig ist, gerade auch im Hinblick, wie viele Flächen brauchen wir für den Erhalt der Diversität. Das scheint mir ein wichtiger Punkt zu sein. Das sind völlig unterschiedliche Diskussionspunkte, gerade dann, wenn sie z.B. in Bonn bei den Naturschützern geführt werden oder wenn sie bei den Landnutzern geführt werden. Die Diskussionen müssen zusammen geführt werden. Wir sind erst am Anfang. Wir müssen uns über das Grasland unterhalten und ich bin mir auch sicher, wenn ich sehe, dass z. B. in Mocambique Pläne auf dem Tisch liegen, wo 13 oder 14 Mio. Hektar von Investoren mit „Jatropha“ bepflanzt werden sollen, das sind ja keine Regenwälder, sondern das sind die von Ihnen beschriebenen Graslandökosysteme, da wird es erhebliche Wirkungen geben, über die wir nachdenken müssen.

CHRISTEN, HALLE

Sie haben die Entwicklung eines Nachhaltigkeitszertifikates oder wie auch immer im globalen Maßstab angemahnt. Wenn man sich anschaut, welchen Erfolg solche Zertifikate oder Bewertungssysteme bis jetzt im Foodbereich gehabt haben, dann war das immer ausgesprochen mäßig z.B. soyabean, sustainable palmoil. In welchem politischen oder institutionellen Rahmen sehen sie die Entwicklung solcher Systeme und Zertifikate auch unter Berücksichtigung eines globalen Maßstabes

ANTWORT

Ich weiß, dass das eine ganz heiße Frage ist und ich weiß auch, wie mäßig die Erfolge sind. Nur, man muss sich ja umgekehrt die Frage stellen: welche Alternativen haben wir denn? Wir haben eigentlich keine Alternative dazu. Mir ist auch klar, wenn wir ein Zertifikat fordern, dann wird das Palmöl der abgebrannten Moorfläche halt nach China verkauft. Und deswegen muss es gelingen, dass wir wirklich alle Mittel bewegen. Und wir wissen alle, wie schwer es ist 190 Länder der Welt unter einen gemeinsamen Hut zu bringen. Trotzdem, es gibt keine Alternative dazu. Meines Erachtens funktioniert das nicht vorrangig über die nationalen Regierungen, sondern das wird vorrangig darüber laufen, das sind international agierende Konzerne, die sehr schnell häufig schon die Massenströme an Biomasse verkaufen und handeln, und es sind die Verbraucher in den Industrieländern. Und es sind die NGO's, das muss man auch mal sagen, manche sehen es kritisch. Sie haben daher auch eine regulierende Funktion, weil auch die global arbeiten. Die global agierenden Institutionen können vielleicht gemeinsam mit der UNO hier etwas vorbringen. Mein Eindruck ist, es kommt mehr aus der Wirtschaft selbst als aus der Gesellschaft über den Druck der NGOs als von den einzelnen nationalen Regierungen, weil da die Egoisten nach wie vor sehr groß sind.

RODEHUTSCORD, HALLE

Herr Wahmhoff, Sie sprachen die Kaskadennut-

zung als eine Möglichkeit an diese Konkurrenz-situation zwischen Nahrungsmittelerzeugung und Bioenergiegewinnung zu vermindern, und ich bin mir nicht ganz sicher, ob es zielführend ist, wenn man darauf setzt, die Koppelprodukte oder Nebenprodukte der Lebensmittelverarbeitung dafür vorzusehen, weil ein sehr großer Teil dieser Koppelprodukte eben sehr sinnvoll eigentlich im Nahrungsmittelbereich verbleibt, dadurch, dass es als Tierfutter verwendet wird und zur Erzeugung der tierischen Lebensmittel dient. Daher glaube ich nicht, dass es sinnvoll ist, auf dem Wege diese Nebenprodukte dem Nahrungsmittelsektor zu entziehen. Ich glaube, das ist ein Nullsummenspiel.

ANTWORT

Vom Grundsatz her haben Sie recht. Alles was an Produkten genutzt werden kann im Nahrungsmittel- oder Futtermittelbereich sollte man dort nutzen. Und ich meine, was dann noch übrig bleibt und das ist noch eine ganze Menge, das sind zunächst einmal alle rein cellulosehaltigen Stoffe, wenn Sie an Stroh denken, wenn Sie an die Reisspelzen denken, die heute kein Mensch richtig nutzt. Das sind einige Mio. Tonnen, über 100 Mio. Tonnen. Wenn Sie an die Feinöl-Abfälle denken, die heute noch einfach auf einen Haufen gekippt werden und auf deutsch vor sich hingammeln. Man könnte noch viele andere aufzählen. Das andere ist, die größten Biomasseströme kommen auch aus dem organischen Bereich. Jeder von uns produziert organischen Abfall im Jahr. Das sind erhebliche Mengen, mit denen wir heute in keiner Weise sinnvoll umgehen. Wir haben, wenn Sie an die Gülle denken, die organischen Abfälle der Tierproduktion, also wir haben noch einige ungehobene Schätze, die zugegebenermaßen, das kann ich mit Sicherheit sagen, nicht so groß sind wie die Anbaubiomasse, aber die sind erheblich und die fallen an und die sollten doch zunächst mal vernünftig genutzt werden. Eine andere Frage ist sicherlich, wie leichtfertig machen wir Nahrungsmittel zu Abfällen. Wir verfremden 1/2 Mio. t Protein im Jahr hier bei uns. Das ist eine Situation, die wir uns auch nicht

mehr lange leisten können. Darüber muss man auch offen diskutieren.

HELLMUTH, KIEL

Ich möchte doch die Frage Extensivierung/ Intensivierung noch einmal aufgreifen. Ist es nicht doch so, wie Sie gesagt haben, dass wir eigentlich über die Nachhaltigkeit hoch intensiver Systeme nachdenken und daran arbeiten müssen, wenn wir überlegen, wie sich die Weltbevölkerung in extrem kurzer Zeit entwickelt und Nahrung und Energie gleichzeitig im extrem größeren Maß in relativ kurzer Zeit abrufen wird.

ANTWORT

Ich kann eigentlich meiner vorherigen Antwort nicht viel hinzufügen. Wir brauchen eine Intensivierung, aber immer unter der Prämisse Nachhaltigkeit. In einer Landwirtschaft, die auch andere Funktionen übernimmt, besteht ein komplexes Gefüge und da gibt es sicherlich von Standort zu Standort immer wieder unterschiedliche Prioritäten. Generell brauchen wir diese Intensivierung der Produktion und ich bin mir auch sicher, es ist möglich, pro Flächeneinheit, pro eingesetzter Ressource, höhere Effizienzen zu erreichen, weil wir in der Lage sind, eine Entkopplung zu erreichen, die ja bisher immer hieß und auch in den Köpfen der Öffentlichkeit da ist, je mehr Input ich habe, um so höher sind meine unerwünschten Nebenwirkungen, um so mehr Umweltbelastung habe ich, je nach Pflanzenschutz, je nach Dünger. Wir haben noch nach wie vor gut 100 kg N-Bilanzüberschuss in Deutschland. Das muss weniger werden. Ganz klar. Aber nicht dadurch, dass wir weniger düngen, sondern dadurch, dass wir weniger Verluste haben, also nicht der Input fehlt, sondern die Verluste, die unerwünschten Nebenwirkungen, sind zu reduzieren. Und dann kann eine Intensivierung durchaus sehr, sehr nachhaltig sein.

SCHWERIN, DUMMERSTORF

Wir haben die Biomasseproduktion der Nutzung der Biomasse gegenüber gestellt und haben daraus

geschlussfolgert, dass in Afrika große Reserven bestehen. Ist das nicht eine sehr grobe Darstellung, weil ja nicht dargestellt wird, wie viel Biomasse und welche Biomasse überhaupt produziert wird. Wie bekommt man denn die Biomasse – sprich Nahrungsmittel oder nachwachsende Rohstoffe – dort in die Gebiete, wo sie erforderlich ist, also Nahrungsmittel in Afrika, sprich in den Entwicklungsländern. Ist dieses Problem nicht etwas abstrakt behandelt worden.

ANTWORT

Das ist völlig abstrakt behandelt worden. Zeigt nur das Potential auf und es war heute nicht meine Aufgabe darüber nachzudenken. Ich kann mir durchaus vorstellen, dass, wenn in Mocambique 14 Mio. Hektar Jathropha angebaut werden, dass diese Mengen nicht nach Europa kommen, weil die Afrikaner selbst ein

riesen Problem mit steigenden Ölpreisen haben und die werden das Zeug selber verarbeiten und auf der anderen Seite muss man ja auch sagen, wir haben durch diese sehr niedrigen Agrarpreise in den letzten Jahren die Produktion vor Ort ja abgewürgt und mit hohen Agrarpreisen erreichen wir ja mittel- und langfristig eine doch sehr starke Anreizwirkung, was die Produktion auf kleinbäuerlichen Betrieben anbelangt, natürlich auf Kosten der Armen in den Städten. Das ist nun mal leider so. Aber wenn Wirtschaftswachstum in den ruralen Gegenden stattfindet, dann lässt auch die Abwanderung in die Städte nach. Es ist ja die Not, die die Leute in die Städte treibt, also hohe Preise. Auch wenn es weh tut, es könnte auf jeden Fall ein Anstoß in die richtige Richtung sein. Extrem niedrige Nahrungsmittelpreise bewirken immer genau das Gegenteil.

Potenziale einer energetischen Biomassenutzung in Deutschland



Biomasse soll in den kommenden Jahren deutlich mehr zur Deckung der Energienachfrage in Deutschland und weltweit beitragen. Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel der folgenden Ausführungen, die technischen Primärenergiepotenziale und ausgehend von der ebenfalls kurz darzustellenden Konversionsanlagentechnologie die daraus resultierenden End- bzw. Nutzenergiepotenziale zusammenzustellen. Auch wird kurz auf die derzeitige Biomassenutzung eingegangen. Dabei wird u. a. deutlich, dass die technischen Biomassepotenziale bisher nur zu rund 50 bis 60 % ausgenutzt werden und die Biomasse damit durchaus einen größeren umwelt- und klimaverträglicheren Beitrag im Energiesystem leisten könnte.

1 Einleitung

Biomasse kann sowohl zur (gekoppelten) Bereitstellung thermischer und elektrischer Energie als auch zur Versorgung mit Kraftstoffen genutzt werden. Bioenergie kann damit auf vielfältige Art und Weise zu einer umwelt- und klimaverträglicheren Energieversorgung in Deutschland beitragen. Wesentliche Voraussetzungen dafür sind aber entsprechende Potenziale, damit diese Option auch energiewirtschaftlich relevant im Energiesystem beitragen kann. Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden zunächst die technischen Biomassepotenziale diskutiert. Anschließend wird auf die gegebenen Möglichkeiten, diese unterschiedlichen Biomasseströme in End- bzw. Nutzenergie zu überführen, eingegangen. Ausgehend davon werden die daraus resultierenden Endenergiepotenziale diskutiert und kurz auf die gegenwärtige Nutzung eingegangen.

Abschließend werden die gemachten Aussagen kurz zusammengefasst und zur Diskussion gestellt.

2 Technische Brennstoffpotenziale

Das technische Brennstoffpotenzial beschreibt den Anteil der insgesamt verfügbaren Biomasse, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist. Zusätzlich dazu werden i. Allg. strukturelle und ökologische Restriktionen (z. B. Naturschutzgebiete, Flächen zur Biotopvernetzung) und gesetzliche Vorgaben (z. B. Zulässigkeit von hygienisch bedenklichen organischen Abfällen für den Einsatz in Biogasanlagen) berücksichtigt, da sie letztlich auch – ähnlich den (ausschließlich) technisch bedingten Eingrenzungen – oft „unüberwindbar“ sind.

Für die Ableitung der technischen Brennstoffpotenziale werden die verfügbaren Mengen (z. B. Tonnen Holz pro Jahr) sowie substratspezifische Kennwerte (z. B. Heizwerte für die thermo-chemische Wandlung, Biogaserträge für die bio-chemische Wandlung, Ölgehalte für die physikalisch-chemische Wandlung) zu Grunde gelegt.

Tabelle 1 zeigt ausgehend davon das gegenwärtige technische Brennstoffpotenzial aus Biomasse in Deutschland. Dabei wird bei den Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen unterschieden zwischen halmgutartigen (u. a. Stroh, Landschaftspflegematerial), holzartigen (u. a. Waldrestholz, Schwachholz, Altholz, Industrierestholz, Landschaftspflegeholz) und sonstigen Stoffen (u. a. Exkrememente, organische

Gewerbe- und Industrieabfälle). Die Potenziale aus dem Wald umfassen die nicht stofflich genutzten Anteile des Einschlags (d. h. Brennholz, Waldrestholz) und der Anteil des jährlichen Zuwachses, der derzeit nicht eingeschlagen wird.

Hinzu kommen Energiepflanzen, die als ein- oder mehrjährige Kulturen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zur ausschließlichen energetischen Verwertung angebaut werden können. Dabei wird hier eine verfügbare Fläche von 2 Mio. ha unterstellt. Darauf wird bei der thermo-chemischen Wandlung ein Misanbau unterschiedlicher Lignocellulose-Pflanzen zur Festbrennstoffbereitstellung, bei der physikalisch-chemischen Wandlung der Rapsanbau und bei der bio-chemischen Wandlung ein Zwei-Kultursystem zur Biogassubstraterzeugung sowie der Anbau von Substraten zur Ethanolherzeugung angenommen. Dieses Vorgehen führt zu einer Maximalabschätzung; in der Praxis ist die Auswahl geeigneter Anbaukulturen durch die jeweiligen Standortbedingungen deutlich eingeschränkter.

Tabelle 1: Technisches Brennstoffpotenzial aus Biomasse in Deutschland

	Energetisch nutzbare Menge	Potenzial bei thermo-chemischer Umwandlung	Potenzial bei bio-chemischer Umwandlung	Potenzial bei physikalisch-chemischer Umwandlung
	Mio. t _{frischmasse} /a	PJ/a	PJ/a	PJ/a
Halmgutartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle				
Stroh	9,3	130	38 – 63	–
Gras aus Grünland etc.	2,6 – 4,0	37 – 56	15 – 23	–
Landschaftspflegematerial	0,9 – 1,8	11 – 22	8 – 16	–
Summe	12,8 – 15,1	178 – 208	61 – 102	–
Holzartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle				
Waldrestholz	13,7	169	–	–
Schwachholz	10	123	–	–
Zusätzlich nutzbar. Waldholz	10,7	132	–	–
Altholz	6	78	–	–
Industrierestholz	4	58	–	–
Landschaftspflegeholz	0,46	4	–	–
Summe	45	563	–	–
Sonstige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle				
Exkremate und Einstreu	162	–	96,5	–
Ernterückstände	7 – 14	–	9,1 – 18,3	–
Abfälle aus Gewerbe u. Ind.	3,1 – 4,7	–	6,4 – 12,2	–
Org. Siedlungsabfälle	7,6	–	12,5	–
Summe	180 – 188	–	124 – 139	–
Klärgas	–	–	19,5	–
Deponiegas	–	–	15 – 21	–
Summe Rückstände, Nebenprod. und Abfälle	741 – 770	–	219 – 282	–
Energiepflanzen auf 2 Mio. ha	365	–	236 ^a – 252 ^b	103 ^c
Gesamtsumme	1 106 – 1 135	–	455 – 533	103

^aBiogassubstrate, ^bEthanol aus Zuckerrüben (zusätzlich wären noch Biogassubstrate (95 PJ/a) nutzbar) ^cPflanzenöl bzw. RME aus Raps (zusätzlich wären noch Stroh (125 PJ/a) u. Schrot (65 PJ/a) energetisch nutzbar)

Dabei ist zu beachten, dass die ausgewiesenen Biomassen (z. B. Halmgut oder Energiepflanzen) immer nur einmal genutzt werden können (also entweder thermo-chemisch oder bio-chemisch oder physikalisch-chemisch). Damit beträgt das gesamte Brennstoffpotenzial ca. 1 000 bis 1 300 PJ/a (ca. 8 % des gegenwärtigen deutschen Primärenergieverbrauchs).

Zukünftig sind bei den hier skizzierten Potenzialen Veränderungen zu erwarten. Während diese bei den Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen vergleichsweise gering ausfallen werden, ist bei den Energiepflanzen künftig voraussichtlich ein Zuwachs zu erwarten, wenn der Exportanteil an Agrarprodukten aus Deutschland in das Ausland nicht zunimmt und die in den 1990er Jahren realisierten Ertragszuwächse auch in den kommenden Jahren erreicht werden können. Dann sind in den kommenden Jahren steigende Biomassepotenziale möglich.

3 Umwandlungsmöglichkeiten

Aus den dargestellten organischen Stoffen lassen sich über thermo-chemische, physikalisch-chemische und/oder bio-chemische Umwandlungsprozesse feste, flüssige und gasförmige (Bio-)Energieträger erzeugen, die zur Strom-, Wärme- und Kraftstoffherzeugung eingesetzt werden können (Abb. 1). Die grundsätzlich verfügbaren Umwandlungsrouten werden nachfolgend kurz skizziert.

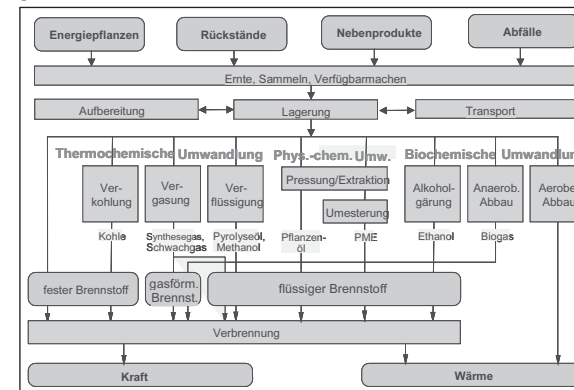


Abbildung 1: End- bzw. Nutzenergiebereitstellung aus Biomasse

Ausschließliche Verbrennung. Bei der Verbrennung werden biogene Festbrennstoffe in Feuerungsanlagen zur Wärme- und/oder Strombereitstellung eingesetzt. Dabei ist die Wärmebereitstellung in allen Leistungsbereichen seit Jahrzehnten Stand der Technik und im praktischen Einsatz. Die Stromerzeugung in Biomasse(heiz)kraftwerken über konventionelle Dampfprozesse (Turbine) ist ebenfalls gängig und hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Demgegenüber ist die kleintechnische Stromerzeugung (z. B. Stirlingmotor) bisher noch nicht etabliert.

Thermo-chemische Umwandlung. Bei der thermo-chemischen Wandlung werden aus Festbrennstoffen unter dem Wärmeeinfluss feste, flüssige und/oder gasförmige Energieträger gewonnen.

Ziel der Verkohlung ist eine möglichst hohe Ausbeute an Festbrennstoff, welcher i. Allg. zur Wärmebereitstellung (z. B. Holzkohle) oder alternativ stofflich (z. B. Aktivkohle) genutzt wird. Holzkohle als Energieträger hat aber kaum energiewirtschaftliche Bedeutung.

Bei der Pyrolyse soll eine möglichst hohe Ausbeute an flüssigen Komponenten (d. h. Pyrolyseölen) erzielt werden. Trotz erheblicher Entwicklungsanstrengungen befinden sich derartige Verfahren nach wie vor im F&E-Stadium.

Die Vergasung strebt eine möglichst vollständige Umwandlung der biogenen Festbrennstoffe in Brenngase an. Dieses Gas kann anschließend in Motoren, Turbinen oder ggf. in Brennstoffzellen zur Stromerzeugung eingesetzt oder zu flüssigen oder gasförmigen Bioenergieträgern (BtL) umgewandelt werden (z. B. Bio-SNG, FT-Diesel). Die Vergasung ist aufgrund der grundsätzlich erreichbaren hohen Wandlungswirkungsgrade eine wesentliche Zukunftsoption zur Strom- und mittelfristig auch zur Kraftstoffherzeugung.

Physikalisch-chemische Umwandlung. Öle und Fette, mittels physikalisch-chemischer Verfahren (Pressung/Extraktion) produziert, lassen sich als Kraftstoff in ausgewählten stationären und mobilen

Dieselmotoren nutzen. Die dazu notwendige Technik ist seit Jahren verfügbar. Durch eine Umesterung zu Pflanzenölmethylester (PME) kann das Pflanzenöl den Eigenschaften fossilen Dieseldieselkraftstoffs angenähert werden; dadurch ist vielfach ein problemloser Einsatz in vorhandenen (stationären und mobilen) Dieselmotoren möglich; auch kann PME in beliebigen Anteilen mit fossilem Diesel gemischt werden. Diese Technologie ist für einige Öle (z. B. Rapsöl) ebenfalls Stand der Technik.

Bio-chemische Umwandlung. Hier wird die Biomasse mit Hilfe von Mikroorganismen – und damit auf biologischem Weg – umgewandelt. Dabei kann u. a. zwischen einer alkoholischen Gärung und einem anaeroben Abbau unterschieden werden.

Bei der alkoholischen Gärung werden zucker-, stärke- und cellulosehaltige Biomassen in Ethanol überführt, der anschließend in Reinform gewonnen und als Kraft- und Brennstoff in Motoren oder Verbrennungsanlagen zur Bereitstellung von Kraft, Strom und Wärme eingesetzt werden kann. Die dazu benötigte Technologie ist großtechnisch verfügbar, zeigt aber noch (energetische) Optimierungspotenziale.

Bei der anaeroben Vergärung organischen Materials in wässriger Lösung entsteht Biogas, das zu rund zwei Dritteln aus Methan besteht. Besonders vorteilhaft ist dieser Wandlungspfad für organische Masse, die bereits in wässriger Lösung bzw. mit einem sehr hohen Wasseranteil (Gülle, organischen Siedlungsabfällen, Klärschlamm u. ä.) anfällt. Das entstandene Biogas kann – ggf. nach einer Reinigung – in Motoren zur Wärme-, Strom- und Kraftbereitstellung genutzt werden.

4 Endenergiepotenziale

Die Endenergiepotenziale umfassen die technisch bereitstellbare Endenergie an Strom, Wärme und/oder Kraftstoff, die mithilfe der diskutierten Konventionstechnologien aus den technischen Brennstoffpotenzialen (Tabelle 1) erzeugt werden können. Dabei wird jeweils unterstellt, dass das verfügbare Brennstoffpotenzial für die entsprechende Endenergieoption vollständig verfügbar ist.

- Die Potenziale zur Stromerzeugung liegen insgesamt bei ca. 100 bis 130 TWh/a. Bezogen auf die gegenwärtige Bruttostromerzeugung ließen sich bei voller Ausschöpfung des maximalen Stromerzeugungspotenzials aus Biomasse 15 bis 25 % decken.
- Das maximale Wärmeerzeugungspotenzial aus Biomasse umfasst ca. 900 bis 1 200 PJ/a. Bezogen auf die gegenwärtige Niedertemperatur-Wärmenachfrage ließen sich maximal 35 bis 45 % decken.
- Zur Kraftstofferzeugung sind gegenwärtig nur die Biodiesel- und Ethanolpotenziale verfügbar. Das damit verbundene Endenergiepotenzial liegt zwischen 100 und 252 PJ/a. Wenn es gelingt, zusätzlich gasförmige oder flüssige Kraftstoffe durch thermo-chemische Umwandlung von biogenen Festbrennstoffen bereitzustellen und die Biogasnutzung im Traktionsbereich zu etablieren, könnte das maximale Kraftstofferzeugungspotenzial auf ca. 500 bis 1 000 PJ/a ansteigen. Bezogen auf die gegenwärtige Kraftstoffnachfrage ließen sich dann 20 bis 35 % decken.

5 Biomassenutzung

Biomasse wird in Deutschland zur Wärme-, Strom- sowie Kraftstofferzeugung eingesetzt. Nachfolgend wird die derzeitige Nutzung diskutiert.

Feste Bioenergieträger. Biogene Festbrennstoffe werden zur Strom- bzw. zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung primär in größeren Anlagen und zur ausschließlichen Wärmebereitstellung hauptsächlich in Kleinanlagen eingesetzt.

Strom- und Wärmeerzeugung. Ende 2007 waren rund 200 Biomasse(heiz-)kraftwerke mit einer installierten elektrischen Leistung von knapp 1 200 MW – davon etwa 160 MW in der Papier- und Zellstoffindustrie – am Netz. Die potenzielle Stromerzeugung liegt bei ca. 7,8 TWh/a (brutto); wegen der im Jahresverlauf und teilweise erst zum Jahresende erfolgten Inbetriebnahme der neuen Anlagen wurden

de facto aber nur etwa 7,3 TWh erzeugt. Als Brennstoff wurde vorwiegend Holz (etwa 5 Mio. t_{atro} – ohne Papierindustrie) und hier schwerpunktmäßig Altholz eingesetzt.

Hinzu kommt die Wärme- und Stromerzeugung aus der organischen Müllfraktion. Eine ähnliche Entwicklung wie in den letzten Jahren unterstellt, wurde aus der Biomasse, die u. a. von den kommunalen Abfallentsorgern zusammen mit dem anderen Müll eingesammelt wird, in Müllverbrennungsanlagen (MVA) 2007 rund 4 TWh Strom und gekoppelt damit zusätzlich Wärme, die in der Regel in Nah- oder Fernwärmenetze eingespeist wurde, erzeugt.

Wärmeerzeugung. 2003 wurde der Gesamteinsatz an fester Biomasse (fast ausschließlich Holz primär in Form von Stückholz, Hackgut und Pellets) zur ausschließlichen Wärmebereitstellung in Haushalten, GHD und – eingeschränkter – Industrie mit 220 bis 260 PJ/a abgeschätzt. Wegen der anhaltend hohen Preise für fossile Energieträger ist aber nach 2003 anzunehmen, dass eine forcierte Substitution fossiler Energieträger durch biogene Festbrennstoffe stattfindet. Dies wird auch in der verstärkten Nutzung vorhandener Biomasseanlagen und insbesondere der vermehrten Neuinstallation von Biomassefeuerungen deutlich. Ausgehend davon lässt sich für 2007 bei einem leichten Rückgang des Zuwachses ein Einsatz von etwa 291 PJ/a ableiten.

Flüssige Bioenergieträger. Der Gesamtverbrauch biogener Kraftstoffe lag 2007 bei etwa 156 PJ. Den größten Beitrag dazu leistete PME mit ca. 3,2 Mio. t (118 PJ); davon wurden rund 78 % in Deutschland produziert. 2007 wurden in Deutschland auf rund 1,5 Mio. ha Ackerfläche Raps angebaut; davon wurden etwa 70 % im Kraftstoffsektor eingesetzt. Hinzu kamen rund 10 PJ an Bioethanol – vor allem in Form von ETBE – und etwas mehr 0,7 Mio. t (28 PJ) an naturbelassenem Pflanzenöl.

In geringem Umfang wird PME auch in stationären Anlagen (insbesondere in BHKW's) genutzt. Im Unterschied dazu wurden naturbelassene Pflanzenöle

– und hier insbesondere importierte kostengünstige Öle (z. B. Palmöl) – verstärkt eingesetzt. Insgesamt dürften derzeit etwa 2 700 Pflanzenöl- und – deutlich eingeschränkter – PME-BHKW's mit einer installierten elektrischen Leistung von insgesamt ca. 400 MW betrieben werden, die rund 2,7 TWh/a an Strom bereitstellen; dazu wurden rund 25 PJ eingesetzt.

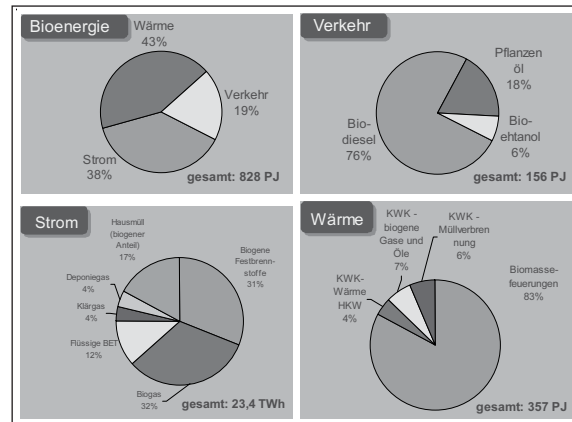


Abbildung 2: End- bzw. Nutzenergiebereitstellung aus Biomasse

Gasförmige Bioenergieträger. Ende 2007 waren etwa 3 750 Biogasanlagen mit ca. 1 250 MW und einer potenziellen Jahresstromerzeugung von ca. 9,2 TWh/a in Betrieb. Die reale Erzeugung lag wegen des z. T. erst im Jahresverlauf realisierten Zubaus mit etwa 7,5 TWh aber deutlich darunter. Zusätzlich waren zwei Anlagen zur Biogaseinspeisung ins Erdgasnetz mit einer installierten Gasleistung von jeweils 1 MW im Betrieb. Diese haben 2007 zusammen rund 53 GWh Biomethan ins Gasnetz eingespeist. Zusätzlich dazu wird Strom aus Deponie- und Klärgas erzeugt. Ende 2007 wurde in Deponiegasanlagen schätzungsweise knapp 1 TWh/a bereitgestellt. Zusätzlich wurden in etwa 700 Klärgasanlagen mit einer Leistung von etwa 160 MW insgesamt rund 0,9 TWh Strom erzeugt.

6 Schlussbetrachtung

Ziel dieser Ausführungen ist es, für Deutschland die vorhandenen Biomassepotenziale und deren Nutzungsmöglichkeiten zusammenzustellen und ausgehend davon die möglichen Beiträge zur Deckung der End- bzw. Nutzenergienachfrage zu erheben. Dabei wurde Folgendes deutlich.

- Die in Deutschland vorhandenen Biomassepotenziale sind energiewirtschaftlich relevant; sie liegen in der Größenordnung von rund 8 % des gegenwärtigen Primärenergieverbrauchs in Deutschland. Unter bestimmten Bedingungen können sie in den kommenden Jahren weiter zunehmen (primär bei den Energiepflanzen).
- Es gibt eine Vielzahl an Umwandlungspfaden und Konversionstechnologien, mit denen unterschiedlichste Biomassefraktionen in Wärme, Strom und Kraftstoffe gewandelt werden können. Derzeit laufen eine Vielzahl von F&E-Aktivitäten, um die noch vorhandenen Effizienzsteigerungspotenziale zu erschließen.
- Ausgehend von den vorhandenen Konversionstechnologien könnte das gegenwärtig verfügbare Biomassepotenzial im deutschen Energiesystem entweder 15 bis 25 % des Bruttostroms (d. h. 30 bis 40 Mio. t/a Steinkohle) oder 35 bis 45 % der Niedertemperatur-Wärme (d. h. 30 bis 40 Mio. t/a Heizöl) oder 20 bis 35 % des Kraftstoffs (15 bis 30 Mio. t/a Diesel) decken. Zu beachten ist dabei aber, dass die Biomasse nur einmal zur Verfügung steht.
- Diese Potenziale werden bereits zur Deckung der Wärme-, Strom- und Kraftstoffnachfrage genutzt; diese Nutzung wird nach wie vor dominiert durch den Wärmemarkt.

Ausgehend davon ergibt sich eine Potenzialausnutzung von derzeit 50 bis 60 %; eine weitergehende energetische Biomassenutzung ist – trotz der z. T. gegebenen Konkurrenzen – damit möglich, wenn auch zu potenziell höheren Bioenergiegestehungskosten. Dieses höhere Preisniveau verstärkt aber gleichzeitig

den Zwang einerseits zur Verbreiterung der Rohstoffbasis und andererseits zur Erschließung der noch vorhandenen technischen und systemtechnischen Effizienz-Steigerungspotenziale im Verlauf der gesamten Bereitstellungskette. Um beide Ziele zeitnah zu erreichen, sind verstärkte öffentlich finanzierte F&E-Aktivitäten unabdingbar. Nur dann ist sichergestellt, dass die Biomasse auch zukünftig eine wesentliche Option für ein mehr auf regenerativen Energien basierendes Energiesystem bleiben kann.

Literaturverzeichnis

Hartmann, H.; Kaltschmitt, M.(2002): Biomasse als erneuerbarer Energieträger – Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien; Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 3, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, 2002, vollständige Neubearbeitung

Kaltschmitt, M.; Hartmann, H.: Energie aus Biomasse, Springer, Berlin, Heidelberg, 2001

Kaltschmitt, M.; Weber, M.(2006): Markets for solid biofuels within EU-15; Biomass & Bioenergy 30, 897 – 907

Thrän, D.; Kaltschmitt M.(2007): Competition – Supporting or preventing an increased use of bioenergy? Biotechnology Journal 2, 1514 – 1524

Vogel, A.; Müller-Langer, F.; Kaltschmitt, M. (2008): Analysis and evaluation of technical and economic potentials of BtL-fuels; Chem. Eng. Technol. 31, 5, 1 – 11

Lenz, V.; Edel, M.; Kaltschmitt, M.(2008): Erneuerbare Energien – Stand 2007 in Deutschland; BWK , 4, 106 – 117

Kaltschmitt, M.; Thrän(2006), D.: Logistik bei der Versorgung von Anlagen zur energetischen Nutzung biogener Festbrennstoff – Anforderungen und Randbedingungen; Zeitschrift für Energiewirtschaft 30, 4, 247 – 256

Müller-Langer, F.; Vogel, A.; Kaltschmitt, M.; Thrän, D.(2007): Analysis and Evaluation of the 2nd Generation of Transportation Biofuels; 15th European Biomass Conference & Exhibition - From Research to Market Development, Berlin, Mai 2007, Tagungsband

Diskussion



BAHRS, WIEN

Herr Kaltschmitt, Sie haben auf sehr plakative Art und Weise gezeigt, wie notwendig die Biomasseproduktion auch für die energetische Schiene sein wird, auch in Zukunft. Was meinen Sie persönlich, welche Bioenergieschienen werden sich in Zukunft in Deutschland, in Europa und global besonders stark weiterentwickeln und warum. Ich weiß, dass ist eine sehr umfassende Frage, aber vielleicht mögen Sie sie dennoch beantworten und ich will die Frage noch ergänzen mit der Frage: Welche Biomasseschienen würden Sie in Zukunft besonders favorisieren in Deutschland, in Europa und in der Welt? Weil es möglich sein kann, dass Ihre Favoriten vielleicht nicht im Einklang damit stehen werden, welche sich tatsächlich weiterentwickeln.

ANTWORT

Gute Frage. Ich habe lange Jahre immer argumentiert, laßt uns doch die Biomasse ausschließlich in Wärmemasse einsetzen. Da haben wir die Hälfte der Umwandlungsrealisierungsgrade. Wenn ich einen vernünftigen Kessel habe, der liegt bei 85/90 %, wenn ich den dann gegebenenfalls noch weiterentwickle in Richtung Brennwert, dann komme ich da noch deutlich weiter hoch und damit lässt sich dann z. B. gegensubstituieren und das kann ich im Kfz-Markt einsetzen. Unter Effizienzgesichtspunkten ist das mit Sicherheit ein Weg, den man auch so heute vertreten kann. Andererseits ist es natürlich in der Tat richtig, dass wir, wenn wir in Richtung Strom

aus regenerativen Energien denken, die Biomasse natürlich den Charme hat, dass sie dann zur Verfügung steht, wenn auch die Nachfrage da ist. Grundsätzlich kann ich ja mit der Biomasse Strom bereitstellen. Und wenn ich dann in Richtung regenerativer Strombereitstellungssysteme denke, dann habe ich da nicht so viele Möglichkeiten. Da habe ich Geothermen und dann ist auch schon Ende der Fahnenstange. Bei Wind, Solar und auch Wasser haben wir eine naturbedingte Fluktuation, wo ich nur eingeschränkt was machen kann und großflächige Stromspeicherung bisher noch nicht wirklich verfügbar ist. Die einen haben zwar ein paar Speicher, speziell bei ihnen in den Alpen, deswegen muss man da an ein entsprechend großes Verbundsystem denken, dann kann man auch wieder etwas machen. Aber vom Grundsatz her habe ich da letztlich ein Problem was die Biomasse beitragen kann. Im Verkehrssektor, wo ich eigentlich mehr vom Grundsatz her einen Inputbedarf habe, wenn man es rein ökonomisch sieht und andere selbst die ineffizienteste Bereitstellungsketten bisher und trotzdem auch in Zukunft nicht zwingend notwendig. Das ist nämlich bei einigen der Fall, was diskutiert wird. Auch in Zukunft nach unserer Wahrnehmung habe ich das Problem, dass wir eigentlich bisher kaum Alternativen haben im Bereich regenerative Energie. Im Verkehrssektor sehe ich Wasserstoff nicht, zumindest nicht die nächsten Jahre. Zumal mir auch recht unklar ist, wo der Wasserstoff herkommen soll. Vom Himmel fällt er ja bekanntermaßen nicht. Deswegen hat man da nur die Möglichkeit, über Biomasse zu

gehen. Deswegen habe ich eigentlich die letzten Jahre vor dem Hintergrund der verkürzt dargestellten Gesamtsituation eigentlich eher die Gefahr zu sagen, wir müssen versuchen, einen sinnvollen Ausgleich für die unterschiedlichen Märkte zu finden. Das zum einen eben dann getrieben sein wird durch die Setzung der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen und zum anderen auch durch den Markt. So weit vielleicht zu den Rahmenbedingungen.

Wenn wir das jetzt weltweit betrachten, wird es in unterschiedlichen Regionen unterschiedlich ausfallen. Wir werden nicht in Südamerika die gleiche Lösung finden wie in Europa oder wie in Nordamerika. Trotzdem denke ich mal, dass die Biomasse zukünftig in Augenmaßen mehr leistet und sich deswegen auch zu einem regenerativen Biomasseenergienmarkt entwickeln wird. Das ist heute schon erkennbar.

Zum einen haben wir in den letzten Jahren jeweils jedes Jahr so zwischen 600.000 und 800.000 t an Pellets z. B. aus Kanada oder aus anderen Ländern aus Südamerika in die EU importiert, zum anderen wird darüber nachgedacht, ob man nicht auch gegebenenfalls Bioäthanol oder Pflanzenöl auch zur energetischen Nutzung verstärkt in den Energiemarkt einführt. Da stehen wir noch sehr am Anfang, aber ich glaube, dass sich dort entsprechend ein Energiemarkt entwickeln wird und je nach dem, wie die einzelnen Länder sich entwickeln und die Schwerpunkte setzen beim Einsatz der Biomasse, werden diese Bioenergieträger, wenn ich so sagen darf, dann in den unterschiedlichen Märkten eingesetzt. Und damit stellt sich die Frage eigentlich nicht mehr so zwingend wie Sie sie gestellt haben, sondern damit je nachdem, wie die Rahmenbedingungen in den einzelnen Ländern für die Biomasse in den einzelnen Märkten sind.

SUSENBETH, KIEL

Vielen Dank für Ihren interessanten Vortrag. Aus meiner Sicht sind auch sehr ernüchternde Zahlen gefallen. Sie haben immer gesagt, wenn man alles nutzt und dann nur für einen Zweck, dann kann es maximal zu viel sein. Meine Frage ist folgende: Ist auch bei diesen Zahlen berücksichtigt, dass hier

erhebliche Energieaufwendungen getätigt werden müssen, das ganze Material zu erfassen. Heute ist das Material auch noch sehr wasserreich, wie auch Hausmüll u.s.w. ist das hier ein Trocknungsvorgang, egal woher, der gespeist werden muss. Auch die Einrichtung solcher Anlagen erfolgt mit erheblicher Energie. Wenn man diesen Aufwand und diese Energie mit einrechnet, lohnt es sich dann noch, oder sind diese Aufwendungen schon in ihren Berechnungen enthalten gewesen.

ANTWORT

Also das sind jetzt reine Potentialbetrachtungen, das sind keine Ökobilanzwerte. Herr Dr. Reinhardt wird später die Ökobilanz zeigen. Nach unserer Erfahrung ist es so, dass Sie letztlich den Aufwand für die gesammelten Dinge, wenn ich's mal bissl platt ausdrücken darf, oder für die Befeuerungsanlage, die können Sie eigentlich vor dem Hintergrund der Energie, die Sie damit umschlagen, nahezu vernachlässigen. Der Anteil ist somit energetisch gesehen auf den kWh Strom bezogen auf der Streichliste, das können Sie vernachlässigen. Herr Reinhardt kann Ihnen das noch genauer sagen, aber das ist so die Größenordnung. Transporte sind ebenfalls eher im unteren Prozentbereich. Auch darauf kann sich wirklich signifikant die Energiebilanz auswirken. Außer Sie transportieren den Strom irgendwo von Polen bis in die Niederlande und schicken ihn dort in den Ofen. Aber im allgemeinen machen wir das ja nicht. Das wird eher eine untergeordnete Rolle spielen. Die Trocknungsprozesse machen bei der Herstellung von BBS energetisch was aus, dass da nämlich ein paar Prozent noch zu kommen, denn das ist Wasser, das heißt, das müssen sie trennen. Deswegen ist auch die Energiebilanz z. B. von der Bioäthanolherzeugung relativ schlecht, aber wenn Sie die Biobrennstoffe sich anschauen, dann versuchen Sie im allgemeinen die eben mit Sonnenenergie zu trocknen. Sie werden Stroh erst dann ernten, wenn es entsprechend trocken ist. So lange lassen Sie es auf dem Acker liegen. Das heißt auch hier ist dies eigentlich ein Nebenkriegsschauplatz. Ich gehe mal davon aus, dass das Herr Rein-

hardt Ihnen noch näher erläutert, aber das ist so grob die Message, die aus unseren Untersuchungen raus gekommen ist.

KIRCHMAYR, WIEN

Eine kleine Frage. Bei den Pellets haben sie doch einen Energieaufwand bei der Herstellung. Wie hoch ist der? Es ist doch nicht so, dass der im Null-Prozent-Bereich ist, das glaube ich nicht.

ANTWORT

Das ist so. Der Energieaufwand für die Pelletproduktion liegt im Bereich von 2 bis 3 Prozent bezogen auf die Energie, mehr ist das nicht.

KIRCHMAYR, WIEN

Wenn bei den Pellets eine Verknappung auftritt, werden die dann über 1.600 km spazierengeflogen.

ANTWORT

Also, wenn Sie einen Transport machen über Schiffstransport dann ist der Energieaufwand vernachlässigbar. Wenn Sie es aus Kanada transportieren macht es energetisch gesehen nicht mehr diese großen Unterschiede. Es macht dann einen großen Unterschied, wenn Sie die Pellets z. B. irgendwo in Österreich produzieren und dann bis an die dänische Grenze transportieren. Dann mag es sein, dass das einen größeren Anteil hat, aber auch dann ist es unter 10 %. Der Aufwand ist wirklich grenzwertig. Dazu kommt, dass die heutigen Pelletproduzenten im Prinzip die Trocknung und die Konditionierung des Materials immerhin mit Abwärme machen.

CHRISTEN, HALLE

Der energetische Bedarf für die Bereitstellung der Dinge ist das Eine, das Andere ist natürlich das Treibhausgaspotential. Das kann äquivalent eine Rolle spielen und das kann natürlich in Einzelfällen schon ganz erheblich sein, wenn es z. B. um Lachgasemissionen geht.

Sie haben zweimal Bezug genommen auf Waldbewirtschaftung in Skandinavien, die als Modell dienen

könnte, wenn man es intensivieren wollte, auch bei uns wäre dies eine mögliche Alternative. Könnten Sie das vielleicht erläutern, wie das aussehen soll.

ANTWORT

Ich bin nicht der Holzfachmann. Ich komme aus der Energiewirtschaft, aber ich meine, ich habe bei den Projekten, die wir mit den skandinavischen Partnern zusammen gemacht haben, eigentlich gelernt, dass es dort einfach um energetische Nutzung geht z. B. die Umrüstzeiten zu reduzieren. In Deutschland ist eher das Ziel, eine Waldbewirtschaftung für möglichst hochwertiges Stammholz zu organisieren, was man dann stofflich nutzt. Sie können genau so gut sagen wir verändern die Standzeiten für den Wald. Dann sind Standzeiten im Wald die Begrenzungsfaktoren und dann haben wir u. a. den Kahlschlag, schieben alles in den Ofen. Die Skandinavier nehmen sogar noch das Wurzelwerk aus dem Boden raus, was sie auf jeden Fall energetisch nutzen und geben das ganze Gebiet dann anschließend wieder in die Aufforstung. Was in Deutschland nach meiner Wahrnehmung eigentlich nicht denkbar ist. Ich denke schon, dass es da Möglichkeiten gibt, aus dem Wald mehr Biomasse rauszuholen. Wenn man sich mal den Holzwagen vom kleinsten anschaut, wie er sich entwickelt hat in den letzten Jahren weltweit, dann kommt ein zunehmend größerer Anteil des Weltholzaufkommens aus Plantagen, wo bewusst das Holz produziert wird und nicht aus der nachhaltigen Forstwirtschaft, wie es bei uns z. B. der Fall ist. Ich will nicht sagen, dass Plantagen die Lösung der Probleme sind, aber ich denke es ist wichtig, dass es auch noch was anderes gibt, wo man mehr rausholen kann. Man muss sich unterhalten und denen sagen, dass die Energie oder die Holzproduktion als Energieträger weltweit an Bedeutung gewinnen wird, dann werden die Ihnen sagen, das wollen wir überhaupt nicht. Wir wollen Holz für die stoffliche Nutzung produzieren. Und das ist eben aus meiner Sicht der falsche Weg, weil wir ja dort erhebliches Potential haben könnten, mit denen man durchaus einen signifikanten Beitrag leisten kann.

GROßE, DRESDEN

Ich habe zu Ihrem Beitrag einige Anmerkungen:

1. Natürlich gibt es diese Rangfolge, was die Prämissen angeht. Und wir haben nun einmal in Deutschland aus gesellschaftlichen Positionen heraus ganz andere Anforderungen an den Wald. Wir haben ein ganz anderes Waldgesetz als die Skandinavien. Natürlich könnten wir aus dem Forstbereich sehr viel mehr Holz bereitstellen, wenn wir bestimmte Dinge einfach außer Acht lassen. Das geht nicht und ich denke, wo setzen wir die Prämissen jetzt an. Wir haben beispielsweise jeden Quadratmeter in Deutschland als FH-Gebiete ausgewiesen, wo wir eine ganz massive Eingrenzung haben. In dieser Richtung muss man einfach das so sehen. Dann wäre eine andere Holz-/ Forstwirtschaft nötig.

2. Natürlich gibt es theoretisch Möglichkeiten mit anderen Baumarten zu arbeiten, die einen höheren Zuwachs erreichen, aber auch dort gibt es Vorstellungen über die Diversität, über den Erhalt der Ressourcen, die allein nicht von den Förstern bestimmt werden, sondern die Gesellschaft hat massive Ansprüche bis hin zu den privaten Waldbesitzern, wo vorgeschrieben wird, dass in bestimmten Bereichen, z. B. Douglasien in Waldbeständen, nur begrenzt oder überhaupt angebaut werden dürfen, die einen viel höheren Zuwachs realisieren könnten. Also dort muss man immer sehen, wo fordert die Gesellschaft bestimmte Dinge, in dieser Rangfolge, in dieser Abfolge, also was wir als Wichtiges sehen.

Ich denke, wenn wir diese Biomassebetrachtung sehen, dann haben wir häufig das Problem, werden diese wirtschaftlichen Aspekte gesehen und welche Rolle spielen diese Bilanzen. Was mich immer wieder ein bisschen bewegt ist, wir müssen ja in diesen ganzen Fragen Energiebilanz, die wir verfügbar haben, in diesem europäischen Rahmen betrachten und da gibt es ja automatisch dann Verschiebungen aus wirtschaftlicher Sicht heraus. Was würden Sie, wenn Sie ihren Vortrag auf Europa ausdehnen würden, was würden Sie für Konsequenzen ziehen? Würden Sie auf der gleichen Schiene gewissermaßen diesen Ansatz zur energetischen Nutzung bei Biomasse so sehen oder

würden Sie denken, es ist vielleicht auch in anderen Bereichen besser etwas zu tun, was die Biomasseproduktion zur energetischen Nutzung angeht.

ANTWORT

Ich bin ja gebeten worden, die deutsche Situation darzustellen und wir haben auch einmal detailliert Europa untersucht. Da ist eigentlich raus gekommen, dass es eine ganze Reihe von Ländern gibt, die große Flächen haben, relativ dünn besiedelt sind und eine relativ extensive Landwirtschaft haben, wo man natürlich in der Tat Möglichkeiten hätte, Biomasse relativ günstig zu produzieren. Osteuropa, Polen z. B. hat relativ viel Landfläche, hat eine relativ extensive Bewirtschaftung. Die arbeiten heute z. B. teilweise noch mit Pferden. Also da gibt es dann schon Möglichkeiten. So bin ich zu der Überzeugung gekommen, dass sich zukünftig in Europa auch ein Energiemarkt im Bereich Biomasse/Bioenergie entwickeln wird. Erste Anzeichen gibt es schon. Z. B. die baltischen Staaten und auch Russland entwickeln sich zunehmend zu Pelletexporteuren. Die bauen derzeit gewaltige Kapazitäten auf, die bisher weniger nach Deutschland oder kaum nach Deutschland, sondern primär nach Schweden und nach Dänemark gehen, weil dort als Folge der CO₂-Besteuerung andere energiewirtschaftliche Rand- und Rahmenbedingungen gelten, d. h. also Litauen, Lettland, Estland und auch Russland exportieren einen großen Teil der Pellets in diese Länder und wir gehen davon aus, dass sich ähnliche Biomasseenergiemärkte oder Bioenergieträgermärkte auch in anderen Bereichen entwickeln werden. Wo da letztlich welche Handelsströme sich entwickeln, das wird die kommende Zeit zeigen. Aber wir denken, dass im Bereich Biomethan durchaus gute Chancen bestehen würden, weil wir eben auch ein relativ gutes Erdgasnetz haben, wo man in dem Sinne einsteigen könnte. Wir denken auch, dass sich eben der Bereich der Pellets als biogener Festbrennstoff auch auf dem Markt in Europa in den nächsten Jahren tendenziell zunehmen wird. Das wird sich letztlich über die ökonomischen Rahmenbedingungen klären. Wenn es bil-

lig ist, haben wir die Biomasse irgendwo in Osteuropa zu produzieren, dann werden wir dort kaufen.

RODEHUTSCORD, HALLE

Haben Sie bei der Abschätzung Ihrer Potentiale Nachhaltigkeitskriterien in irgendeiner Art zu Grunde legen können? Mir ist aufgefallen, dass Sie sehr häufig auf das Stroh abgehoben haben. Und vom Studium weiß ich noch, dass überall da, wo Pflanzen- und Tierproduktion voneinander getrennt sind, das Stroh einfach auf Dauer wirklich unverzichtbar ist, um Humusbilanzen, Nährstoffbilanzen u.s.w. aufrecht zu erhalten.

ANTWORT

Wir sind davon ausgegangen, z. B. beim Stroh, dass von dem gesamten Strohanteil in Deutschland ein Viertel bis ein Drittel genutzt werden kann aus energetischer Sicht. Das heißt, derartige Kriterien sind schon berücksichtigt worden. Wir haben nur die Stoffströme angeschaut, wo wir nach bestem Wissen und Gewissen und auch in Diskussion mit anderen zu der Überzeugung gekommen sind, dass man diesen Stoffstrom wirklich nutzen könnte. Also es ist nicht so, dass man das gesamte Stroh nimmt und sagt das können wir nutzen. Das haben wir nicht gemacht. Definitiv nicht.

TIEDEMANN, GÖTTINGEN

Sie hatten ja eine ziemliche Zwangsläufigkeit hergestellt zwischen den steigenden Erdölpreisen und der Tatsache, dass man dann auch wahrscheinlich mehr Biomasse nutzen wird in der Energieproduktion und das mehrfach auch betont. Wenn ich jetzt die Ausführung von Herrn Wahmhoff sehe, der auch zurecht gezeigt hat, dass für die Biomasse in Zukunft auch ein sehr starker Bedarf in der Nahrungsmittelerzeugung liegt, was nachvollziehbar ist und auch sicher realistisch in der Vorherschau, dann ist das natürlich eine missliche Geschichte, weil dann die Gefahr besteht, dass humanitäre Lagen entstehen, die uns nicht gefallen müssen. Sie sagen, der Markt wird das regeln. Die Produkte werden dort hingehen, wo sie am besten

bezahlt werden. Das ist aber auch keine sehr befriedigende Angelegenheit. Betrachten wir nun die zwei Segmente der Energiemärkte, die sie gezeigt haben, in die auch Biomasse einfließt, nämlich Strom und Wärme, so gibt es ja noch eine weitere Technologie, die gar nicht genannt worden ist heute, die hier vielleicht für eine Entspannung sorgen könnte, das ist die Kernenergie. In diesem Bereich ist zwar in Deutschland Stillstand, aber weltweit sind, glaube ich, 100 Anlagen in der Planung bzw. im Bau. Meine Frage ist, müssen wir nicht auch nach ganz anderen Technologien schauen, um gerade in diesem Bereich zu einer Entspannung zu führen, die dann vielleicht auch zu einer Verringerung der Energiekosten wieder führen könnte und dann auch die Möglichkeit eröffnet, mit der Biomasse unter ethischen Gesichtspunkten primär in der Prioritätenliste folgend von Herrn Wahmhoff zunächst einmal die Nachfragespitze abzudecken.

ANTWORT

Es ist etwas schwierig diese Frage zu beantworten, weil es sehr stark um die Frage der Ethik geht. Ich denke mal, mit der Kernenergie werden wir mit Sicherheit das Energieproblem damit nicht lösen, weil es bei der Energie letztlich nur auf Strom geht. Eine sehr aufwendige Technologie und eine sehr kostenintensive Technologie ist, die eigentlich nach meiner Wahrnehmung oder nach meinem Dafürhalten und meiner Kenntnis eigentlich nicht die zwingende Technologie ist, mit der man die Energieprobleme in Afrika lösen kann, mit der man die Energieprobleme in weiten Teilen Asiens lösen kann. Mit der Argumentation bin ich im allgemeinen relativ zurückhaltend. Ein Großteil der Biomasse wird weltweit gesehen für die Wärme genutzt. Ich kann es jetzt nicht genau ausrechnen, aber nach unserer Einschätzung gesehen ist weltweit der Biomasseeinsatz 10 %. Ich schätze locker aus dem Bauch, es sind locker über 80 % was nur in die Wärme geht und dann primär eben zum Kochen und Heizen, wobei Kochen noch der größere Anteil ist als Heizen und das ist die Konkurrenztechnologie zum Kerosin. Mit der Kernenergie ist das Problem nicht zu lösen, weil wir uns in den Industriestaaten

immer die teure Energie leisten können, da geht es uns ja noch entsprechend gut. Das Problem ist eher in den Entwicklungsländern. Das diese sich das nicht leisten können und dort das Energieproblem über die Kernenergie zu lösen, da habe ich so meine Zweifel, ob das wirklich der Weg ist. Das zu dem Thema.

Natürlich ist die Konkurrenz zwischen Nahrungs- und Futtermitteln auf der einen Seite zwischen Biomasseeinsatz als Rohstoff, d. h. als Bauholz oder als Papier oder was auch immer und die energetische Nutzung, aber ich denke schon, dass, wenn man beides sinnvoll kombinieren kann und einige Aspekte hatte Herr Wahmhoff schon genannt, dass er gesagt hat, o. k., lasst uns mehr nach der Energie aus Rückständen und Nebenprodukten sehen. Das ist die Variante, die ich da klargestellt habe, dass man auch mehr versucht, Richtung Nutzung von Kaskaden. Dass man Technologien bereitstellt, mit denen man auch Stoffströme, wie z. B. diese Palmölreste oder was auch immer weltweit anfällt, dass man sich das mal genauer betrachtet. Ob diese in sinnvolle standardisierte Energieträger umwandelbar sind, die man dann entsprechend nutzen kann. Dann denke ich schon, dass man mit entsprechender Technologie, die es zum Teil gibt, aber eben nur zum Teil, durchaus diese auf den ersten Blick gegebene Konkurrenzsituation ziemlich entschärfen kann. Ich werde es nicht komplett lösen können, zumal die Konkurrenz ja auch das Geschäft belebt. Es ist zumindestens ein Ansatz, dass man da durchaus einen Weg finden kann.

SCHWERIN, DUMMERSTORF

Was ist denn nun die Energie der Zukunft. Wenn wir schon den Energiewissenschaftlicher hier haben, der selbst die Energie entwickeln könnte, um die Nachfrage zu bedienen. Die nachwachsenden Rohstoffe sind es offensichtlich nicht, wenn ich meine eigene Frage beantworte, die nicht ganz ernst gemeint war, wird Biosprit die Klimaprobleme lösen? Das wird es nicht, die kann ich beantworten, aber wie werden wir die Probleme mit dem zukünftigen Energiebedarf und auch natürlich mit dem jetzt schon vorhandenen Anforderungen an alternative

Energieformen zur Lösung der Klimaproblematik in den Griff bekommen. Was sind die Lösungsansätze? Können Sie das ganz kurz skizzieren?

ANTWORT

Ich habe die Lösung nicht. Wenn man sich anschaut, wo die größten Wachstumsraten bei der Energienachfrage sind, dann ist es zum einen der Bereich der Mobilität. Auch damit werden wir in der Energie keinen Blumentopf gewinnen können. Sie kennen alle die enormen Wachstumsraten in China und Asien. Ein weiterer Punkt ist die zunehmende Stromnachfrage in ländlichen Gebieten von Entwicklungsländern, auf städtischen Gebieten. Ebenfalls steigt der Bedarf an Koch- und Heizenergie. Alle Märkte wachsen, wobei die Mobilität nach meiner Wahrnehmung am stärksten wächst. Wie kann ich diesen Energiebedarf decken? Kohle, Öl und Gas sind nun mal noch verfügbar. Ich denke aber auch, dass im konventionellen Energiesystem, d. h. Kohle, Öl und Gas noch erhebliche Effizienzmöglichkeiten sind, die man einfach bei 120/130 US-Dollar pro Barrel sukzessive erschließen wird. Das wird automatisch kommen. Wenn man sich die Entwicklung bei der Ölheizung in den letzten 30 Jahren anschaut, wird einiges deutlich. Da waren wir bei 70 % Wirkungsgrad und jetzt sind wir bei 100 %. Da sind wir dann am Ende der Fahnenstange. Das ist nur die Situation in Deutschland, das ist weltweit nicht so. Wenn man schaut wie das in anderen Regionen aussieht, z. B. Südafrika; dort sind Wirkungsgrade von unter 5 %, der Rest geht in die Atmosphäre. Nach meinem Dafürhalten ist es unsere Aufgabe als Industrienation Technologien zu entwickeln, die einen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Bei hohen Energiepreisen müssen dringend neue Technologien erschlossen werden!

Ökobilanzen von Biogas und anderen Bioenergien



1 Einleitung

Bioenergie, wie beispielsweise der durch Umesterung von Rapsöl gewonnene Biokraftstoff RME, gilt allgemein als besonders umweltfreundlich, ist sie doch – zumindest auf den ersten Blick – CO₂-neutral und bioabbaubar, spart fossile Rohstoffe ein, verursacht bei ihrer Verbrennung keine nennenswerten Schwefelemissionen und vieles andere mehr. In Teilbereichen mag eine solche Charakterisierung auch durchaus zutreffen, so z. B. bei der direkten Verbrennung, wo exakt nur die Menge CO₂ freigesetzt wird, die zuvor beim Anbau der Energie liefernden Pflanzen der Atmosphäre entzogen wurde. Betrachtet man aber den gesamten Lebensweg von Bioenergieträgern von der Produktion der Biomasse über die Konversion bis hin zur energetischen Verwertung, so sind die genannten Vorteile nicht unbedingt systemimmanent: So werden beispielsweise für die Produktion der Dünge- und Pflanzenschutzmittel wie auch für den eigentlichen landwirtschaftlichen Anbau zum Teil erhebliche Mengen an fossilen Energieträgern verwendet. Zudem ist der Einsatz fossiler Energien mit klimarelevanten Emissionen verbunden, womit nach Einbezug des gesamten Lebensweges auch die CO₂-Bilanz nicht mehr von vornherein neutral ist. Und wird, wie das teils bei Palmöl der Fall ist, tropischer Regenwald abgeholzt, um neue Ölpalmplantagen zu etablieren, dann wird die gesamte Klimagasbilanz auf viele 100 Jahre sogar negativ [1].

Über Ökobilanzen, bei denen die vollständigen Lebenswege der Bioenergieträger wie auch der durch

sie substituierten konventionellen Energien betrachtet und verglichen werden, lassen sich entsprechende Auswirkungen der Bioenergieträger auf die Umwelt quantifizieren.

2 Vorgehensweise und Ergebnisse

Die ökologischen Vor- oder Nachteile von Bioenergieträgern können nicht auf Anhieb aufgelistet und bewertet werden, sondern müssen sehr sorgfältig und unter Einbeziehung des gesamten Systems und nicht nur bestimmter Ausschnitte ermittelt werden. Dies kann mit so genannten Ökobilanzen, bei denen - zumindest vom theoretischen Ansatz her - die gesamte Bandbreite der Umweltverträglichkeit betrachtet wird, sachgerecht durchgeführt werden.

Einige der in den letzten 15 Jahren entstandenen Ökobilanzen, in denen Bioenergieträger mit fossilen Energieträgern verglichen wurden, werden hier zusammengefasst ([2] bis [7]). Dabei wird besonderen Wert darauf gelegt, dass die erhaltenen Ergebnisse miteinander vergleichbar sind, d. h., dass die zugrunde gelegten Annahmen wie Bezugsjahr und Systemgrenzen zueinander passen. Im Einzelnen werden die Umweltauswirkungen verschiedener Bioenergieträger mit ihren fossilen Pendanten aber auch untereinander verglichen. So zum Beispiel (Auswahl):

- Weizen mit Heizöl EL in Heizwerk
- Miscanthus (Chinaschilf) mit Heizöl EL in Heizwerk
- Pappel mit Heizöl EL in Heizwerk / HKW / KW

- Biogas (Silomais) mit Heizöl/Erdgas, diverse Anwendungen
- Biogas (Gülle) mit Heizöl/Erdgas, diverse Anwendungen
- ETBE aus Zuckerrüben mit MTBE als Additiv in Benzin
- Ethanol aus Zuckerrüben mit Ottokraftstoff (PKW)
- Ethanol aus Weizen mit Ottokraftstoff (PKW)
- Ethanol aus Lignozellulose, innov. mit Ottokraftstoff (PKW)
- Rapsölmethylester (RME) mit Diesel (PKW / LKW)
- BTL (biomass to liquids) mit Diesel (PKW / LKW)
- Palmöl mit Heizöl EL in Heizwerk / HKW

Alle Bioenergieträger werden, wie das bei Ökobilanzen üblich ist, über ihre gesamten Lebenswege hinweg bilanziert. Abb. 1 zeigt hierfür beispielhaft schematisch den Lebenswegvergleich zwischen Ottokraftstoff und Bioethanol. Grundsätzlich wurden auch alle Zusatzstoffe und Nebenprodukte berücksichtigt. Letztere werden den Bioenergieträgern in der Bilanz als Gutschriften über so genannte Äquivalenzprozessbilanzierungen angerechnet. Darüber hinaus

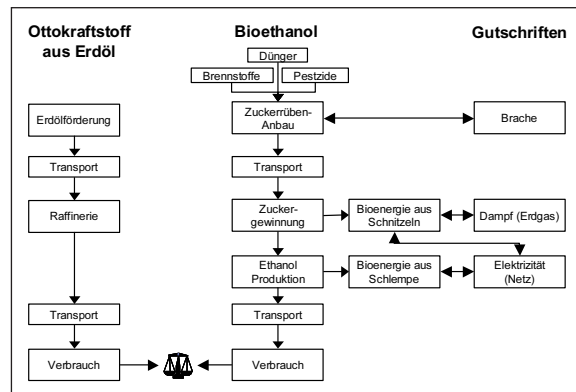


Abbildung 1: Schematischer Lebenswegvergleich von „Bioethanol aus Zuckerrüben mit Ottokraftstoff“ (optimale Bedingungen)

werden auch landwirtschaftliche Referenzsysteme miteinbezogen. Wichtige Details der Festlegungen, Systemgrenzen und bei Bioenergieträgern angewandte methodische Vorgehensweise finden sich z. B. in [8] und [9].

Entsprechend der Vorgehensweise bei Ökobilanzen werden in einem ersten Bilanzierungsschritt zunächst alle Umweltauswirkungen auf der Basis einzelner Parameter wie CO₂-Emissionen im Rahmen einer Sachbilanz ermittelt und in der so genannten Wirkungsabschätzung weiterverarbeitet. Bei diesem Schritt wird die Vielzahl der einzelnen untersuchten Parameter in Umweltwirkungskategorien wie u. a. „Ressourcenverbrauch“, „Treibhauseffekt“, „Versauerung“, „Eutrophierung“ oder auch „Photosmog“ zusammengefasst ([8], [10] und [11]). Beispielsweise werden hierbei alle klimarelevanten Gase wie CO₂, Methan, Lachgas und die FCKW zu einem Gesamtklimagaspotenzial, ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten, zusammengefasst. Tabelle 1 zeigt beispielhaft für Ethanol aus Zuckerrü-

Tabelle 1: Ergebnisse der Ökobilanz für Ethanol aus Zuckerrüben verglichen mit Ottokraftstoff bezüglich der betrachteten Sachbilanz- und Wirkungsabschätzungs-Parameter (Quelle: [12])

Sachbilanz Parameter	Einheit	Zucker-rübe		Wirkungskategorie Parameter	Einheit	Zucker-rübe	
		je ha ^a 1) Standard	Optimum			je ha ^a 1) Standard	Optimum
Erdgas	MJ	1.885	-643	Energiebedarf ²⁾ (CED)	GJ	-88	-124
Steinkohle	MJ	-3.456	-2.237				
Braunkohle	MJ	-4.407	-3.228				
Uranerz	MJ	-4.393	-3.175	Treibhauseffekt (CO ₂ -Äquivalente)	kg	-5.442	-7.332
Wasser	MJ	-545	-380				
Kalk	kg	45	81	Versauerung (SO ₂ -Äquivalente)	kg	13	32
Rohphosphat	kg	126	228				
Schwefel	kg	8	15				
Kalium	kg	811	1.475	Eutrophierung (PO ₄ -Äquivalente)	kg	2	5
Natriumchlorid	kg	0	0				
Tonminerale	kg	0	0				
CO ₂ (fossil)	kg	-6.303	-9.029	Photosmog (C ₂ H ₄ -Äquivalente)	kg	-2	-1
CH ₄	kg	-1	-2				
SO ₂	kg	2	4				
NO _x	kg	5	22				
HCl	g	-10	131				
NH ₃	kg	4	7				
CO	kg	2	6				
NMHC	g	-3.624	-3.352				
Diesel Rußpartikel	g	0	0				
Staub	g	-362	761				
Formaldehyd	g	29	70				
Benzol	g	-30	17				
Benzo(a)pyrene	mg	2	1				
TCDD-Äq.	ng	-394	-21				
N ₂ O	kg	3	6				

1): Die Einheit "ha*a" zeigt an wie viel Energie und Emissionen eingespart oder zusätzlich verbraucht/emittiert wird/werden, wenn die je Hektar und Jahr produzierte Ethanolmenge die entsprechende Menge Kraftstoff in einem Fahrzeugmotor ersetzt; positive Zahlen bedeuten ein günstiges Ergebnis für die fossilen Energieträger, negative Zahlen ein günstiges Ergebnis für Bioethanol.

2): Rohöl, Erdgas, Uranerz, Steinkohle und Braunkohle

ben das Ergebnis der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung. Daran schließt sich die Interpretation bzw. Bewertung der Ergebnisse an.

Die Interpretation der Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung erfolgt unter verschiedenen Gesichtspunkten in Abhängigkeit der jeweils zugrunde liegenden Fragestellung. Zum Beispiel können dabei Bioenergieträger mit fossilen Energieträgern verglichen werden oder auch untereinander. Bei Anbaubiomasse kommt z. B. auch eine Interpretation über die besten Flächeneffizienzen in Frage.

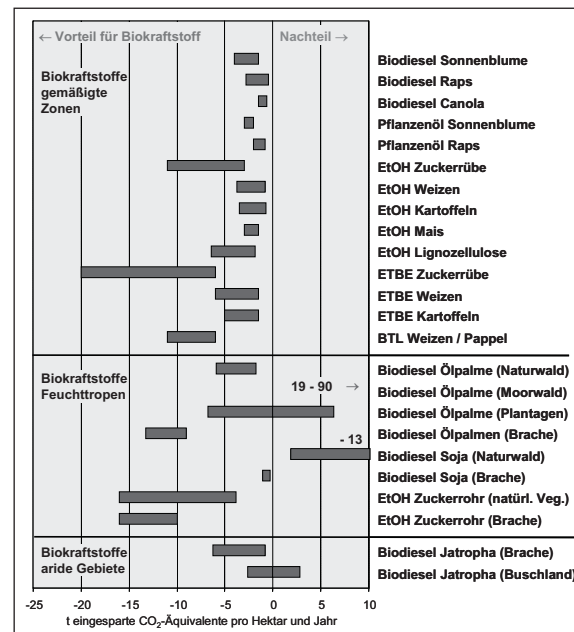


Abbildung 2: Treibhausgasbilanzen für verschiedene Biokraftstoffe aus unterschiedlichen Rohstoffen und Regionen mit jeweils unterschiedlichen Flächenvornutzungen unter vollständiger Berücksichtigung der gesamten Produktionskette des Biokraftstoffs gegenüber der des jeweiligen fossilen Pendant (Quelle: [12]).

3 Bilanzergebnisse und Diskussion

In den Abbildungen 2 bis 4 sind Ergebnisse vollständiger Lebenswegvergleiche verschiedener Bioenergieträger, jeweils verglichen mit ihren fossilen Pendanten, zusammengestellt. Positive Werte zeigen Vorteile für die fossilen Energieträger und negative Werte bedeuten Vorteile für die Bioenergieträger. Da die Verfügbarkeit landwirtschaftlicher Nutzfläche den am stärksten limitierenden Faktor für die Produktion von Bioenergieträgern darstellt, sind die Ergebnisse für die Bioenergieträger aus Anbaubiomasse flächenbezogen (je Hektar) angegeben.

Der Vergleich der Ergebnisse der Treibhausgasbilanzergebnisse für die verschiedenen Biokraftstoffe (Abb. 2) zeigt eine Reihe an Ergebnissen: Beispielsweise fallen nicht alle Ergebnisse zugunsten der Biokraftstoffe aus, beispielsweise dann, wenn kohlenstoffreiche Ökosysteme (wie tropischer Regenwald) für den Anbau von Energiepflanzen gerodet werden oder die Umwandlungstechnologien (Biomasse in Biokraftstoff incl. Nebenproduktnutzung) ineffizient sind. Die Bandbreiten zeigen, dass es durchaus größere Ergebnisunterschiede für ein und denselben Biokraftstoff geben kann, z. B. durch Unterschiede in der landwirtschaftlichen Produktion, der Verarbeitung

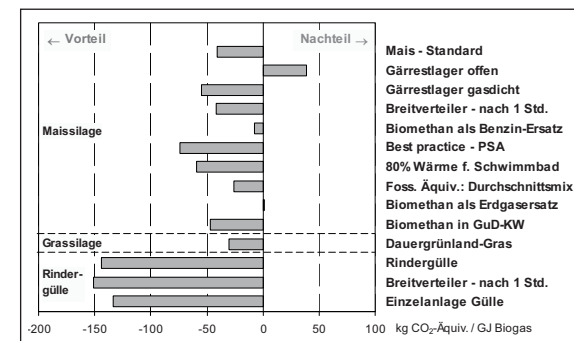


Abbildung 3: Treibhausgasbilanzen für verschiedene Biogaspfade aus unterschiedlichen Rohstoffen, verschiedenen Produktionstechnologien bzw. Handhabungen und Nutzungsoptionen unter vollständiger Berücksichtigung der gesamten Produktionsketten (Quelle: [12]).

der Rohstoffe oder auch der Nutzung der Nebenprodukte. Dadurch ergeben sich bei praktisch allen Bioenergieoptimierungspotenziale.

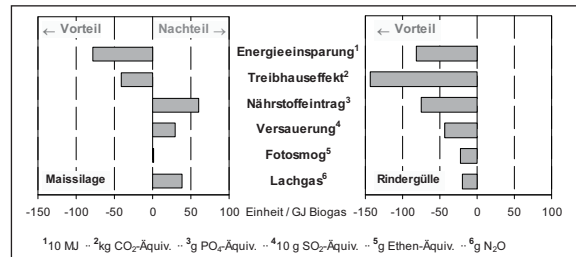


Abbildung 4: Vor- und Nachteile ausgewählter Umweltwirkungen für Biogas aus Mais bzw. Gülle jeweils über die vollständigen Lebenswegvergleiche betrachtet (Quelle: [12]).

Die in den Abbildungen 3 und 4 dargestellten Ergebnissen zeigen ebenfalls mehrere Zusammenhänge: So zeigt das linke Beispiel einen für viele Bioenergie-träger geltenden Zusammenhang, nämlich, dass die Bioenergie-träger im Vergleich zu ihren fossilen Pendanten in der Regel sowohl ökologische Vorteile wie auch Nachteile aufweisen. Für die meisten Lebenswegvergleiche fallen die Ergebnisse der Parameter „Energiebedarf“ und „Treibhauseffekt“ zugunsten der Bioenergie-träger aus, wogegen die Bioenergie-träger ebenfalls in der Regel Nachteile bei der Versauerung und der Eutrophierung aufweisen. Beim Photosmog, dem Ozonabbau und der Human- bzw. Ökotoxizität gibt es keine einheitlichen Ergebnisrichtungen. Dies bedeutet, dass eine objektive Entscheidung für oder gegen den einen oder anderen Bioenergie-träger oder fossilen Energieträger nicht möglich ist. Aus diesem Grund muss die Gesamteinschätzung letztendlich auf ein subjektives Wertesystem zurückgreifen ([13]). Sollten beispielsweise in einer abschließenden Einschätzung der Schonung fossiler Ressourcen und der Verminderung des Treibhauseffektes die höchsten Prioritäten eingeräumt werden, wäre eine Einschätzung zugunsten der Bioenergie-träger gerechtfertigt.

Das rechte Beispiel der Abb. 4 zeigt aber auch, dass es Ausnahmen von dieser allgemeinen Tendenz gibt:

Bei allen betrachteten Umweltwirkungen schneidet Biogas aus Gülle günstiger als herkömmliche Energiebereitstellung ab.

4 Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick

- Alle betrachteten Bioenergie-träger weisen im Vergleich zu ihren konventionellen Pendanten in der Regel sowohl ökologische Vorteile wie auch Nachteile auf. Dies gilt teilweise auch beim Vergleich der Bioenergie-träger untereinander, wobei sich hier auch einige eindeutige Ergebnisse finden. Somit ist eine Entscheidung für oder gegen den einen oder anderen Bioenergie-träger auf objektiver Basis in den meisten Fällen nicht möglich, jedoch kann eine Entscheidung mit Hilfe eines subjektiven Wertesystems getroffen werden.
- Besonders günstig fallen die Ergebnisse dann aus, wenn Biomasse auf degradierten oder degenerierten Flächen durch Aufforstung oder Urbarmachung gewonnen werden kann, wie das beispielsweise bei Palmöl oder Jatropha derzeit diskutiert wird. Allerdings sind hierbei in besonderem Maße die Auswirkungen auf die Biodiversität zu berücksichtigen, um eine aus ökologischer Sicht gesamthafte nachhaltige Bioenergieproduktion zu gewährleisten.
- Besonders ungünstig fallen die Ergebnisse dann aus, wenn kohlenstoffreiche Ökosysteme für die Produktion von Bioenergie umgewandelt werden wie beispielsweise Tropenwälder oder moorige Standorte in Europa oder auch ein Grünlandumbbruch etwa zum Anbau von Mais als Biogassubstrat.
- Große ökologische Potenziale zeigt die Nutzung von organischen Reststoffen wie Gülle, Reststroh aus der Landwirtschaft und Restholz aus der Forstwirtschaft. Bei Anbaumasse zeigen hocheffiziente Biomassen mit möglichst geringem Betriebsmitteleinsatz wie Kurzumtriebsholz die günstigsten Ergebnisse.
- In der Regel zeigt die stationäre Nutzung der Biomasse ökologische Vorteile gegenüber einer mobilen Nutzung. Dazu zählen insbesondere die

Getreideganzpflanzennutzung oder Holzhack-schnitzel aus Kurzumtriebsplantagen zur Strom-, Wärme- oder kombinierter Strom- und Wärmebereitstellung. Ausnahmen bestimmen die Regel. So zeigt beispielsweise Ethanol aus Zuckerrübe und Zuckerrohr bei günstiger Gesamtkonzeption vergleichbare Ergebnisse.

- Die vergleichsweise günstigsten Ergebnisse werden dann erhalten, wenn durch Bioenergieträger Kohle ersetzt wird, gefolgt von Heizöl und anschließend Erdgas. Dementsprechend sollten alle Anstrengungen in die Richtung gehen, zukünftig vor allem Kohle durch Biomasse zu ersetzen.
- Heute auf dem Markt befindliche Biokraftstoffe zeigen gegenüber den so genannten Biokraftstoffen der zweiten Generation wie BTL oder Ethanol aus Lignozellulose keine genuinen ökologischen Vor- oder Nachteile.
- Biogas weist große ökologische Potenziale auf, insbesondere bei Einsatz in Kraft-Wärme-Koppelung. Der Einsatz von Energiepflanzen zur Biogasgewinnung ist ebenso wie ein Einspeisen des aufbereiteten Biogases in das Erdgasnetz nur unter bestimmten Randbedingungen ökologisch vertretbar.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

- Für viele Bioenergieträger liegen aussagekräftige Ökobilanzen vor, so dass für den Entscheidungsträger für viele Bereiche genügend Informationen über die ökologischen Vor- und Nachteile existieren – zumindest auf qualitativer oder halbquantitativer Ebene.
- Zur exakten Quantifizierung muss im Einzelfall eine entsprechende Bilanz angefertigt werden, die die betrachteten Randbedingungen sachgerecht abbildet. Die Ökobilanz stellt hierfür ein geeignetes Instrument dar. Zusätzlich kann die Ökobilanz helfen, mittels Schwachstellen- und Sensitivitätsanalysen die Lebenswege der Bioenergieträger hinsichtlich ihrer positiven Umweltwirkungen zu optimieren bzw. die negativen Implikationen zu minimieren.

- Unter Umständen ist gegebenenfalls zusätzlich das Umweltinstrument der UVP (Umweltverträglichkeitsprüfung) anzuwenden, wenn örtliche oder regionale Belange von besonderer Bedeutung sind.
- Last but not least muss berücksichtigt werden, dass zukünftig Biomasse zunehmend auch durch alternative Einsatzmöglichkeiten wie insbesondere in der Chemie und der Industrie nachgefragt wird. Dementsprechend müssen Strategien für einen zukünftig verstärkten Biomasseeinsatz außerhalb des Nahrungs- und Futtermittelsektors im Einklang mit allen anderen Nutzungsnachfragesektoren in Energie, Verkehr, Chemie und Industrie entwickelt werden. Hierbei sind insbesondere die Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung zu berücksichtigen.

Kurzfassung

Bereits zu Beginn der Neunziger Jahre erschienen erste Ökobilanzen, die sich mit dem Vergleich von fossilen Energieträgern mit Bioenergieträgern auseinandergesetzt haben. Seitdem ist die Anzahl der untersuchten Bioenergieträger und der berücksichtigten Parameter kontinuierlich angestiegen und auch die Untersuchungsmethodik wurde verbessert. Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über Ökobilanzen von Bioenergieträgern. Er basiert auf der Zusammenführung verschiedener Studien über die Produktion und die Verwendung von Bioenergieträgern in unterschiedlichen Anwendungsbereichen: Strom- und Wärmeproduktion wie auch im Transportsektor. Betrachtet werden alle, d. h. feste, flüssige und gasförmige Bioenergieträger. Aus dem Vergleich mit ihren fossilen Pendanten aber auch untereinander wird eine Fülle von Ergebnissen gewonnen und daraus von Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Literaturverzeichnis

- (1) Pastowski, A. (WI), Reinhardt, G.A.(IFEU) et al.: Sozial-ökologische Bewertung der stationären energetischen Nutzung von importierten Biokraftstoffen am Beispiel von Palmöl. Erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Berlin, durch Wuppertal-Institut und IFEU-Institut. Wuppertal/Heidelberg 2007.

- [2] Netherlands Agency for Energy and the Environment (NOVEM) (coordinator) with 18 project partners: Shift Gear to Biofuels. Results and Recommendations from the VIEWLS Project. Supported by the European Commission. 2006
- [3] World Watch Institute (WWI) in cooperation with GTZ and FNR: Biofuels for transportation. Global potential and implications for sustainable agriculture and energy in 21st century. Prepared for the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV), Germany. Washington D.C. 2006.
- [4] Nitsch J., Krewitt W., Nast M., Viebahn P. (DLR), Gärtner S.O., Pehnt M., Reinhardt G.A., Schmidt R., Uihlein A. (IFEU), Scheurlen K. (IUS), Barthel C., Fishedick M., Merten F. (WI): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. German Aerospace Center (DLR), Institute for Energy and Environmental Research (IFEU) and Wuppertal Institute (WI) for the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. Stuttgart/ Heidelberg/ Wuppertal 2004.
- [5] Quirin M., Gärtner S.O., Pehnt M., Reinhardt, G.A. CO₂-neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe: Eine Bestandsaufnahme. Institute for Energy and Environmental Research (IFEU) for the Research Association Combustion Engines (FVV). Frankfurt a.M. 2004.
- [6] Bioenergy for Europe: which ones fit best? A comparative analysis for the community. Final report. Institute for Energy and Environmental Research (IFEU) (coordinator) with BLT (A), CLM (NL), CRES (GR), CTI (I), FAT/FAL (CH), INRA (F), TUD (DK). Supported by the European Commission. DG XII; 09/1998 – 08/2000.
- [7] CONCAWE and EUCAR for the Joint Research Centre (JRC) of the European Commission: Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. Version 2b, May 2006. Brussels 2006.
- [8] Borken J.; Patyk A.; Reinhardt G.A. (1999): Basisdaten für ökologische Bilanzierungen: Einsatz von Nutzfahrzeugen für Transporte, Landwirtschaft und Bergbau. Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden
- [9] Kaltschmitt M.; Reinhardt G.A. (eds.) (1997): Nachwachsende Energieträger: Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung. Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden
- [10] CML & TNO & B&G (1992): Environmental Life Cycle Assessment of Products. Guide (Part 1) and Backgrounds (Part 2), prepared by CML, TNO and B&G, Leiden
- [11] Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change. Third Assessment Report and follow-ups. Cambridge 2001/2007.
- [12] Reinhardt, G.A., Gärtner, S. et al.: Berechnungen und Abschätzungen. IFEU-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, 2008
- [13] Reinhardt G.A.; Zemanek G. (2000): Ökobilanz Bioenergieträger. Bewertung von Lebenswegvergleichen „Bioenergieträger versus fossilen Energieträgern“. Erich Schmidt Verlag, Berlin

Diskussion

JUNG, KIEL

Jetzt will ich einmal ein bisschen provozieren. Ich bin hier im außen stehenden Gebiet (Pflanzenzüchter/Molekular), komme aber ein wenig in der Welt rum und diese Öko-Bilanzen, die Sie aufgestellt haben, die geben mir ein bisschen zu denken. Ich meine man muss differenzieren und man muss die menschliche Komponente auch beachten. Sie denken sicherlich an Länder wie Indonesien, Brasilien, Rodung des Regenwaldes, wo auch noch relativ viel Regenwald vorhanden ist. Ich denke auch an ein Land wie Bangladesch, was ich recht gut kenne. In so einem Land mit 140 Mio. Einwohnern, ca. 1/3 der Fläche von Deutschland, die stellen sich diese Fragen gar nicht, weil die Fläche zu fast 100 % genutzt wird zur Erzeugung von menschlichen Nahrungsmitteln, zur Erzeugung natürlich auch von Energie, denn die Menschen brauchen auch Energie und Biomasse spielt dort eine große Rolle. Das heißt also, diese Bilanz wird dort sicherlich ganz anders gesehen als bei uns oder auch in einem Land wo relativ viel Fläche vorhanden ist. Und wenn man sieht, in Indonesien, die werden auch bald 400 bis 500 Mio. Menschen haben, da werden diese Bilanzen sicherlich auch anders gesehen werden.

Und jetzt komme ich mal auf den Vergleich, den Sie gezogen haben, Zuckerrübe zum Beispiel, Deutschland Soja verglichen mit Brache oder Regenwald in z. B. Indonesien oder Brasilien. Ist es fair, wenn – ich komme aus einer Gegend hier in Schleswig-Holstein, die Gegend heißt Dänischer Wohld (Wohld heißt Wald). Da gibt es keinen Wald, da ist nichts. Früher



gab es da wohl mal Wald, heute gibt es da nur Ackerfläche. Die natürliche Vegetation in Deutschland ist ja auch nicht die Zuckerrübe und der Mais, sondern hauptsächlich Wald. So war er ja vor 2.000 Jahren mal, als der Mensch noch nicht so in die Natur eingegriffen hat. Das heißt, müssen wir nicht auch den Vergleich machen, ich sag mal Zuckerrübe mit Wald zum Beispiel. Sind solche Vergleiche legitim? Werden die durchgeführt? Und sind die dann vielleicht auch im internationalen Vergleich, wenn man mit Leuten aus solchen Entwicklungsländern spricht fair?

ANTWORT

Also was ganz wichtig ist bei Öko-Bilanzen, aber sicherlich auch bei vielen anderen Fragestellungen, die Frage erst einmal zu formulieren. Von daher ist Ihr Hinweis richtig, einen guten Überblick über unterschiedliche Öko-Bilanzen mit unterschiedlichen Fragestellungen zu geben und die Zeit reicht dann natürlich nicht aus, für die einzelnen Fragestellungen.

Zuerst steht die Frage im Raum und dann können wir als Wissenschaftler die Systemgrenzen und Rahmenbedingungen setzen, die zur Beantwortung der Frage notwendig sind. Und wenn vom Ministerium die Frage kommt ausgehend von heute, wie entwickelt sich der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre durch eine zukünftige Bioenergienutzung, dann fangen wir mit dem Zeithorizont heute an und werden dann ein zukünftig zu erwartendes Abschlagen von tropischen Regenwäldern entsprechend berücksichtigen. Bei anderen Fragestellungen, gehen wir auch teilweise

zurück. Viele 100 Jahre oder auch nur 10 Jahre. Kyoto zwingt uns beispielsweise beim Jahr 1990 anzusetzen. Also insofern müssen wir einfach unterscheiden. Zum einen ist die Öko-Bilanz in der Lage, relativ und so objektiv wie möglich, genau die Zahlen zusammenzutragen, die eben der Fragestellung entsprechen, aber die Gesellschaft oder der Einzelne ist natürlich angehalten, die Frage sauber zu formulieren. Und dass natürlich die Ministeriumsvertreter aus Brasilien auf ganz großen Tagungen der FAO (wir bereiten gerade die Konferenz vor) völlig andere Fragen im Kopf haben, als die Fragen, die wir hier in Europa haben oder wenn aus Tansania oder sagen wir einfach mal Mozambique, das ist eines der Lieblingsländer derzeit, die angegangen werden, um Bioenergie dort als Form von Programmen anzubauen, umgesetzt werden. Also insofern haben Sie Recht, werden wir wirklich differenzieren müssen. Umgekehrt will ich aber sagen, die Öko-Bilanz ist in der Lage, Ihnen Antworten auf die Fragen zu geben die Sie haben.

BAHRS, WIEN

Sie haben dargestellt, mit welchen Rohstoffen, mit welchen Verwendungsschienen absolute CO₂-Einsparungen erreicht werden können. Insbesondere vor dem Hintergrund des Klimaschutzes. Muss man denn nicht gleichzeitig die Frage stellen, mit welchen Kosten erreiche ich diese CO₂-Einsparung und wenn ich das mit ins Kalkül ziehe, gibt es dann vielleicht gegebenenfalls erhebliche Verschiebungen in ihrem Diagramm, so dass man z. B. zu der Aussage gelangt, Phenol erscheint beim CO₂-Einsparpotential sehr vorzüglich, berücksichtige ich aber die CO₂-Vermeidungskosten verschiebt sich das gegebenenfalls wieder erheblich nach links, ohne dass jetzt politisch bewertet wissen zu wollen. Und wie sieht dann insgesamt ein derartiges Diagramm aus? Machen sie also eine zweistufige Vorgehensweise, absolutes Einsparpotential und dann CO₂-Vermeidungskosten oder hören sie beim CO₂-Vermeidungspotential auf.

ANTWORT

Also die Öko-Bilanz hört in der Tat bei den Um-

weltwirkungen auf und was darüber hinaus gemacht wird dann im Bereich des ökonomischen und der sozialen Untersuchungen, was wir ja durchaus im Rahmen der gesamten Nachhaltigkeitsdiskussion weiter führen, werden genau solche Fragestellungen dann auch angegangen und wenn ich heute angefragt worden wäre über CO₂-Vermeidungskosten oder SO_x-Vermeidungskosten oder Dioxinvermeidungskosten Ihnen etwas zu präsentieren, hätte ich das auch machen können. Bei den CO₂-Vermeidungskosten kann ich Ihnen eine Hausnummer nennen. Wir haben, wenn wir hier CO₂ einsparen wollen pro Tonne, bei den Pellets irgendwo was zwischen fünf und acht €, bei den Biokraftstoffen sind wir bei 200-300 €, bei Fotovoltaik bei 1.000 €. Also hier haben wir deutliche Größenunterschiede. Da brauchen wir uns nicht um 1 oder 2 Euro zu streiten. Was auch immer eingerechnet wird, was vielleicht nicht eingerechnet werden darf, sondern hier haben wir wirklich ganz große Unterschiede und bei den Biomassen auch mit der Chemie. Zurzeit ist das alles nicht wettbewerbsfähig. Auch wenn man bei der Chemie nachfragt, Phenol und anderes zu produzieren aus der Erdölchemie. Selbst bei 150 Dollar sind die Phenole und andere noch günstiger, aber die arbeiten ja jetzt schon an Fassaden, denn wenn Sie in diese Bioraffinerien gehen, da wird nicht von heute auf morgen entwickelt. Da braucht man einen Entwicklungszeitraum von 10 bis 15 Jahren und da wird jetzt schon daran gearbeitet, denn wenn der Erdölpreis mal bei 200 oder 250 sein sollte (dann wäre auch Kohleverflüssigung wettbewerbsfähig), dann wäre der break-even point erreicht für die chemische Industrie, TTO, Äthylen und vieles andere zu produzieren.

GEROWITT, ROSTOCK

Ich möchte zunächst noch einmal das aufgreifen, was der Kollege Jung angesprochen hatte, nämlich bei der Bewertung einiger kritischer Prozesse fiel auf, dass, wenn das von Brachen oder schon degradierten Boden passiert, dann war das bei Ihnen deutlich positiver. Und da stellt sich doch schon die Frage nach dem Zeitfenster. Sie haben ja eingeleitet, dass

die Systemgrenzen sehr wichtig sind und ich würde mir, gerade weil Sie auch darauf hingewiesen haben, wie unterschiedlich die Zeiten sind bis sich bestimmte Dinge wieder regeneriert haben, doch wünschen, dass so ein Zeitfenster irgendwie berücksichtigt wird bei den Systemgrenzen, die Sie hier dargelegt haben.

Weiterhin interessiert mich ein anderer Aspekt:

Sie haben die Öko-Punkte aus der Schweiz so vehement kritisiert. Da würde mich interessieren, wohin eigentlich Ihre Kritik genau geht. Das überhaupt zu tun oder der Weg, die Einzelheiten, die die Schweiz da beschritten hat. Weil ich doch auch hier in der Runde dazu schon ein paar Mal bemerkt habe, dass alle gern so eine Aussage wollen. Und eigentlich wollen wir das ja alle gern. Wir wollen unterstützt werden in bestimmten Entscheidungen. Konsumentenscheidungen sind heute schon gefallen und das ist doch eigentlich ein Weg, den wir auch wahrnehmen sollten.

ANTWORT

Zum ersten ist es so, wenn Sie in die Detailbilanzen dann hineinschauen, selbst in die publikumswirksamen Veröffentlichungen, die dann beispielsweise von WWF skizziert werden, wo dann unsere Zahlen vorkommen, da sehen Sie diesen Zeithorizont. Ganz wichtig, dass der in der Tat auch betrachtet wird. Wobei ich zusätzlich jetzt auch eine Lanze brechen muss, dass nicht auch die Brachen nur immer nur das Beste darstellen. Also wir haben auch sehr sehr deutlich formuliert, dass das Anpflanzen von Bioenergieträgern auf Brachen bestimmten Nachhaltigkeitskriterien genüge leisten muss. Denn auch Brachflächen in den Tropen haben durchaus gewissen ökologischen Wert und hier gilt es dann auch mit einer gesunden Mischung diese Flächen in Anspruch zu nehmen. In Indonesien beispielsweise haben wir 20 Mio. Hektar AlanAlan Gras bestandene Flächen. Davon ist einiges nutzbar, weil aus biologischer Sicht so ein Öko-System wirklich relativ wertlos ist. Aber man muss aufpassen, dass man nicht grundsätzlich alle entsprechende Fläche dann auch nimmt, bis hin zu

Zerado in Brasilien und andere Flächen, die durchaus einen ökologischen Wert haben, vor allem im Sinne der Biodiversität.

Bei den Ökopunkten ist es so, ich finde an sich das System eigentlich super. Es hilft überhaupt einen gewissen Bekanntheitsgrad und ein Bewusstsein in der Bevölkerung für ökologische Fragestellung zu finden. Das wurde ja auch heftig diskutiert, es ist auf jeden Fall hilfreich. Denn 70 bis 80 % der Bevölkerung kümmern sich heute um die Themen gar nicht und so kann man überhaupt das Thema aktualisieren und nach vorne bringen. Nur inhaltlich gesehen ist es insofern zu kritisieren, weil hier versteckt Werthaltungen enthalten sind, die bei anderen Werthaltungen dann zu anderen Ergebnissen führen würden und wir haben ja hier in Deutschland, eine kleine Abschweifung, die große Mehrweg/Einwegverpackungsstudie erstellt, die von Toepfer abgelehnt wurde, so dass es zu dieser Quote kommt für Verpackungen und dann musste Trittin den Zwangspfand einführen. Und unser Ergebnis war, dass unter bestimmten Randbedingungen die Mehrwegflasche besser ist als die Einwegflasche, aber nicht immer. Und dass die Alu-Dose auch zu bestimmten Randbedingungen günstiger ist als eine andere Verpackung, aber auch nicht immer. Um das zu differenzieren, auch in der Gesellschaft mit Randbedingungen, ist unheimlich schwierig. Aber wenn sie eine Mehrwegflasche vom Guinesbier aus Irland hier nach Deutschland importieren und wieder zurückschippern, dann ist es mit unseren Bilanzen eine Katastrophe. Und dann ist auch die Mehrwegflasche nicht das Günstige. Und das geht unter, wenn Sie quasi dann aggregieren und einfach nur 15 Öko-Punkte darunter schreiben. Aber es ist besser, diesen Weg zu gehen und wenigstens diesen Bevölkerungsanteil noch mit zu wählen, der sich mit solchen Fragestellungen gar nicht beschäftigt. Also absolut grünes Licht, so weiter zu machen. Aber man kann bzw. könnte es vielleicht auch noch besser.

FLACHOWSKY, BRAUNSCHWEIG

So eine Öko-Bilanz kann eigentlich nur so gut sein, wie die Datenbasis ist. Dazu haben Sie überhaupt

nichts gesagt. Ich möchte ein Beispiel aus unserem Leben darstellen. Öko-Institut Darmstadt oder auch die Kollegen in Weihenstephan haben sich ja bemüht, solche Öko-Bilanzen nur für Lebensmittel tierischer Herkunft mitzuteilen. Da wurde z.B. das Kilo Rindfleisch mit 13.301 g CO₂ angegeben. Wenn ich allein die Problematik Lachgas im Blick habe, wir haben uns auch mit solchen Dingen beschäftigt, da kommt man zu der Schlussfolgerung, das schwankt in den Größenordnungen 10 oder 20. Lachgas spielt ja auch bei ihren Betrachtungen eine wesentliche Rolle. Was haben Sie da unterstellt? Wie gehen Sie mit diesen Dingen um, mit dem hohen Treibhauspotential von Lachgas? Das fehlt in der Darstellung. Was sind Ihre Ausgangsbasen. Die haben Sie glücklicherweise oder klugerweise nicht angegeben. Da kann man ja sagen, das liegt alles in dem Bereich, aber wenn man von Instituten Aussagen hört, dann sind die Werte deutlich höher. Da setzt man Zahlen in die Welt und verurteilt irgendwas, was gar nicht zu verurteilen ist. Also ich würde gern zu den Ausgangsdaten etwas hören.

ANTWORT

In der Tat ein nicht ganz einfaches Thema. Bei den ersten Schritten, die wir gegangen sind, sollten wir uns nicht über Nachkommastellen streiten, was in den 90er Jahren noch teilweise gemacht wurde, sondern wir sollten versuchen, nach bestem Wissen und Gewissen Durchschnittswerte abzuleiten, die dann aber durchaus in Bandbreiten einfließen. Wobei man einfach sagen muss, je nach Fragestellung ist es dann auch ein Durchschnittswert. Also wenn ich eine Landwirtschaft von einem Landwirt betrachte der Harnstoff düngt, dann wird dies völlig anders ausfallen, als bei einem durchschnittlichen in Deutschland verwendeten Kilo Stickstoffdünger. Also das ist das Eine. Das Zweite ist, dass wir grundsätzlich und das ist auch vorgeschrieben mittlerweile in der ISO-Norm für Öko-Bilanzen, nachdem die Ergebnisse erhalten wurden, noch mal rückblickend auf die Datenqualität betrachtet wurden. Und entsprechend dort, wo Unsicherheiten auftreten oder große Ergebnisanteile

zu sehen sind, unterschiedliche Variationen einsetzen um Auswirkungen über eine Größenordnung hinaus festzustellen. Entscheidend ist, sind die Ergebnisse in der Ansicht stabil oder nicht. Und da haben wir dann verschiedene Vorgehensweisen, dass wir, wenn wir dann verschiedene Systeme miteinander vergleichen, sicherstellen, dass qualitativ sozusagen immer die gleichen Ergebnisse herauskommen. Dann kommt es nicht so sehr auf den Basalwert an. Ich will damit sagen, es gibt hier verschiedene Vorgehensweisen, dieses Thema zu greifen. Es führt aber auch dazu, dass wir beispielsweise in Deutschland ganz klar mittlerweile dies als Öko-Bilanzierer herausgegeben haben. Wir fragen nicht zur Humantoxizität. Weil das Aggregieren von Dioxinwerten und Schwermetalltoxizitäten und Formaldehyden und was es noch so alles gibt, da ist die Datenbasis über alle Prozesse hinweg nicht ganz ausreichend, und wir glauben nicht, dass die Ergebnisse so stabil sind, dass man Vergleiche anfangen kann. Andere Öko-Bilanzierer, also in anderen Ländern führen diese Werte zusammen und warten dann mit einem Humantoxwert auf. Also hier sind wir weltweit noch nicht so weit zusammen, als dass man hier sagen kann, dass man überall stabil ist. Sie können davon ausgehen, dass zumindest jetzt bei den sehr lange tätigen Ökobilanzierern in Deutschland ein gewisser Konsens vorhanden ist. Dabei werden höchst mögliche Genauigkeiten auf die Datenbasis gelegt. Kleine Probleme haben wir in der Tat zur Zeit mit dem neuen Kundenartikel. Er wohnt ja bei mir um die Ecke. Wir haben uns da auch schon mehrfach zusammengesetzt, dieses Thema zu diskutieren. Also das wird jetzt von EPSS angegangen und da schauen wir, ob man in der Tat den N₂O-Faktor nach oben setzt, also Lachgas ist relativ klimaaktiv und der Nobelpreisträger hat das Ozonloch entdeckt bzw. die Prozesse, die die FCK-Werte und das Ozonloch näher beschreiben. Hier sind wir immer mit der Wissenschaft in der Diskussion, um unser bestmögliches zu tun, aber möglicherweise ergibt sich die eine oder andere Erkenntnis dann in 5 oder 10 Jahren, die dann zu anderen Ergebnissen führt. Da tun wir also nur unser bestes.

HELLMUTH, KIEL

Eine Frage hätte ich, die bei uns, vielleicht nicht nur bei uns in Schleswig-Holstein interessant ist. Bei Biogas ist nicht z. B. auch die Größe der Anlage sehr wichtig für die Frage, wie sich solche Bilanzen ausprägen. Und eine andere Frage ist: Hier ist mehrfach von Kaskaden gesprochen worden und es werden sehr viel Hoffnungen darauf gesetzt. Können Sie aus ihren Betrachtungsweisen heraus Kaskaden definieren, wie die im Verfolgungswert sind.

ANTWORT

Zu 1.: Wir haben das bekannte Spektrum der Biogasanlagen bilanziert. Das geht also von absoluten Kleinstanlagen, über kleine Anlagen, Gemeinschaftsanlagen bis hin zu ganz großen Anlagen. Diese Ergebnisse können sie aus unserem entsprechenden Bericht nachlesen. Mit unterschiedlichen Möglichkeiten auch der Gärrestlagerung, der Restausnutzung, der verschiedenen Substratmöglichkeiten, der Ausbringung, was für die Ammoniakemissionen und damit auch für andere Bereiche, die nicht immer nur für Klimagase eine große Rolle spielen. Insofern ist dies soweit entsprechend abgedeckt.

Ihre 2. Frage zu der Kaskadennutzung. Da haben Sie vielleicht von den Ergebnissen, die rein sportliche Nutzung gesehen, dass sie hier in der Tat in vielen Bereichen nicht all zu prickelnd sind. Insofern lohnt eine Kaskadennutzung nicht unbedingt, um sie jetzt aus politischer Sicht verstärkt anzugehen. Es lohnt allerdings jeweils im Einzelfall zu überprüfen, ob gegebenenfalls eine Weiternutzung oder ein Recycling oder dann auch eine energetische Nutzung jeweils vorteilhaft ist. Ein bioabbaubarer Wertstoff hat nicht unbedingt eine positive Öko-Bilanz, nur weil er bioabbaubar ist oder auch aus einem biologischen Rohstoff kommt. Im Gegenteil, sehr oft haben solche nachwachsenden Rohstoffe sogar eine relativ ungünstige Öko-Bilanz in vielen Bereichen. Negativ fürs Klima, negativ für die Versauerung, negativ für die Eutrophierung etc. Das sind aber nur Tendenzen. Hier muss man wirklich im Einzelfall die Pfade anschauen.

WAGNER, HALLE

Eine Verständnisfrage. Wenn ich das richtig in Erinnerung habe, hatten sie bei der Biogaserzeugung zur Verstromung durch Einsatz von Rindergülle eine durchaus positive Bilanz gehabt. Aber bei Einspeisung in das Erdgasnetz eine schlechtere. Und Sie sagten insbesondere, na ja, wenn damit dann noch Auto gefahren wird. Wo wird denn diese Öko-Bilanz nach hinten abgegrenzt? Wenn wir nicht mit Biogas Auto fahren würden, würden wir mit anderem Gas Auto fahren. Das habe ich nicht verstanden, wie Sie diesen kleinen Nebensatz meinten.

ANTWORT

Also zu Ihrer ersten Frage. Aus den wenig 100 Biogasergebnissen, die wir gerechnet haben, habe ich ihnen ja einmal ein günstiges präsentiert, um Ihnen einfach auch einmal die Bandbreite darzustellen. Sofern ist es ein Ergebnis von vielen Möglichkeiten, aber gerade dann, wenn Sie in das Erdgasnetz einspeisen, haben sie durchaus bei bestimmten Technologien einen Methanschlupf, der dazu führt, weil Methan auch ein Klimagas ist, dass die CO₂-Bilanz, die dann nicht ganz so gut abschneidet als wenn Sie das Biogas direkt vor Ort verstromen. Das zweite mit den Systemgrenzen ist, dass wenn sie Biogas einspeisen in das Erdgasnetz, haben sie eine ganze Reihe unterschiedlicher Möglichkeiten, am Ende positive Energieträger zu substituieren. Sie können Erdgas substituieren, weil es ins Erdgasnetz gegangen ist, Sie können aber auch, wenn Sie das in ein Blockheizkraftwerk verstromen und einen direkten Vertrag haben mit dem Biogashersteller, können Sie auch Durchschnittsproben ersetzen, so dass es hier verschiedene Möglichkeiten der Systemgrenzenziehung gibt. Umgekehrt die Systemgrenzenziehung ergibt sich aus der Fragestellung. Also wenn die Fragestellung ist, dass ein erdgasbetriebenes Fahrzeug Biogas tankt, dann wird man eher Erdgas ersetzen und man wird den gesamten Lebensweg des Biogases mit Erdgas gegenrechnen. Bei anderen Fragestellungen wird man dann Heizöl, Kohle und eventuell Strom entgegenrechnen.

SUSENBETH, KIEL

Ich habe noch eine methodische Frage. Sie hatten auch erwähnt, dass die Kosten zur Einsparung nicht berücksichtigt werden. Die können sehr unterschiedlich sein. Von 5 Euro bis 10 Euro oder 100 Euro. Meines Erachtens ist dies eine wichtige Frage gerade wenn man eine bestimmte Energieform bewerten müsste, oder eine Produktionsform, dann sind diese Kosten ganz entscheidend. Nicht nur, weil wir sie aufnehmen müssen, sondern auch für die Öko-Bilanz. Denn diese 100 Euro, die ich z. B. investieren muss, werden ja aus dem erwirtschafteten Vermögen einer Volkswirtschaft geschätzt, sonst wäre diese Produktion nicht möglich und es wird möglicherweise produziert mit klassischer Industrie, die auch wieder CO₂ produziert, sonst könnte der Staat über Steuern nicht dieses Geld absetzen. Also es wäre auch hier die Frage, werden hier diese Kosten ökologisch bewertet. Dies führt zu der Frage, wo ist die Grenze. Das kann man bei einem landwirtschaftlichen Betrieb ebenfalls machen, die Produktion wird z.B. nicht auf den Spritverbrauch bezogen, weil die Fabrikate alle unterschiedlich sind, und so weiter und sofort. Dann muss ich alle Produktionsverfahren mit allen Kosten belasten. Wenn ich jetzt ein Autounternehmen habe, dann muss ich überlegen, der hat auch Büroräume, da stehen Computer. Soll jetzt die Herstellung auf Ökokosten zur Herstellung des Computers eingerechnet werden oder nicht. Andererseits, wenn ich jetzt die Computerhersteller betrachte, muss jetzt die Herstellung eines Autos, mit dem Mitarbeiter zum Betrieb fahren, wieder rechnen. So ist es jetzt ironisch ausgedrückt, aber wo mache ich hier methodisch die Grenze, wo muss ich auch Schluss machen?

ANTWORT

Ich bin 100%ig bei Ihnen. Ihre Hauptfragestellung ist quasi die, wenn Gabriel oder Merkel kommt und sagen, wir wollen so und so viel Geld investieren, wie können wir mit diesem Geld am meisten CO₂ einsparen, am meisten CO₂ einsparen. Vielleicht auch noch Arbeitsplätze sichern und vieles andere mehr. Dann können wir mit der Methode der Öko-Bilanz

zumindest die öko-bilanziellen Antworten geben. Es gibt aber eben auch noch andere Fragestellungen. Und wenn von dem anderen Ministerium die Fragestellung kommt, ob ich lieber Biodiesel oder lieber Bioethanol fahre, dann kann ich keine Antwort geben, bauen wir auf Plantagen an und verfeuern die Masse, um Strom zu produzieren. Dann haben Sie die Frage nicht beantwortet. Insofern komme ich einfach wieder zurück. Die Frage steht im Vordergrund. Und wenn die Hauptfrage ökologischer Natur ist, dass ich mit einer gegebenen Menge an Geld CO₂ einsparen möchte und dann die Frage bekomme, wo kann ich am meisten CO₂ einsparen, dann können wir die nötige Antwort geben, dann würden wir nicht bei den Biokraftstoffen landen, ich glaube, das ist uns dabei klar geworden, wir werden nicht einmal bei der Bioenergie landen, sondern ganz wo anders. Also auch hier muss dann auch noch diese Frage gegebenenfalls spezifiziert werden. Also ganz wichtig vielleicht als Botschaft noch einmal. Man kann mit Öko-Bilanzen relativ viel machen, aber wir brauchen eine klare Fragestellung und man darf die Ergebnisse nicht zweckentfremden und auf andere Fragestellungen übertragen.

Biogasanlagentechnik und Betriebsweise

– Stand und Perspektiven –



1 Einleitung

Die Biogaserzeugung und -nutzung hat in der Landwirtschaft nach dem 2. Weltkrieg begonnen, jedoch mussten die meisten Anlagen in den 50er und 60er Jahren nicht nur wegen sinkender Ölpreise, sondern vor allem wegen mangelnder Funktion stillgelegt werden, da die Anforderungen an die Anlagentechnik und Betriebsweise unterschätzt wurden. Erst durch die gesetzliche Regelung der Einspeisevergütung für Strom aus Biogas begann Anfang der 90er Jahre ein langsamer, aber stetiger Aufschwung, der nach Einführung des „Erneuerbare Energien Gesetzes“ (EEG) im Jahr 2000 infolge der verbesserten Stromvergütung zu einem regelrechten Biogasboom führte. In der Folge wurde eine Vielzahl neuartiger Biogasanlagen und biogasspezifischer Komponenten entwickelt. Der im August 2004 eingeführte NawaRo-Bonus löste einen sprunghaften Anstieg der Biogaserzeugung

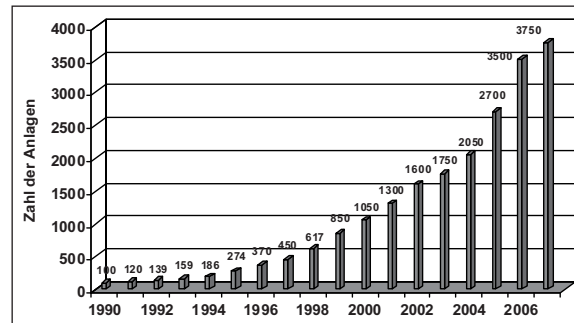


Abbildung 1: Entwicklung der Anzahl installierter Biogasanlagen.

aus Energiepflanzen aus, der zur Entwicklung neuer Biogasverfahren sowie neuer Dosier- und Rührsysteme führte.

Derzeit werden etwa 3.750 Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von ca. 1.300 MW_{el} betrieben (Abb. 1).

Damit ist Deutschland im Bau und Betrieb von Biogasanlagen weltweit führend und Vorreiter bei der Entwicklung neuer Anlagentechniken zur Gaserzeugung und Nutzung. Vor dem Hintergrund der stark gestiegenen Substratkosten wird der weitere Ausbau gegenwärtig jedoch deutlich gebremst. So wurden 2007 nur etwa 250 Anlagen neu errichtet, während es 2006 noch 800 Anlagen waren. Daher ist zu erwarten, dass aufgrund des schwierigeren wirtschaftlichen Umfelds sich die Anlagengröße und Betriebsweise von Biogasanlagen erneut ändern wird, da andere Substrate an Bedeutung gewinnen, Biogas nach Aufbereitung verstärkt ins Gasnetz eingespeist wird und Biogasstrom zukünftig auch zum Ausgleich der durch Wind- und Solarstrom verursachten Netzlastschwankungen dienen wird.

Aufgrund der verschiedenartigen Agrarstruktur hat sich die Biogaserzeugung in den einzelnen Bundesländern sehr unterschiedlich entwickelt (Abb. 2).

Mehr als die Hälfte der installierten elektrischen Leistung befindet sich in Niedersachsen und Bayern, wobei sich die Anlagengrößen beider Bundesländer deutlich unterscheiden. Niedersachsen hat die höchste installierte elektrische Leistung und setzt überwie-

gend große Anlagen im Leistungsbereich von 500 kW ein, wohingegen Bayern bundesweit die höchste Anlagenzahl aufweist, mit Leistungen von überwiegend weniger als 300 kW.

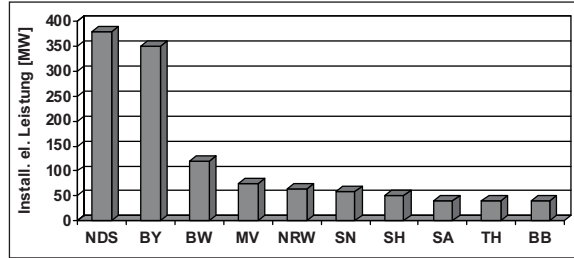


Abbildung 2: Installierte elektrische Leistung in den einzelnen Bundesländern.

2 Substrate

Die seit der Novellierung des EEG im Jahr 2004 neu gebauten Biogasanlagen werden nach einer bundesweiten Erhebung des Instituts für Agrartechnologie und Biosystemtechnik des vTI zu über 80 % mit einer Mischung aus Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger betrieben und bereits ca. 15 % der Neuanlagen führen eine alleinige Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen durch (Abb. 3).

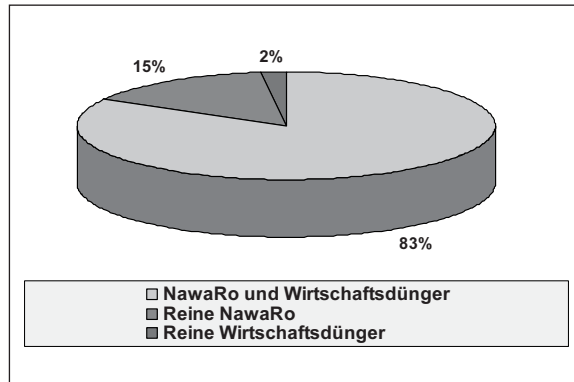


Abbildung 3: Einsatz von Substraten bei seit 2004 neu errichteten Biogasanlagen.

Wie Abb. 3 zeigt, findet die alleinige Vergärung von Wirtschaftsdünger kaum noch statt, da aufgrund der geringen Gaserträge die erforderliche Wirtschaftlichkeit unter den gegenwärtig gültigen Vergütungsbedingungen meist nicht gegeben ist.

Für die Biogasproduktion spielt Mais derzeit eine überragende Rolle, da gemäß der bundesweiten Erhebung in über 90 % der seit 2004 neu errichteten Anlagen Silomais zum Einsatz kommt (Bild 4).

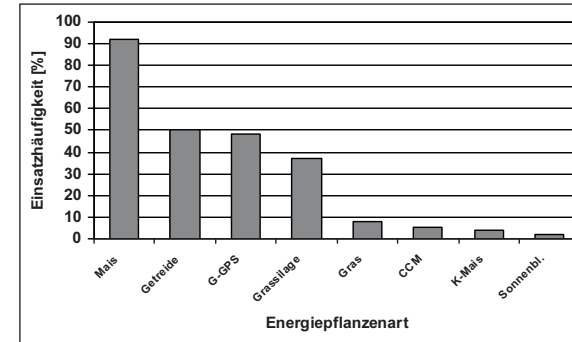


Abbildung 4: Einsatz nachwachsender Rohstoffe bei neu errichteten Biogasanlagen.

Getreideganzpflanzensilage (GPS) und Grassilage finden demgegenüber nur etwa halb so häufig Anwendung. Der Massenanteil der nachwachsenden Rohstoffe am Anlageninput beträgt bei 2/3 der untersuchten Neuanlagen mehr als 50 %, wodurch hohe Anforderungen an die Dosier- und Mischtechnik gestellt werden. In der Regel werden 2-4 unterschiedliche Energiepflanzen zur Gaserzeugung eingesetzt. Der Massenanteil, mit dem die einzelnen Energiepflanzen zur Anwendung kommen, ist dabei von Anlage zu Anlage sehr unterschiedlich (Tabelle 1).

Tabelle 1: Massenanteile der wichtigsten Energiepflanzen am Anlageninput.

	Mais-silage	Getreide-GPS	Grassilage	Gras	Getreideschrot	CCM
Mittlerer Massenanteil (%)	51	8,9	7,7	4,3	3,7	2,1
Minimum	6,7	0,15	0,7	2,7	0,25	0,38
Maximum	99	25	14	6,0	11	3,5

Während Maissilage durchschnittlich mit über 50 % am Anlageninput beteiligt ist, wird Getreide-GPS und Grassilage aus ökonomischen und technischen Gründen mit Anteilen von weniger als 25 % bzw. 14 % eingesetzt. Getreideschrot dient allein zur Feinjustierung der Gasproduktion und kommt aufgrund der stark gestiegenen Getreidepreise immer seltener zur Anwendung.

3 Anlagentechniken

Zur Biogaserzeugung finden Nass- und Trockenvergärungsverfahren Anwendung. Etwa 90 % der Neuanlagen setzen Nassvergärungsverfahren ein, die vorwiegend Mischungen aus Gülle und nachwachsenden Rohstoffen verarbeiten. Nur ein geringer Teil der Nassvergärungsverfahren wird ausschließlich mit nachwachsenden Rohstoffen betrieben. Demgegenüber dominiert bei den Trockenvergärungsverfahren die alleinige Vergärung nachwachsender Rohstoffe und nur etwa 1/3 der Anlagen setzt zusätzlich Festmist ein.

3.1 Nassvergärungsanlagen

Für die Nassvergärung werden bei 90 % der Neuanlagen vollständig durchmischte stehende Fermenter eingesetzt, wohingegen liegende Systeme, die in der Vergangenheit eine große Verbreitung gefunden hatten, jetzt fast ausschließlich nur als erste Stufe von mehrstufigen Anlagen zum Einsatz kommen. Im Zuge des rapiden Anstiegs der Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe wurden vielfältige Direkteintragssysteme für Feststoffe entwickelt, die über eine Dosierstation mit Wiegeeinrichtung eine exakte Beschickung des Fermenters ermöglichen. Bei nahezu 80 % der Anlagen erfolgt die Zuführung der nachwachsenden Rohstoffe über Zuführschnecken, obgleich diese Systeme vor allem infolge von Materialverschleiß relativ anfällig sind (Abb. 5).

Herkömmliche Vorgruben werden aufgrund des zusätzlichen Energiebedarfs nur noch selten zur Anmischung der Feststoffe mit Gülle oder Gärrest eingesetzt und einfache Einspülschächte finden wegen der unvermeidbaren Geruchsemissionen und

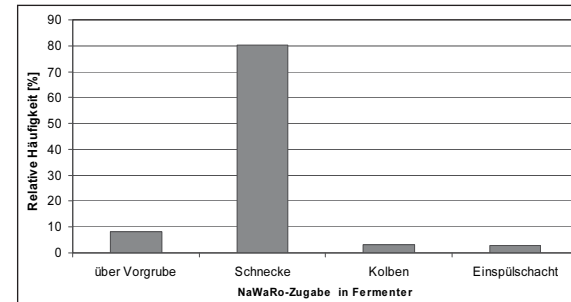


Abbildung 5: Einsatzhäufigkeit von Feststoff-Eintragssystemen.

Problemen beim Eintrag kaum noch Anwendung. Erfolgversprechend sind neuartige Fest/Flüssig-Dosiersysteme, bei denen die Fest- und Flüssigphase in einem Schneckenmischer intensiv vermischt werden, so dass sie anschließend mit einer Pumpe eingetragen werden können.

Das Konzept des vollständig durchmischten Biogasermenters stellt hohe Anforderungen an das eingesetzte Rührsystem, da die Energiepflanzen in der Regel zur Bildung von Schwimmdecken neigen und gleichzeitig einzelne Substratkomponenten, z.B. Getreidekorn, Sinkschichten bilden können. Wie die bundesweite Untersuchung gezeigt hat, werden bei ca. 60 % der seit 2004 neu errichteten Anlagen Tauchmotor-Propellerrührwerke eingesetzt. Aufgrund der gestiegenen Fermentergröße sind meistens 3-4 Tauchmotor-Propellerrührwerke erforderlich, um die notwendige Durchmischung ohne Bildung von Schwimm- und Sinkschichten zu erreichen. Axiale Zentralrührwerke, die meist in mehreren Ebenen Rührflügel aufweisen, haben sich in Groß-Biogasanlagen gut bewährt. Sie finden dennoch nur bei etwa 10 % der Neuanlagen Anwendung, da über 3/4 der Anlagen zur Gasspeicherung mit einem Foliendach abgedeckt sind, wodurch der Einsatz von Zentralrührwerken ausscheidet.

Mit der zunehmenden Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe hat sich das Anlagendesign stark verändert. Während vor der Novellierung des EEG überwiegend einstufige Verfahren zur Anwendung

kamen, werden jetzt bei nahezu 2/3 aller Neuanlagen zweistufige und vereinzelt sogar dreistufige Verfahren eingesetzt. Abb. 6 zeigt schematisch den typischen Aufbau einer einfachen einstufigen Anlage, wie er häufig vor allem im kleineren Leistungsbereich anzutreffen ist.

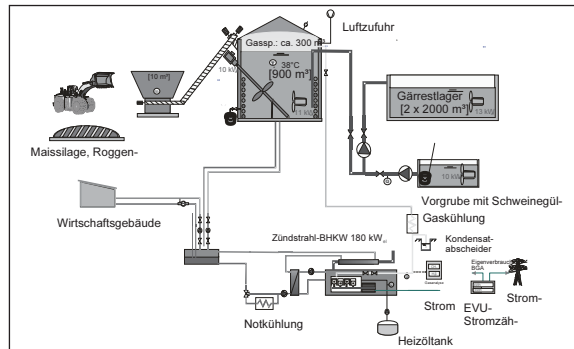


Abbildung 6: Einstufige Biogasanlage mit offenem Gärrestlager.

Infolge der einstufigen Prozessführung und der vollständigen Durchmischung gelangt stets ein Teil frisches Substrat in das Gärrestlager, wodurch einerseits keine vollständige Ausnutzung des Substrats möglich ist und andererseits je nach Substratart und Prozessführung bei Anwendung eines offenen Gärrestlagers teilweise über 5 % der Methanproduktion unkontrolliert freigesetzt werden. Aus wirtschaftlichen Gründen und im Hinblick auf den Klimaschutz sollte das Gärrestlager daher stets gasdicht abgedeckt und mit der Gasnutzungsstrecke verbunden sein.

Vorteilhafter sind demgegenüber mehrstufige Anlagen mit gasdichtem Gärrestlager (Abb. 7).

Anlagen mit einem Fermentervolumen von weniger als 2.000 m³ sind nur noch mit einem Anteil von ca. 11 % vertreten, wohingegen Anlagen mit über 6.000 m³ Reaktorvolumen bereits genauso häufig anzutreffen sind.

3.2 Trockenvergärungsanlagen

Der Einsatz von Trockenvergärungsverfahren in der Landwirtschaft ist neu und hat erst im Zuge des

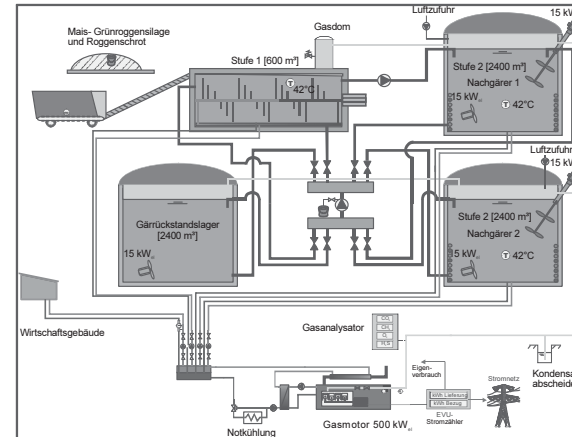


Abbildung 7: Zweistufige Vergärungsanlage mit gasdicht abgedecktem Gärrestlager. Diese Anlagen erreichen nicht nur eine bessere energetische Ausnutzung des Substrats, sondern bieten auch eine höhere Sicherheit gegenüber Prozessstörungen. Über die Hälfte der seit 2004 neu gebauten Nassvergärungsanlagen weisen ein Fermentervolumen zwischen 2.000 m³ und 4.000 m³ auf (Abb. 8).

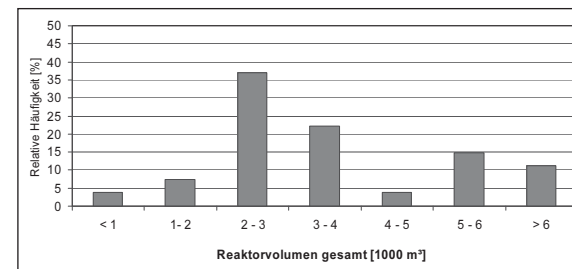


Abbildung 8: Häufigkeit von Biogasanlagengrößen.

verstärkten Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen und im Zusammenhang mit der Gewährung des Technologiebonus an Bedeutung gewonnen. Zur Fermentation von schüttfähigen Feststoffen werden überwiegend diskontinuierliche Verfahren und bisher nur in geringem Umfang kontinuierliche Verfahren eingesetzt.

Die diskontinuierlichen Verfahren verwenden als Fermenter entweder gasdichte Container oder Bo-

xenfermenter, die aufgrund der äußeren Bauform und infolge des frontseitigen Tors einer Garage ähneln, und daher auch Garagen-Fermenter genannt werden (Abb. 9).

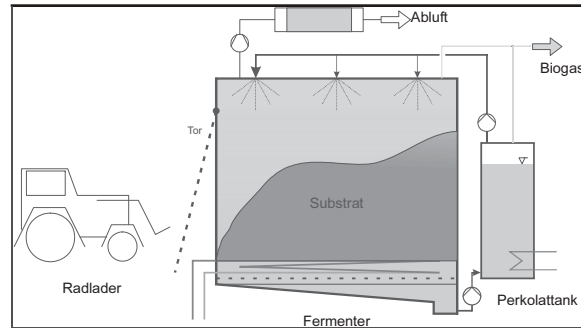


Abbildung 9: Anlagenprinzip einer diskontinuierlichen Trockenfermentation mit Perkolationsverfahren.

Es handelt sich hierbei um Perkolationsverfahren, bei denen das zu vergärende Material mittels Radlader in den Fermenter eingebracht wird und während der 3 bis 4-wöchigen Vergärung nicht durchmischt, sondern nur periodisch mit Perkolationsflüssigkeit besprüht wird. Das Besprühen mit Perkolat ersetzt das bei der Nassvergärung erforderliche Rühren und dient dazu, die zur Vergärung notwendigen Bakterien gleichmäßig in der Substratschüttung zu verteilen und für eine gleichmäßige Temperierung der Feststoffschüttung zu sorgen. Um ein Versäuern zu Beginn der Vergärung zu vermeiden, muss in der Regel das frische Substrat mit Gärrückstand aus einer vorangegangenen Charge vermischt werden, wobei je nach Substratart zwischen 30 und 70 % Gärrückstand erforderlich sind. Das Perkolat wird am Fermenterboden aufgefangen und einem Perkolattank zugeführt, der entweder nur als Zwischenspeicher dient oder als Biogasfermenter ausgeführt ist, um die organischen Inhaltsstoffe der beladenen Perkolationsflüssigkeit abzubauen. Sofern die Perkolationsflüssigkeit weitgehend feststofffrei ist, empfiehlt sich der Einsatz eines Festbettfermenters.

Noch in Erprobung befindet sich das Aufstauverfahren, bei dem das frische Substrat nicht besprüht, sondern mit Flüssigkeit periodisch überstaut wird, um den gleichen Effekt wie beim Perkolationsverfahren zu erreichen. Mit diesem Verfahren sollen die bei Perkolationsverfahren auftretenden Schwierigkeiten hinsichtlich der Flüssigkeitsverteilung und Durchrieselung der Schüttung vermieden werden, was jedoch voraussetzt, dass durch technische Maßnahmen das Aufschwimmen der Feststoffe unterbunden wird.

Bei den kontinuierlichen Trockenfermentationsverfahren werden Anlagentechniken eingesetzt, die ursprünglich für die anaerobe Behandlung von kommunalem Bio- und Restabfall entwickelt wurden. Es handelt dabei um Pfropfenstromreaktoren mit liegender oder vertikaler Bauweise, die zum Teil im thermophilen Temperaturbereich betrieben werden. Da die landwirtschaftlichen Substrate weitgehend frei von Störstoffen sind, konnten die Verfahren gegenüber den im Kommunalbereich eingesetzten Techniken vereinfacht und kostengünstiger gestaltet werden.

Als Beispiel für ein kontinuierliches Trockenfermentationsverfahren mit liegendem Fermenter ist in Abb. 10 das LINDE-BRV-Verfahren dargestellt, das jetzt von der STRABAG-Umweltanlagen GmbH vertrieben wird.

Bei dieser Anlagentechnik sind quer zur Strömungsrichtung mehrere äußerst robuste Balkenrührwerke angeordnet, die so ineinander greifen, dass nur

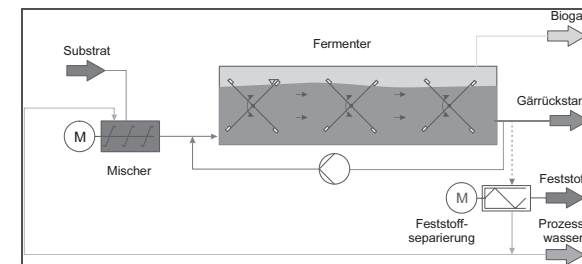


Abbildung 10: Liegender Pfropfenstromfermenter mit Rechteckquerschnitt (STRABAG-Umweltanlagen GmbH).

lokal eine Durchmischung des Substrats erfolgt und kein aktiver Transport des Substrats in Längsrichtung. Zur Animpfung des frischen Substrats muss ein Teil des bereits ausgefaulten Materials zurückgeführt werden. Anlagen dieser Bauart wurden bisher vorwiegend für hohe Verarbeitungskapazitäten von mehr als 30.000 t/a errichtet.

Das Prinzip des vertikalen Pfropfenstromfermenters wurde bisher erst bei einer Anlage realisiert, die sich durch eine schlanke Bauweise mit entsprechend geringem Platzbedarf auszeichnet. Bei der in Abb. 11 dargestellten DRANCO-FARM Anlage der Fa. Organic Waste Systems (OWS N.V.) wird ein 26 m hoher Silofermenter eingesetzt, der intern keinerlei Rühraggregate aufweist. Das frische Substrat wird nach Vermischung mit Gärrückstand dem Fermenter kopfseitig zugeführt und durchströmt den Reaktionsraum aufgrund der Schwerkraft von oben nach unten. Der ausgefaulte Gärrest wird am konischen Boden abgezogen, wobei ein erheblicher Teil zum Animpfen des frischen Substrats zurückgeführt wird. Da der Fermenter keine mechanischen Einbauten aufweist, sind Wartungs- und Reparaturarbeiten an den mechanischen Aggregaten relativ einfach durchzuführen.



Abbildung 11: Vertikaler Pfropfenstromfermenter (DRANCO-FARM, OWS N.V.)

4 Betriebsweise

4.1 Nassvergärungsanlagen

Die Nassvergärungsverfahren werden im Vergleich zu herkömmlichen Güllevergärungsanlagen mit einem hohen Trockensubstanzgehalt im Substrat betrieben, der je nach Anteil der Energiepflanzen zwischen 13 und 30 % TS liegt. Da überwiegend Abbaugrade zwischen 70 und 85 % erreicht werden, enthält der Ablauf der letzten Fermenterstufe in der Regel nur noch einen Trockensubstanzgehalt von weniger als 6 % TS.

Über 85 % der Anlagen arbeiten im mesophilen Temperaturbereich (38-43 °C), der im Vergleich zur thermophilen Betriebsweise meist eine höhere Prozessstabilität gewährleistet. Neben der rein thermophilen Betriebsweise (50-55 °C) kommt vereinzelt auch eine Kombination aus mesophiler und thermophiler Betriebsweise zum Einsatz, die meist aus Gründen einer verbesserten Produkthygiene des Gärrückstands gewählt wird.

Sämtliche Nassvergärungsanlagen werden mit relativ langen Verweilzeiten betrieben, da der hohe Faseranteil der Energiepflanzen nur langsam abgebaut wird. Je nach Zusammensetzung der Substratmischung liegen die Verweilzeiten im Bereich zwischen 40 und über 200 Tagen (Abb. 12).

Die Verweilzeit wird dabei umso größer gewählt, je höher der Anteil der Energiepflanzen am Anlageninput ist. So sind kurze Verweilzeiten von unter 50 Tagen nur bei Anlagen anzutreffen, die weniger

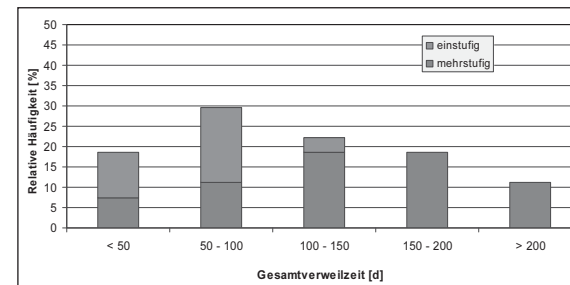


Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung der in der Praxis üblichen Substratverweilzeiten.

als 20 % Energiepflanzen verarbeiten, wohingegen bei Monofermentation stets Verweilzeiten von über 100 Tagen gewählt werden.

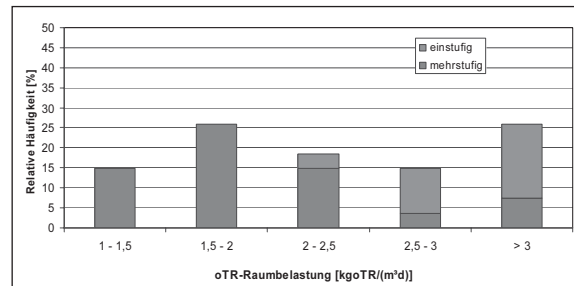


Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der oTR-Raumbelastung von Praxisanlagen.

Raumbelastungen oberhalb von 3 kg oTR/(m³*d) sind nur bei Anlagen mit einem relativ hohen Gülleanteil am Anlageninput anzutreffen, wohingegen Anlagen, die ausschließlich Energiepflanzen verarbeiten, überwiegend bei Raumbelastungen unterhalb von 2,5 kg oTR/(m³*d) betrieben werden. Eine effiziente Monovergärung von Energiepflanzen kann häufig nur nach Zugabe von Mikronährstoffen, wie Nickel, Kobalt und Molybdän erreicht werden, da die zur Bakterienvermehrung notwendigen Spurenelemente in den pflanzlichen Substraten meist nicht in ausreichender Konzentration vorliegen. Bei einem Mangel an essentiellen Spurenelementen kommt es bereits bei geringen Raumbelastungen zur Akkumulation flüchtiger Fettsäuren, die den Methanisierungsprozess hemmen.

4.1 Trockenvergärungsanlagen

Bei den diskontinuierlich betriebenen Perkolationsverfahren beträgt die Verweilzeit im einzelnen Fermenter durchschnittlich nur etwa drei Wochen. Da für eine gleichmäßige Gasproduktion in der Regel drei bis vier Fermenter notwendig sind und das zugeführte frische Substrat jeweils mit hohen Anteilen an Gärrückstand einer vorangegangenen Charge vermischt wird, liegen die Gesamtverweilzeiten den-

noch zwischen 40 und 70 Tagen. Die resultierenden Raumbelastungen liegen zwischen 2 kg oTR/(m³*d) und 3 kg oTR/(m³*d) und sind somit mit den Raumbelastungen von Nassvergärungsanlagen vergleichbar. Die Methanausbeuten sind teilweise geringer als bei Nassvergärungsverfahren, was vermutlich auf inhomogene Milieubedingungen zurückzuführen ist.

Die kontinuierlichen Trockenvergärungsverfahren können demgegenüber mit deutlich höheren Raumbelastungen betrieben werden. Beim DRANCO-FARM-Verfahren ist beispielsweise eine oTR-Raumbelastung von 10 kg oTR/(m³*d) möglich, ohne dass eine unzulässige Anreicherung flüchtiger Fettsäuren erfolgt. Aufgrund der Eigenerwärmung des Fermenters empfiehlt sich die thermophile Betriebsweise, da bei mesophiler Betriebsweise eine konstante Prozesstemperatur häufig nur durch Kühlung erreicht werden kann.

5 Gasverwertung

Die Verwertung des produzierten Gases erfolgt bisher fast ausschließlich in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur kombinierten Strom- und Wärmeproduktion. Während in der Vergangenheit vorzugsweise Zündstrahlmotoren zur Anwendung kamen, werden jetzt überwiegend Gasmotoren eingesetzt. Ursache hierfür sind sowohl der höhere Leistungsbereich gegenwärtig gebauter Anlagen als auch die gestiegenen Kosten für das Zündöl, da bei Neuanlagen Pflanzenöl oder Biodiesel eingesetzt werden muss. Innerhalb der für beide Motorbauarten typischen Leistungsbereiche bestehen kaum noch Unterschiede im elektrischen Wirkungsgrad, die teilweise bereits Werte von über 40 % erreichen.

Obgleich die Wärmenutzung in letzter Zeit als Einnahmequelle an Bedeutung gewonnen hat, führen nach der bundesweit durchgeführten Erhebung bisher nur etwa 30 % eine Fremdnutzung durch (Abb. 14).

Etwa die Hälfte aller untersuchten Anlagen nutzt zwar einen Teil der Wärme zur Beheizung von Wirtschaftsgebäuden und des Privathauses, jedoch kann damit eine ganzjährige und vollständige Wärmeverwertung nicht erreicht werden. Aufgrund der gestie-

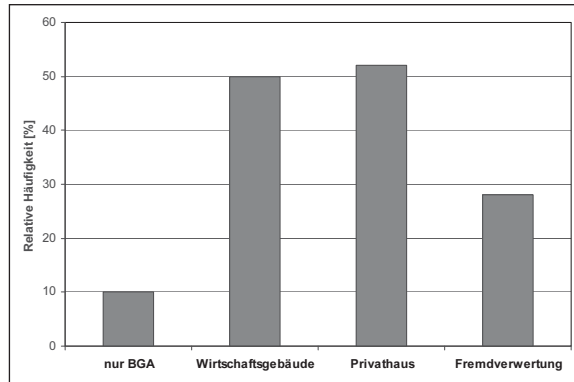


Abbildung 14: Häufigkeit der Wärmenutzung.

genen Substratkosten hängt die Wirtschaftlichkeit der Biogaserzeugung zunehmend davon ab, in welchem Umfang die Wärme einer Fremdverwertung zugeführt werden kann.

6 Perspektiven

Der Markt für Biogasanlagen ist aufgrund der gestiegenen Rohstoffpreise und infolge fehlender Wärmenutzungskonzepte derzeit stark rückläufig. Im Vergleich zu anderen Formen der Biomassenutzung zeichnet sich die Biogaserzeugung jedoch durch eine sehr hohe Flächeneffizienz und ein großes CO₂-Minderungspotenzial aus. Daher wird seitens der Bundesregierung bis zum Jahr 2020 z.B. eine 6 %-ige Substitution des heutigen Erdgasverbrauchs durch Biomethan angestrebt sowie eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromproduktion auf insgesamt 25-30 %. Um den dafür notwendigen weiteren Ausbau der Biogaserzeugung zu erreichen, bedarf es neben der Novellierung des EEG vor allem neuer Strategien auf den Gebieten der Substratbereitstellung, der Gaserzeugung und der Gasverwertung.

Für die Gaserzeugung müssen zukünftig verstärkt Reststoffe aus der Tierhaltung, pflanzliche Nebenprodukte aus der Verarbeitung sowie landwirtschaftliche Biomassen eingesetzt werden, die nicht unmittelbar mit der Nahrungsmittelproduktion in Konkurrenz

stehen. Neben dem Einsatz neuer Kulturen ist ein effizientes Fruchtfolgekonzept erforderlich, um verstärkt auch Zwischenkulturen für die Biogaserzeugung nutzbar zu machen. Der geplanten Lockerung des Ausschließlichkeitsprinzips beim Einsatz nachwachsender Rohstoffe kommt dabei eine hohe Bedeutung zu, da vielfältige rein pflanzliche Nebenprodukte aus der Agrarindustrie bisher nicht zur Biogaserzeugung genutzt werden, obgleich sie eine hohe Gasausbeute ermöglichen.

Neue Biogasanlagen sollten möglichst nur dort errichtet werden, wo eine ganzjährige und möglichst vollständige Wärmenutzung erreicht werden kann. Nach der am 12.03.2008 verabschiedeten Gasnetzzugangs-VO ist ein schneller Ausbau der Gasnetzeinspeisung zu erwarten, mit der eine vollständige Entkopplung der Gaserzeugung von der Strom- und Wärmeproduktion erreicht wird. Aktuell gibt es bereits sieben Anlagen, die aufbereitetes Biogas in das Erdgasnetz einspeisen. Neben Großanlagen, die überwiegend von Energieversorgungsunternehmen gebaut und betrieben werden, kann die Gasaufbereitung und Netzeinspeisung auch durch gasseitige Bündelung mehrerer landwirtschaftlicher Einzelanlagen unter wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen erreicht werden. Außer der Gewinnung von Strom und Wärme wird in Zukunft auch die Nutzung als Kraftstoff an Bedeutung zunehmen, da kein anderer Biokraftstoff eine vergleichbar hohe Flächeneffizienz erreicht. Die deutsche Gaswirtschaft hat sich verpflichtet, bis 2010 zehn Prozent Biomethan dem Erdgas als Kraftstoff beizumischen. Die Fahrleistung mit Biomethan aus einem Hektar Mais beträgt bei einem Fahrzeug der Golfklasse ca. 66.000 km, wohingegen bei Nutzung der Fläche zur Biodieselproduktion nur ca. 1/3 der Fahrleistung erreicht wird (Abb. 15).

Daneben gewinnt die Verwertung des Gases durch Mikrobiogasnetze an Bedeutung, da hierfür nur eine Trocknung und Entschwefelung des Gases erforderlich ist und die Stromerzeugung dann am Ort der besten Wärmenutzung erfolgen kann. Beispielsweise wird von dem Versorgungsunternehmen BS-Energy über eine 20 km lange Mikrobiogasleitung Biogas zu

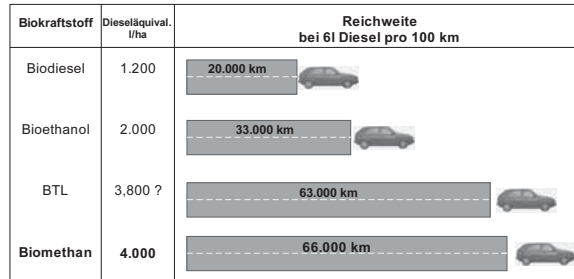


Abbildung 15: Flächeneffizienz von Biomethan im Vergleich zu anderen Biokraftstoffen.

einem Heizwerk der Stadt Braunschweig transportiert und dort in Strom und Wärme umgewandelt. Die Wärme wird in ein bestehendes Fernwärmesystem eingespeist, das u.a. zur Wärmeversorgung des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI) dient. Geplant ist der Anschluss weiterer Biogasanlagen an die Mikrobiogasleitung.

Eine Möglichkeit die Wärme on-site zu nutzen, besteht neben dem Einsatz von Trocknungsprozessen in der Anwendung von ORC-Anlagen, die aus einem Teil der BHKW-Abwärme zusätzlich Strom erzeugen. Auch die Verwendung der Abwärme zur Kälteerzeugung stellt eine bisher erst wenig genutzte Wärmesenke dar.

Bisher noch völlig ungenutzt bleibt der Vorteil, dass Biogas nicht nur grundlastfähig ist, sondern auch zur Bereitstellung von elektrischer Regelenergie eingesetzt werden kann. Durch Erhöhung der Gasspeicherkapazität und einer bedarfsangepassten Gasproduktion besteht die Möglichkeit Regelenergie als Systemdienstleistung anzubieten, um die durch Wind- und Solarstrom verursachten fluktuierenden Netzlasten zukünftig auszugleichen.

Gegenwärtig wird insgesamt nur ein geringer Anteil des theoretisch verfügbaren Biogaspotenzials (ca. 96 TWh/a) genutzt. Auch beträgt der Anteil der für den Anbau der Energiepflanzen eingesetzten Fläche (400.000 ha) gegenwärtig weniger als 2 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche und hat bisher zu keiner Verdrängung der Nahrungsmittelproduktion geführt.

Um den steigenden Energiebedarf zu decken und gleichzeitig die Emission von Treibhausgasen gemäß dem Klimaprogramm bis zum Jahr 2020 um 40 % gegenüber 1990 zu senken, ist der weitere zügige Ausbau der Biogaserzeugung unverzichtbar. Eine wesentliche Voraussetzung hierfür sind verlässliche politische Rahmenbedingungen und eine mit Augenmaß vorgenommene Novellierung des EEG. Nur dann wird Deutschland in dieser Zukunftsbranche weiterhin Weltmarktführer bleiben und für andere Länder Vorbild für einen nachhaltigen energiepolitischen Strukturwandel sein.

Diskussion



MARTENS, BERLIN

Sie haben sehr viel zur Technik gesagt, mich würde mal interessieren, welche Eigenschaften muss denn der Betreiber haben? Oder anders rum formuliert: Sie haben die gleiche Anlage an Ort A und an Ort B stehen und wie groß sind da die Schwankungen?

ANTWORT

Der Betreiber spielt natürlich hier eine Schlüsselrolle und die wurde in der Vergangenheit auch unzureichend beachtet. Es war ja teilweise so, dass eigentlich keinerlei Ausbildung stattfand und jeder konnte eine Biogasanlage betreiben, was sowohl aus Sicherheitsgründen bedenklich ist und natürlich auch im Hinblick auf den Erfolg des Anlagenbetriebes. Da sind wir in der glücklichen Situation und dass auch mit Unterstützung unseres Ministeriums ein Ausbildungskonzept entwickelt wurde, ein gleichwertiges Ausbildungskonzept, was vorsieht, dass es also eine gezielte Ausbildung von Biogasanlagenbetreibern gibt, so dass sie einerseits Grundkenntnisse erlangen über die Biologie, die man natürlich verstehen muss, um so eine Anlage sinnvoll zu betreiben, die Kenntnisse vermittelt über die technischen Eigenschaften und insbesondere natürlich auch über die Sicherheit, weil in der Vergangenheit da einige Unfälle passiert sind. Von daher denke ich, kommen wir da wesentlich weiter und es ist auch aus meiner Sicht eigentlich der zentrale Punkt, um auch hier einen optimalen Anlagenbetrieb zu erreichen. Daneben natürlich, und das ist auch ein Mangel, den ich hier nicht gezeigt ha-

be, fehlt heute eine ausreichende Messtechnik auf den Anlagen, um dem Betreiber überhaupt die Möglichkeit zu geben, zu wissen, was auf der Anlage passiert. Und von daher ist ja im Moment so der Trend, man übergibt mehr oder weniger die Anlagenüberwachung externen Firmen, entweder dem Anlagenhersteller oder speziellen Institutionen, die sich mit dem Anlagenbetrieb befassen, die dann eine analytische Begleitung durchführen und den Anlagenbetreiber beraten. Das ist sicherlich schon ein guter Weg. Aber was sie ansprechen ist natürlich der zentrale Punkt, dass der Betreiber wirklich weiß, was er dort macht und dass er auch richtig handelt. Das wird in Zukunft aufgrund der gestiegenen Kosten natürlich noch zum Schlüssel des Erfolgs.

BREVES, HANNOVER

Meine Frage schließt sich ein bisschen an das, was Sie eben abschließend gesagt haben, an. Wenn ich mir diese diskontinuierlichen Trockenvergärungsverfahren anschau, was da an Rückständen noch übrig bleibt, fällt es ja schwer anzunehmen, dass es sich hierbei um Anlagen mit einer hohen Effizienz handelt. Das heißt, wie viel letztlich von dem vergärbaren Substrat am Ende wirklich in Gas umgesetzt wird. Wie weit ist der Standard eigentlich, solche Kontrollverfahren, solche Qualitätskontrollen, was z.B. die Fermentationsintensität angeht, was die Konstanz der mikrobiellen Population und all diese Dinge, die also im Grunde, wenn wir es auf der Tierebene betrachten, zu einem gut funktionierenden Vormagenstoffwechsel gehören.

Wie gut sind die Qualitätsstandards was die Kontrolle angeht? Was ist hier wirklich etabliert und von welchen Effizienzen können wir ausgehen?

ANTWORT

Wir versuchen im Moment im Rahmen unseres bundesweiten Biogasmessprogramms eine solche Fragestellung zu beantworten. Wir vergleichen die Anlagen durch eine regelmäßige Beprobung, durch Ermittlung aller Betriebsdaten, um zu sehen wie effizient laufen die Anlagen. Sie sprachen jetzt ganz konkret die Trockenvergärungsanlagen an. Hier ist es so, dass im Prinzip, wenn die Anlagen richtig betrieben werden, z.B. mit richtigen Verweilzeiten kommt man bei diesen Anlagen durchaus auch zu den gleichen Gaserträgen wie bei kontinuierlichen Anlagen. Man versucht allerdings hier mit Verkürzung der Verweilzeiten, den gleichen Erfolg zu erreichen, mit dem Ergebnis, dass im Prinzip etwas weniger Gas rauskommt. Aber in der Summe kann man sagen, die Trockenvergärungsverfahren, die Garagenverfahren, wenn sie richtig betrieben werden, bringen die vergleichbare Gasausbeute anderer Verfahren z.B. Nassvergärungsverfahren. Also da ist kein so großer Effizienzsprung im Hinblick auf Umweltbelastung u.s.w. Das haben wir uns gerade vorgenommen, das Projekt ist bereits bewilligt, hier etwas genauer hinzuschauen, auch auf die Emissionen, weil da natürlich mit erheblichen Methanemissionen, Geruchsemissionen, Ammoniakemissionen zu rechnen ist. Teilweise ist es auch arbeitstechnisch nicht ganz unproblematisch diese Verfahren zu betreiben. Aber sie haben natürlich einen gewissen Charme, wenn man jetzt auch an Substrate denkt, die nicht unmittelbar vom Feld kommen, sondern beispielsweise Begleitgrün verschiedener Art, was ansonsten in den Anlagen relativ schwer verwertbar ist, sei es durch Störstoffe oder durch starke Verholzung. Dies kann mit solchen Anlagen natürlich noch immer gut erreicht werden. Von daher sollte man vielleicht mit dem Urteil über diese Trockenvergärungsverfahren warten. Für die reinen Navaros sicherlich nicht so optimal, hier sollte

man vorsichtig sein, weil sie eben auch andere Vorteile bieten.

HÜGLE, KIEL

Herr Weiland, ich weiß jetzt nicht ganz genau, was Sie da ausgeführt haben, wie daneben das EEG eigentlich liegt. Im EEG werden Boni vergeben für irgendwelche Stoffe, die wir eingeben, für irgendwelche Techniken, die wir einsetzen, genau festgelegt, welche Techniken einzusetzen sind. Das heißt, lediglich die Entwicklung, die neben diesen Techniken läuft, wird nicht honoriert. Wieso wird das EEG nicht so umgestrickt, wie in der Kraftwerkstechnik üblich, dass nach Effizienz honoriert wird, dass es eine Grundvergütung gibt und dann mit jedem Prozentpunkt mehr Wirkungsgrad eine entsprechende Vergütung eingeführt wird. Wieso läuft die Novellierung des EEG nicht dahin, sondern wieder über NAWARO für irgendwelche obskuren Techniken. Dazu zählt für mich auch die Trockenvergärung u.s.w. Wieso setzen Sie sich nicht dafür ein?

ANTWORT

Das Hauptproblem besteht natürlich darin, dass Effizienzen auch irgendwie überprüft werden müssen. Und die Politik steht hier natürlich auch in der Situation, wie kann bei einer relativ großen Anlagenzahl und beim Zuwachs so etwas kontrolliert werden? Kontrolliert werden kann eigentlich nur, was hinten raus kommt, wie viel Strom und Wärme gegebenfalls produziert wird. Was dazwischen passiert, ist relativ schwierig kontrollierbar. Wir sehen das zwar ganz genau im Biogasmessprogramm, wir wissen aber auch welcher Aufwand dahinter steht. Von daher denke ich schon, die Politik hat es sich sicherlich in vielen Fällen zu einfach gemacht, indem man hier einfach irgendwelche Boni vergibt, die zum Teil in der Vergangenheit ja auch zu Fehlentwicklungen geführt haben. Denn gerade der Trockenvergärungsbonus ist ein typisches Beispiel, wie eine Fehlentwicklung eingeleitet wurde, weil der Trockenvergärungsbonus dazu geführt hat, dass viele Betriebe, die Gülle und Wirtschaftsdünger in ausreichender Form verfügbar

haben, diesen nicht mehr eingesetzt haben, um den Trockenvergärungsbonus zu bekommen, und wir haben gestern die ökologischen Vorteile der Güllevergärung gesehen. Also da sind sicherlich Fehler gemacht worden, die ja jetzt auch korrigiert werden in der Novellierung. Aber ich kann ihrem Vorschlag voll folgen, das wäre sicherlich das Optimale, nach einer Effizienz zu bewerten. Die Frage ist nur, wer soll es kontrollieren? Da sehe ich die Schwierigkeiten. Und das ist einfach so. Mit solchen Verordnungen versucht man ja immer mit möglichst geringem Kontrollaufwand etwas durchzusetzen und das war ja auch der Grund, warum dieses Ausschließlichkeitsprinzip definiert wurde, was ja auch viele Fehlentwicklungen zur Folge hatte, dass bestimmte Abfallstoffe plötzlich nicht mehr verwertet wurden, sondern in irgendwelche anderen Schienen gingen.

HÜGLE, KIEL

Aber trotzdem verstehe ich nicht, dass Anlagen, die einen sehr schlechten Wirkungsgrad haben, gefördert werden. Der Wirkungsgrad sollte schon beachtet werden. Es werden alle möglichen Dinge gefördert, die einen schlechten Wirkungsgrad haben. Wenn da eine Firma kommt, die eine innovative Sache hat mit einem hohen Wirkungsgrad, die nicht in der Liste drin steht, dann erfolgt keine Förderung. Dies ist aus meiner Sicht ein Problem und verhindert die Innovationen.

ANTWORT

Das ist wieder die Schwierigkeit: Was bringt man in ein solches Ordnungswerk ein? Man hat irgendwelche Vorgaben für bestimmte Techniken, die zu dem Zeitpunkt der Verordnung existieren. Sie haben recht, die Wirkungsgrade dieser Techniken sind teilweise schlecht. Auf der anderen Seite muss man's auch positiv sehen. Durch den Anreiz, der durch das EEG gegeben wird, werden diese Techniken weiter entwickelt, werden weiter optimiert. Wenn das nicht gegeben wäre, würden diese Techniken weiter mit einem schlechten Wirkungsgrad irgendwo dahindümpeln. Also von daher, einerseits gebe ich Ihnen recht,

auf der anderen Seite muss man natürlich exakte Vorgaben haben, sonst entsteht irgendwann ein Feld, was nicht mehr kontrollierbar ist und das ist dann die Aufgabe von Forschung und Entwicklung, das muss in ein Forschungsprogramm integriert werden, dass man dann dort ganz gezielt sieht, was ist machbar und wenn die Machbarkeit nachgewiesen ist, dann kann es auch im EEG verankert werden und dementsprechend zu einer höheren Vergütung führen.

HABERMANN, KIEL

Sie sprachen zu Beginn ihres Vortrags auch die Exporte von Technologien und von Know-how an. Wie sieht da die Situation im Moment aus? Welche Technologien werden exportiert? Sind es eher die Anlagenbauer, die insgesamt in Nachbarländer gehen und dort auch Biogasanlagen errichten oder sind es einzelne Komponenten? In welche Länder geht das und wie schätzen Sie da die zukünftige Entwicklung ein?

ANTWORT

Also es ist beides. In vielen Ländern, das sind Indien, Japan, Kanada sind fast sämtliche Anlagen, die in den letzten Jahren von deutschen Anlagenherstellern gebaut wurden, und zwar als Komplettanlagen. Daneben ist natürlich die Vielfalt der Komponenten, die entwickelt werden. Das fängt beim BHKW an, wo Firmen wie GE-Bacher natürlich weltweit aktiv sind, wo die Erfahrungen hier in Deutschland gewonnen werden und dann die Komponenten entsprechend weltweit verkauft werden. Das betrifft in gleicher Weise Dosieraggregate, Rühraggregate, eigentlich alles, was im Bereich Biogas spezifisch ist. Das ist ein technologischer Vorsprung und der muss auch genutzt werden. Und die meisten Firmen sind im Moment gut davor und das ist vielleicht auch ein Vorteil, denn die wirtschaftliche Situation in Deutschland ist momentan nicht so rosig. Daher sind alle unterwegs und versuchen, im Ausland Dependancen zu bilden, um dort Fuß zu fassen. Ich denke, da muss sich die Industrie auch anstrengen, denn die Technik an sich ist ja relativ einfach. Man muss hier sehen,

dass man den technologischen Vorsprung, den man hat, dass man den wahr. Und das kann in der Regel nur passieren, wenn auch hier ein weiterer Ausbau stattfindet. Von daher darf man jetzt nicht zu sehr auf diesen Knick hier in Deutschland sehen. Die meisten Anlagenhersteller sind im Moment in Italien unterwegs. Da ist eine wesentlich bessere Einspeisevergütung und ich selbst bin als Vertreter in der nationalen Energieagentur. Das zeigt, dass in allen europäischen und auch außereuropäischen Ländern im Moment ein extrem großes Interesse an der Biogaserzeugung besteht und hier vor allen Dingen das Know-how aus Deutschland eingebracht werden kann und nicht nur das Know-how, sondern auch die Technik.

JUNG, KIEL

Wir haben ja gestern gehört, dass der Zuckerrübenanbau eine sehr vorteilhafte Klimabilanz hat. Wie sehen sie das Potential von Zuckerrüben für die Biogasproduktion und in welcher Form müsste die Zuckerrübe in die Biogasanlage gelangen?

ANTWORT

Die Zuckerrübe führt ja zu vergleichbaren Flächenerträgen an Gas wie Mais. Von daher besteht zunächst erst einmal kein Unterschied. Problem bei der Zuckerrübe ist natürlich, der Gärückstand muss zurückgeführt werden. Die Zuckerrübe bringt über 80 % Wasser mit und das ist der große Nachteil der Zuckerrübe, dass man große Stoffströme händeln muss und große Stoffströme zurückführen muss. Wir haben selbst eine Demonstrationsanlage betrieben und sehr viele Versuche im Labor durchgeführt. Relativ unproblematisch oder sogar sehr einfach kann die Rübe zerkleinert, gemust oder geschnitzelt werden und kann dann in herkömmlichen Nassvergärungsanlagen verarbeitet werden. Um eine ganzjährige Verarbeitung zu erreichen, muss sie natürlich auch lagerfähig sein und das ist ein Nachteil. Sie kann siliert werden. Wir haben teilweise Rübensilagen über drei Jahre gelagert mit minimalen Energieverlusten. Man erreicht sehr hohe Milchsäurekonzentrationen und niedrige pH-Werte und daher sehr stabile Lage-

rungsverhältnisse. Problem ist nur, der Lagerraum kostet natürlich wesentlich mehr als so ein Silo für Mais. Das Material muss auch im Lagerbehälter durchmischt werden, sonst bilden sich sehr schnell große Schwemmschichten. Und das Material ist extrem aggressiv, aufgrund der hohen Milchsäurekonzentration. Auf der anderen Seite, wenn man diesen Aspekt mal außer Acht lässt, hat man den Vorteil, man kann solche Anlagen praktisch komplett automatisiert betreiben. Man hat nicht dieses ganze Problem der Feststoffe, die gehandelt werden müssen, die ja auch immer irgendwie Manpower erfordern, sondern da kann aus dem Lagerbehälter über eine Pumpe praktisch ein kontinuierlicher Betrieb erreicht werden. So eine Anlage kann theoretisch mit minimalen Personalbesatz betrieben werden. Aber die geschilderten Gründe haben bisher zum Einsatz von Rübenmus in begrenztem Maß geführt. Schwierig ist natürlich auch, und das haben wir in den Versuchen im Großmaßstab gesehen, die Reinigung. Wenn man nicht irgendwo auf die Nassreinigung zurückgreifen kann, die vielleicht in einer benachbarten Zuckerrübenfabrik verfügbar ist, dann wird eine Trockenreinigung durchgeführt und die Trockenreinigung ist relativ ineffizient, d. h., da kommt noch sehr viel Sand mit in die Anlage, vermindert da natürlich das Fermentervolumen und führt auch zu einem hohen Verschleiß von Pumpen, Rühraggregaten und alles was sich da bewegt. Aber ansonsten ist die Rübe eigentlich das ideale Substrat für die Biogaserzeugung.

NELLES, ROSTOCK

Wir beschäftigen uns sehr intensiv mit der Biogastechnik, weil wir das auch als die vorteilhafteste Umsetzung sehen, ein riesen Potential. Sie haben auch die Dinge alle aufgeführt, aber ich muss sagen, ich bin ehrlich gesagt froh, dass es eine gewisse Verzögerung jetzt in Deutschland mit dem Anlagenbau gibt, weil die Entwicklung zu rasant war. Sie haben es auch angedeutet. In der Verfahrenstechnik gibt es sehr viele Probleme, die noch zu beheben sind. Es gibt immense Optimierungspotentiale in sehr vielen Bereichen. Von daher bin ich froh, dass die Substratpreise so

angestiegen sind und jetzt denkt man wieder mehr nach, wo man Anlagen baut. Eine konkrete technische Frage. Sie haben gesagt, Sie beschäftigen sich auch mit der Rührtechnik, das ist ja ein wesentlicher Energieverbraucher im Anlagenbetrieb. Können Sie da sagen, wie weit man dort runter kommt mit Anteil des Eigenverbrauchs der Anlage, weil die Rührtechnik ja ein ganz großer Block in dem Bereich ist.

ANTWORT

Auf die Probleme, die natürlich gerade in der Anlagentechnik noch bestehen, Störfälle sind also ein großes Problem, was von uns zum Teil gerade auch

mit untersucht wird. Zur Frage des Energieeinsatzes sieht es so aus, dass in der Regel der Eigenenergiebedarf der Anlagen irgendwo in der Größenordnung um 6 % liegt. Ich sehe da im Moment auch relativ wenige Chancen weiter runter zu kommen, sofern der Anteil der Energiepflanzen so hoch bleibt. Vor allen Dingen, wenn faserhaltige Pflanzen verarbeitet werden, muss einfach ein Mindestumfang an Rührtechnik installiert sein und ich sehe da also wenig Spielraum. 12 % sind durchaus auch zu finden. Ich habe jetzt die Anlagen gemeint, die aus unserer Sicht auch optimal betrieben werden und da liegt der Eigenenergiebedarf etwa bei 6 %.

Biogasanlage auf Gut Wolfring



Die Gutsverwaltung Wolfring bewirtschaftet derzeit 141 ha Ackerland, 11 ha Grünland, 275 ha Forst, 8 ha Wildgatter, 40 ha Teichfläche, eine Gärtnerei mit 2000 m² unter Glas, eine Biogasanlage mit 526 kW, einen Baggerbetrieb, eine Fotovoltaikanlage mit 53 kW.

Im Betrieb befinden sich drei fest angestellte Mitarbeiter, alle übrigen Arbeiten werden durch den Maschinenring beziehungsweise Lohnunternehmer erledigt.

Im Jahr 2001 erfolgte die Entscheidung für den Bau einer Biogasanlage. Die schlechten Deckungsbeiträge im Ackerbau, der steigende Energiebedarf weltweit und der hohe eigene Wärmebedarf durch



Abbildung 1: Traditionsreiche Gutsanlage.

die Gärtnerei war ausschlaggebend für die Realisierung der Anlage.

Die Biogasanlage hat zwei liegende Fermenter mit einem Volumen von insgesamt 1550 m³, welche parallel betrieben werden und mit jeweils einem Paddelrührwerk ausgerüstet sind. Der Nachgärbehälter hat ein Nutzvolumen von 1800 m³, in dem sich ein hydraulisches Propellerrührwerk befindet.

Die Verweildauer beträgt 40 Tage im Fermenter und 50 Tage im Nachgärbehälter. Es sind zwei Güllelager mit jeweils 2200 m³ Volumen vorhanden.

Ein Jenbacher Gas Motor mit 526 kW elektrischer Leistung und 500 kW thermischer Leistung ist installiert. Die Gas-Entschwefelung erfolgt extern mit dem Biosulfex.

Eine Gasfackel ist für den umweltfreundlichen Betrieb unerlässlich. Ein Aktivkohlefilter ist für die hervorragende Gasqualität verantwortlich.

Mit einem Schneckenpress-Separator wird die ausgegorene Biogasgülle komplett abgepresst. Die Gülle und das Substrat wird zur Düngung der landwirtschaftlichen Flächen verwendet.

Der produzierte Strom wird komplett ins öffentliche Netz eingespeist. Die Abwärme des Blockheizkraftwerks dient zur Beheizung der Gärtnerei, des Schlosses und der Nebengebäude, zwei Getreidetrocknungen, zwei Hackschnitzeltrocknungen und einer Autolackiererei. Es werden in der Biogasanlage außer den nachwachsenden Rohstoffen wie Mais, Getreide, Hirse und Gras, noch Hähnchenmist vergärt. Die Eigenversorgung liegt derzeit bei ca. 50 %.

Besonders wird sehr viel Wert auf Sauberkeit und professionelle Bewirtschaftung der Biogasanlage gelegt.

Die Substratpreise ab Feld für 2007 lagen für Silomais bei 20 € pro Tonne, Gras 17 € pro Tonne und Lieschkolbenschrot bei 50 Euro pro Tonne. Bisher gab es keinerlei Beschaffungsprobleme, da der Kontakt zu den umliegenden Berufskollegen sehr gut ist. Flächentausch, Maschinengemeinschaften und überbetrieblicher Maschineneinsatz senken die Produktionskosten.

Als zahlungsfähiger Geschäftspartner mit hoher Flexibilität und Transparenz, stets um langfristige und nachhaltige Zusammenarbeit bemüht, genießt dieser Betrieb hohe Akzeptanz und Vertrauen bei den Nachbarn.



Abbildung 2: Die Biogasanlage fügt sich an das vorhandene Gelände sehr gut ein und genießt entsprechende Akzeptanz.

Diskussion



BAHRS, WIEN

Sie haben angedeutet, dass sich Auswirkungen im Substratpreismarkt und auch bei den Bodenmärkten gezeigt haben. Wie würden Sie die Zeit von 2001, als Sie begannen, bis zum heutigen Zeitpunkt resümieren, was die Entwicklung der Bodenmärkte anbetrifft, speziell im Regensburger Raum und allgemein im bayrischen Raum und wie werten Sie vor dem Hintergrund die Förderung übers EEG, wie wir sie jetzt haben, und was würden Sie für sinnvoll erachten, wie eine zukünftige Förderung aussehen sollte, auch im Hinblick auf die Auswirkungen auf den Bodenmärkten?

ANTWORT

Von den Bodenpreisen kann man zumindest sagen, die Entwicklung ist steigend. Wir sind ja relativ weit entfernt ca. 50 km nördlich von Regensburg, und bei uns liegt das Pachtpreinsniveau bisher bei 200 Euro pro Hektar. Durch die Erhöhung der Getreidepreise deutet sich eine Erhöhung an. Was letztendlich jetzt bezahlt wird, wird sich herausstellen, aber momentan ist die Steigerung innerhalb von 1 1/2 Jahren von 200 Euro in Richtung 600 Euro. Also Angebot und Nachfrage regeln den Markt. Es hängt natürlich auch mit der Zunahme der Biogasanlagen zusammen. Wir haben mittlerweile sehr viele Biogasanlagen um Schwandorf herum und jetzt wird in Schwandorf gerade die 5 MW-Anlage gebaut, die entsprechend viel Ware benötigt. Es ist ein regelrechter Kampf um Substrat entstanden. Wir haben sehr viele Biogasanlagen und diese müssen zu 100 % zukaufen

und dadurch sind natürlich einige Probleme entstanden. In der Regel haben diese Anlagen auch keine Wärmenutzung und wenn die sich an den Preis der Biogas AG Schmack anlehnen müssen, wobei man dazu sagen muss, Schmack zahlt auch nicht freiwillig höhere Preise, mittlerweile stehen Preise von 39 Euro im Raum. Die Preisfindung entwickelte sich wie folgt. Schmack macht vornehmlich Jahresverträge und zahlt ca. 19 Euro für die Tonne Silomais ab Feld, aber mit Anpassung an den Weizenpreis. Die Verträge wurden vor zwei Jahren gemacht, da lag der Weizenpreis bei ca. 12 Euro. Der Weizenpreis stieg auf 27 Euro und so entwickelte sich der Preis für Silomais, so dass heute 39 Euro für die Tonne bezahlt werden müssen. Das ist wirtschaftlich kaum darstellbar, denn die Transportkosten bei 40 bis 50 km kommen noch hinzu. Außerdem sollte bedacht werden, dass die Feldstücke, wo die Ernte erfolgt, Größen mit 0,5 Hektar haben. Jetzt kommen Sie mit einem Häcksler, z. B. mit einem 10-reihigen Häcksler, der fährt einmal außen herum und ist dann fertig. Diese Logistikkosten sind enorm hoch und deswegen bin ich persönlich überhaupt kein Freund von diesen Großanlagen, nicht weil es jetzt Konkurrenz bringt, sondern weil ich mir als Betreiber einer 500-kW-Anlage nicht vorstellen kann, wie man da auf seine Rendite kommen will. Und wenn ich die Fonds von diesen Großanlagen betrachte, die den Anlegern 11 % Rendite versprechen, dann weiß ich nicht, mache ich irgendwas falsch. Obwohl ich der Meinung bin, dass meine Anlage mit dem Wärmekonzept gut

läuft, d.h. die Wärme wird vollständig genutzt. Unsere Anlage läuft als Trockenfermentationsanlage, die mit einem sehr hohen TS-Gehalt gefahren wird und eine optimale Zuführung nutzt. Ich kann mir nur schwer vorstellen wie die Großanlagen unter diesen Bedingungen Renditen erwirtschaften wollen.

SCHWARZ, WEIHENSTEPHAN

Mir hat als Tierernährer natürlich sehr gefallen, dass Sie Ihren Fermenter mit der Hochleistungskuh verglichen haben. Mich hat aber natürlich auch einiges überrascht und daher möchte ich mit der Silieranlage beginnen. Wie Sie aufgezeigt haben, führen Sie eine intensive Verdichtung durch, was auch verständlich ist, aber dass Sie dann trotzdem ohne Abdeckung hier fahren können, was ja im Prinzip eigentlich doch im Bereich der Milchviehhaltung kritisch zu sehen ist. Weiterhin stellt sich die Frage:

Sammeln Sie ihren Sickersaft auf, um den dann wieder entsprechend zu nutzen, wenn Sie diese rel. lange Zeitdauer von 18 Monaten haben. Die Niederschläge sind ja doch in Ihrer Region sehr intensiv. Zur Entnahmetechnik hätte ich noch eine Frage: Wie bringen Sie das Substrat tatsächlich bis hin zur Verwendung und wie erfolgt die Aufbereitung. Sie haben gesagt, dass die Anlage sehr intensiv betreut werden muss. Gibt es hier einen Feinsteuerungsmechanismus von den Komponenten her, dass Sie sagen, Sie wollen den pH-Wert und diese Situation stabil halten. Steuern Sie dies im wesentlichen über die Substratzusammensetzung, und welche Bedeutung hat insbesondere bei dieser Situation die Verwendung von dem Hähnchenmist, mit dem Sie sehr viele zusätzliche Mikronährstoffe rein bringen oder nehmen Sie noch zusätzliche Stoffe, die vielleicht im Handel angeboten werden.

ANTWORT

Zunächst zur Silage. Ich gebe Ihnen Recht, wenn Sie den Sickersaft nicht auffangen können und in die Güllegrube leiten, müssen Sie abdecken, weil diese Nährstoffauswaschungen erheblich sind. Also da gebe ich Ihnen Recht. Ansonsten ist die Höhe

dieses Silohaufens und die Verdichtung sehr wichtig. Ich habe jetzt leider kein Bild dabei, aber wie Sie an Hand der laufenden Silagequalitätsuntersuchungen erkennen, ist die Qualität der Silage in Ordnung. Es handelt sich um ganz hervorragende Silagen, die Sie auch jederzeit entnehmen. Die oberen 10 cm könnten sie für die Kühe nicht verwenden, aber durch die Einsaat von Raps und Getreide bildet sich eine richtig schöne Wurzelmasse und die dient als Abdeckung. Schimmelt nicht, sondern sie haben nur eine Fäulnis, die dann relativ schnell das Ganze zu macht. Wir haben auch schon beides gemacht. Wir haben abgedeckt und das Problem ist, diese großen Haufen ohne Silowände so abzudecken, dass die auch mal einen Sturm überstehen. Das ist mit so einem Aufwand und auch so viel Kosten verbunden, dass wir eigentlich aus Kostengründen dazu übergegangen sind, nicht mehr abzudecken. Dann kommen die Krähen, hauen Ihnen ein Loch in die Folie! Wir haben beides über Jahre gemacht. Was wir generell abdecken ist die GPS und Grassilage. Dadurch halten wir einfach den TS-Gehalt besser, auch im oberen Bereich, die Verluste wären sonst zu hoch. Aber Maissilage wird nicht mehr abgedeckt.

Wir fräsen alles mit einem Selbstfahremischwagen raus, genau so wie es in der Rinderfütterung mit Computerprogramm üblich ist. Es wird exakt gearbeitet, wenn der Fahrer vernünftig fährt und die einzelnen Komponenten werden aufs Kilo genau rausgefräst. Außerdem erstellen wir jeden Monat eine Soll- und Ist-Auswertung, die dem Fahrer vorgelegt wird, damit er sieht, wie er gearbeitet hat. Was hätte er sollen und was hat er tatsächlich für ein Ergebnis erzielt. Dieser Vergleich ist für die Produktion sehr wichtig. Wenn mir 100 kg Maisschrot zuviel reingefräst werden, weil die Fräse nicht rechtzeitig ausgeschaltet wurde, dann gehen diese 100 kg Körnermaisschrot komplett über die Fackel weg, denn ich fahre 100% Leistung. Ich kaufe nicht 100 kg Maisschrot und fackel diese ab. Deswegen ist es so wichtig.

Diese Probleme haben viele Anlagen nicht, weil die von der Biologie her nicht so optimal laufen, dass sie in diesen permanenten 100%igen Betrieb kommen.

Aber wenn sie permanent 100 % fahren, dann muss alles möglichst exakt passen und dann ginge es auch nicht, wenn ich im Vorratsbehälter mit dem Radlader erst eine Schaufel Schrot rein geben, dann eine Schaufel Grassilage, diese Schichten vermischen sich nicht so gut. Da kommt eben erst mal Körnermais-schrot in die Anlage, dann geht die Fackel an und am nächsten Tage kriegt man dann, wenn das Gras kommt oder abends fehlt, dass der Motor die Leistung nicht bringt.

Meiner Meinung nach ist dies alles sehr wichtig, wenn wir über Verluste im Silo reden und Sie decken das Silo ab mit einer Plane, aber Sie entnehmen bei Anschnittflächen bei 30 m und 5 - 6 m Höhe ihr Substrat mit dem Radlader. Dann brauchen wir nicht darüber zu diskutieren, ob abdecken oder nicht abdecken. Wenn Sie mein Silo anschauen, was nicht abgedeckt ist und mit dem Futtermischwagen an dieser extrem harten Wand runtergefräst wird, dann garantiere ich Ihnen, dass ich erheblich weniger Verluste habe als die Betriebe, die mit dem Radlader ihr Zeug entnehmen. Und die Diskussion, ob der Futtermischwagen zu teuer ist für die Entnahme, die kann ich nicht gelten lassen, weil das meiner Meinung nach günstiger ist als eine Radladerentnahme.

SPIEKERS, GRUB

Ich möchte an die Frage von Herrn Schwarz anschließen. Habe ich Sie richtig verstanden, dass die ganzen Abwässer, die bei den Silagen anfallen, alle wieder in die Biogasgeschichte reingehen. Der zweite Punkt. Wir hatten ja gesehen, dass Sie ihre ganzen Erträge mengenmäßig erfassen und Sie wissen wie viel Trockenmasse Sie geerntet haben. Können Sie uns sagen, wie viel Trockenmasse in die Biogasanlage geht und welche Verluste dann aufgetreten sind, um Ihre Aussage von eben zu verifizieren.

ANTWORT

In dieser Form habe ich noch keine Auswertung gefahren. Das Problem ist natürlich auch, dass ja die Mengen an Sickersäften weglaufen, d.h. die Sickersaftmengen werden nicht erfasst. Die können wir

auch nicht erfassen. Deswegen ist es etwas schlecht darstellbar. Natürlich haben wir auch noch das Niederschlagswasser, auch das können wir definitiv so nicht erfassen, so dass ich ihnen z. Zt. noch keine Auskunft geben kann.

NELLES, ROSTOCK

Kollege Weiland hatte gerade schon angesprochen, dass insbesondere die offenen Gärlager ein großes Problem in der Praxis sind. Da können bis zu 5 % der Methanemission entstehen, was den ökologischen Vorteil der ganzen Technik dann nachher in Frage stellen kann. Sie sagten, Sie haben selber keine Messungen. Haben Sie einmal Messungen gemacht, wie viel Restgaspotential Sie im Endeffekt nachher bzw. im Restlager haben, weil das ist für viele dann der Augenöffner aus wirtschaftlicher Sicht, wenn man merkt, dass da noch ein großes Potential ist und man dann relativ einfach dieses Potential erschließen kann. Dann ergeben sich daraus wirtschaftliche Vorteile. Haben Sie das schon gemacht, wenn nicht, gibt es in Ihrer Region sicherlich genug Untersuchungsanstalten, die mit ein oder zwei Analysen Ihnen zumindest orientierende Werte liefern könnten.

ANTWORT

Aus dem offenen Güllelager weiß ich nicht; aus dem Nachgärer, das könnten wir ja erfassen. Hier wird täglich die Menge gemessen und auch aufgezeichnet. Meine Anlage ist ja eine von diesen 10 Pilotanlagen vom BMELV und ich weiß nicht, Dr. Gronauer ist ja hier, vielleicht wurden aus dem Substrat oder aus dem Endlager einiges untersucht. Können Sie Herr Gronauer, da was zu sagen?

GRONAUER, WEIHENSTEPHAN

In dem angesprochenen Projekt, werden 10 verschiedene Anlagentypen verglichen und u. a. wird eben auch das Material, das aus dem Biogasprozess in das Endlager kommt, mit untersucht. Wir machen gerade aktuell laufend den zweiten Durchgang von Restgaspotentialbestimmungen für den Gärungstest. Im ersten Durchgang zeigen die Ergebnisse eine ge-

wisse Brandbreite, das Restgaspotential liegt zwischen 0,2 % des Methanpotentials im günstigsten Fall und 15 % im negativsten Fall. Das heißt, wir haben hier ein Verfahren und Substrat bedingt hohe Variabilität. 15 % heißt also, Klimagasbilanz ist absolut negativ, die kW-Stunde wird mit mehr CO₂ produziert als der deutsche Kraftwerkmix und dieses Beispiel, gerade im Fall Eltz-Betrieb. Durch das Abpressen der Feststoffe vor der Weiterverarbeitung entzieht man dem zu lagernden Substrat potentiell Material und da tritt dann eben zu Tage, obwohl die Verweilzeit gesamt in der Anlage deutlich kürzer ist als in vergleichbaren anderen Anlagen, dass dann das Restgaspotential geringer ausfällt.

ANTWORT

Noch zu ihrer Frage. Sie haben nach dem Einsatz von Hähnchenmist gefragt. Wir haben Erfahrungen mit dem Einsatz von Hähnchenmist gemacht. So wurden bereits Hähnchenmistanteile in der Anlage von 50 % und darüber genutzt und wir hatten dann enorm hohe Stickstoffbelastungen im Fermenter, was natürlich eine Hemmung bringt und wir sind auch thermophil gefahren, dies führt noch mal zu einer hohen Belastung und die Leistungen der Anlage gehen dann auf max. 60 % zurück. Deswegen haben wir gesagt, Hähnchenmist in dieser Menge das ist zwar günstig, weil uns der nichts kostet, aber die anderen Probleme, die man eben damit hat, haben uns eigentlich bewogen, die Menge zurückzufahren. Aber der Hähnchenmist selber in geringer Menge ist ein hervorragender Stoff, um Mineralien in die Anlage hereinzubringen. Ich betreue auch andere Biogasanlagen und wenn sie die Anlage mit Maismonovergärung anfahren, 3/4 Jahr funktioniert es hervorragend, dann sind i.d.R. die Spurenelemente abgebaut und es treten die Probleme auf. Wenn Sie dann diese Spurenelementmischung hinzunehmen, dann laufen die Anlagen plötzlich wieder. Im letzten Jahr haben wir einen Versuch mit Spurenelementen von Schaumann gefahren, wo es darum ging, eine funktionierende Anlage, die von der Biologie im optimalen Bereich lief, ob durch Einsatz von Spurenele-

menten noch eine Verbesserung erzielt werden kann. Als Beispiel kann durch Zugabe von bestimmten Spurenelementen Futter eingespart werden. In diesem speziellen Versuch war es nicht so. Also wenn Sie ihre Bakterien gut versorgen z. B. mit anderweitigen Spurenelementen, über den Hähnchenmist dann ist kein großer zusätzlicher Effekt bemerkbar. Auch die anderen Anlagen, die ich betreue, arbeiten u.a. mit Putenmist oder auch Hähnchenmist. Dort funktioniert es hervorragend und die, die ohne Puten- oder Hähnchenmist fahren, haben gute Erfolge mit diesen Spurenelementmischungen. Bei uns hat es nichts gebracht, wir arbeiten ja auch mit Hähnchenmist. Kleine Optimierungsmöglichkeiten wird man jedoch immer neu erschließen können.

HELLMUTH, KIEL

Mich interessiert das mit der Fackel. Gibt es neben den Vorschlägen, die Sie genannt haben, noch andere wichtige Ansätze, wo Sie sagen könnten, das wäre ein guter Ansatz um das Abfackeln möglichst zu reduzieren und dann in Ergänzung zu Herrn Weiland die andere Strategie, eben zu sagen, den Motor vielleicht auf Spitzenlastbetrieb oder auf Abrufe zu konzentrieren? Ist das eine andere Philosophie, die für Sie interessant wäre?

ANTWORT

Ja, das habe ich mit unserem Energieversorger schon einmal besprochen. Ich habe EON gefragt, ob sie Interesse hätten, dass wir einen großen Nachtspeicher bauen und dann einspeisen, wenn sie den Strom brauchen. Das interessiert die Firma überhaupt nicht. So ungefähr, es lohnt sich gar nicht hierfür aktiv zu werden. Aber vielleicht ändern sich noch die Zeiten. Ich hatte es versucht, weil ich noch den 250 m³ Gasspeicher von der 250 kW-Schiene habe. Aber z.Zt. besteht kein Interesse.

Entwicklung und Zukunftschancen biogener Kraftstoffe



1 Aktuelle Entwicklungen in den Biokraftstoffmärkten

Biogene Kraftstoffe spielen bei der Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels und der Sicherheit der Energieversorgung eine bedeutende und weltweit zunehmende Rolle. Mit Biokraftstoffen sollen neben energie- und umweltpolitischen auch agrarpolitische Ziele erreicht werden.

Ethanol ist weltweit der wichtigste Biokraftstoff. Die globale Ethanolproduktion hat sich von knapp 30 Mio. m³ im Jahre 2000 auf rund 62 Mio. m³ in 2007 mehr als verdoppelt. Auch beim Biodieselmärkte sind starke Wachstumsraten zu verzeichnen. Die globale Produktion stieg zwischen 2005 und 2007 von 3 Mio. t auf knapp 8 Mio t. Das Produktionsvolumen hat sich damit fast verdreifacht. Biogas spielt bislang keine Rolle im Kraftstoffmarkt. Biokraftstoffe der zweiten Generation werden kurz- und mittelfristig ebenfalls keine wesentlichen Marktanteile verbuchen können.

Das starke Wachstum bei Bioethanol und Biodiesel hat in den letzten Jahren zu einer regelrechten Euphorie im Markt geführt. Dem Rausch folgte die Ernüchterung. Biokraftstoffe sind nun der Sündenbock für steigende Rohstoffpreise, zunehmenden Hunger in der 3. Welt, Landnutzungskonflikte, Regenwaldabholzung und viele andere Probleme. Biokraftstoffe werden sogar als „ein Verbrechen an der Menschheit“ bezeichnet. In der öffentlichen Diskussion, die durch Partikularinteressen manipuliert sein mag, werden die Sachverhalte nicht sachlich zutreffend dargestellt. Landnutzungsänderungen und fortschrei-

tende Entwaldung sind kein neues Problem, das erst mit dem Auftreten der Biokraftstoffe entstand. Das Beispiel Amazonas zeigt, dass vor allem Viehzucht und Holzwirtschaft die wesentlichen Treiber für die großflächigen (legalen und illegalen) Rodungen in den letzten Jahrzehnten gewesen sind. Auch die steigende Soja- und Palmölnachfrage der Lebens- und Futtermittelindustrie hat wesentlich zu Rodungen beigetragen. Vom weltweiten Pflanzenölverbrauch in Höhe von 126 Mio. t in 2007 gingen nur 10 Mio. t in die Biodieselproduktion. Weniger als 1% des globalen Palmölverbrauchs entfällt auf die Bioenergieproduktion. Von daher ist es sachlich falsch, wenn Rodungen auf Borneo und die Bedrohung der Orang Utan-Population einzig der Biodieselproduktion „in die Schuhe geschoben“ werden.

Stark verbreitet ist auch das Argument, Biokraftstoffe hätten den Preisauftrieb bei landwirtschaftlichen Rohstoffen verursacht. Richtig ist, dass nur 1,6% des in der EU verwendeten Getreides für die Produktion von Bioethanol verwendet wird, fast drei Fünftel des gesamten Getreides geht dagegen in die Futtermittelindustrie. Die hohen Preise für Getreide sind im Wesentlichen zurückzuführen auf die wachsende Nachfrage (Bevölkerungswachstum und Wohlstandsmehrung mit veränderten Ernährungsverhalten), die aufgrund schlechter Ernten in den zurückliegenden Jahren nur durch einen massiven Abbau der Lagerbestände befriedigt werden konnte. Zudem nutzen Spekulanten die höhere Volatilität im Markt. Kurzfristig steht der steigenden Nachfrage ein

unelastisches Angebot gegenüber, mittel- bis langfristig wird jedoch eine deutliche Ausdehnung des Angebots sowohl durch höhere Flächenproduktivität als auch durch eine Flächenausdehnung erwartet.

Hunger in der 3. Welt hat in erster Linie mit politischen und strukturellen Problemen zu tun, wie das Beispiel Zimbabwe zeigt. Biokraftstoffe können den Hunger in Entwicklungsländern nur dann fördern, wenn dort Biomasse statt für die Nahrungsmittelproduktion energetisch verwendet wird. Dies ist heute nicht der Fall. In den letzten vier Dekaden sind die realen Preise für landwirtschaftliche Rohstoffe kontinuierlich gesunken. Gleichzeitig wurden Überschüsse aus der EU und den USA zu Dumpingpreisen in Entwicklungs- und Schwellenländern abgesetzt. Dies hat dazu geführt, dass in vielen Entwicklungs- und Schwellenländern die landwirtschaftliche Produktion zurückgegangen ist. Ein Rückgang der Importe aus den USA und der EU und steigende Preise für landwirtschaftliche Rohstoffe schaffen die Voraussetzungen dafür, dass die Landwirtschaft in Entwicklungs- und Schwellenländern ihre Produktion ausdehnen kann. Da ein Großteil der Bevölkerung in diesen Ländern in der Landwirtschaft tätig ist, profitieren diese Menschen unmittelbar und mittelbar von dem Ausbau der landwirtschaftlichen Produktion. Viele Entwicklungs- und Schwellenländer haben zudem das Potential, den Weltmarkt mit Biokraftstoffen zu versorgen. Dies schafft mittelfristig zusätzliche Beschäftigungs- und Einkommensmöglichkeiten, die in der Diskussion über steigende Preise für Grundnahrungsmittel berücksichtigt werden sollten.

Kritisch diskutiert wird derzeit auch das Treibhausgasersparungspotential von Biokraftstoffen. Von Biokraftstoffgegnern wird argumentiert, Biokraftstoffe würden mehr Treibhausgasemissionen verursachen als sie einsparen. Treibhausgasbilanzen von Biokraftstoffen sind in der Tat sehr unterschiedlich. Sie werden wesentlich beeinflusst von den eingesetzten Rohstoffen und den Energiequellen für den Konversionsprozess. Der Einsatz von wenig effizienten Konversionsprozessen mit hohen Treibhausgasemissionen sollte vermieden werden. Flächen, in denen große

Mengen Kohlenstoff gespeichert sind oder die eine hohe Biodiversität aufweisen, sollen nicht in landwirtschaftliche Nutzflächen für die Biomasseproduktion für Biokraftstoffe transformiert werden. Sind mit der Produktion von Biokraftstoffen jedoch solche Landnutzungsänderungen verbunden, dann verschlechtern sich die Treibhausgasbilanzen erheblich. Die Konversion von Land (vor allem Rodung von Primär- und Sekundärwäldern, Umwandlung von Feuchtgebieten, Gründlandumbruch) unmittelbar für die Biokraftstoffproduktion sollte daher unbedingt vermieden werden. Stattdessen sollten ungenutzte Ackerflächen und degradierte Flächen für die Produktion von Biomasse für den Biokraftstoffsektor genutzt werden. Werden die negativen Landnutzungsänderungen ausgeschlossen, sind die Treibhausgasbilanzen von Biokraftstoffen im Regelfall positiv. Sie tragen damit zur Erreichung der Klimaschutzziele bei.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum sowie die Umstellung der Ernährung (höherer Fleischkonsum, z.B.: China 1980: 20 kg/Person, 2007: 50 kg/Person) den größten Druck auf landwirtschaftliche Flächen ausüben und auch den Preisaufrtrieb bei landwirtschaftlichen Rohstoffen im Wesentlichen zu verantworten haben. Der Anteil der Biokraftstoffe an den globalen Agrarmärkten ist bei Getreide und Ölen dagegen relativ klein. Nur kurzfristig bei unelastischem Angebot könnten von dieser zusätzlichen Nachfrage Preissteigerungen verursacht werden. Steigende Preise werden zu einer Ausdehnung des Angebots führen. Kritisch für die weitere Förderung von Biokraftstoffen wird deren Nachhaltigkeit sein.

2 Zur Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen

Nachdem Biokraftstoffe in jüngster Vergangenheit zunehmend in die Kritik geraten sind, verlangen Vorschläge zur Neuausrichtung der Biokraftstoffpolitik einen Nachweis der Nachhaltigkeit der eingesetzten Biokraftstoffe. Auf europäischer Ebene wird die Nachhaltigkeit in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie und in der Kraftstoffqualitäts-Richtlinie gefordert. In Deutschland schreibt das Biokraftstoffquotengesetz

vor, „dass Energieerzeugnisse nur dann als Biokraftstoffe anzuerkennen sind, wenn bei der Erzeugung der eingesetzten Biomasse nachweislich bestimmte Anforderungen an eine nachhaltige Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen oder bestimmte Anforderungen zum Schutz natürlicher Lebensräume erfüllt werden oder wenn das Energieerzeugnis ein bestimmtes CO₂-Vermeidungspotenzial aufweist.“ Ähnliche Vorstellungen verfolgt die EU-Kommission, die ein System zur Sicherung der Nachhaltigkeit einführen will. In Deutschland wurde eine entsprechende Nachhaltigkeitsverordnung erarbeitet, die in Brüssel notifiziert wurde. Die Kommission strebt allerdings eine einheitliche Nachhaltigkeitsregelung für den EU-Binnenmarkt vor und hat die deutsche Nachhaltigkeitsverordnung erst mal „auf Eis“ gelegt. Eine Arbeitsgruppe auf EU-Ebene ist derzeit mit der Erarbeitung eines Kriterienkatalogs für den Binnenmarkt beschäftigt.

Neben der Sicherstellung einer nachhaltigen Produktion der Biomasse für die Bioenergieerzeugung steht das Ziel der Treibhausgaseinsparung im Vordergrund. Die Tendenz geht dahin, nicht mehr reine Mengenvorgaben für die Verwendung von Biokraftstoffen zu machen. Vielmehr zeichnen sich zunehmend Vorgaben über die zu erzielende Menge an Treibhausgas-Einsparungen oder zumindest über einen zu erzielenden prozentualen Mindestwert an Treibhausgaseinsparungen für Biokraftstoffe ab, die durch Beimischungsquoten oder Steuerentlastungen gefördert werden können.

Die Vorschläge der Bundesregierung und der europäischen Kommission enthalten so genannte „Defaultwerte“ (Standardwerte) für die mit einzelnen Biokraftstoffen aus unterschiedlichen Rohstoffen und Regionen erzielbaren THG-Einsparungen. Jeder Produzent von Biokraftstoffen kann aber auch durch einen Detailnachweis der tatsächlich erzielten Einsparungen einen unternehmensspezifischen Wert ermitteln lassen, der Defaultwert ist dann nicht mehr anzuwenden. Dies ist insbesondere für Unternehmen interessant, die besonders Energie- und THG-optimierte Biomasse und Prozesse nutzen. Die Höhe der

THG-Einsparungen wird zu einem differenzierenden Produktmerkmal, Anreize für Innovationen werden über die Möglichkeit des individuellen Nachweises gegeben.

Bei der Betrachtung der THG-Einsparungen kommt den Landnutzungsänderungen besondere Bedeutung zu. Werden beispielsweise Weiden oder Wälder in Ackerflächen verwandelt, kommt es zu beachtlichen Kohlenstoffemissionen, die die THG-Bilanz der Biokraftstoffe erheblich belasten. Kritiker fordern daher, dass die Produktion von Biomasse nicht zu einer direkten oder indirekten Landnutzungsänderung führen darf. Deshalb wird es für die Biokraftstoffproduzenten wichtig sein nachzuweisen, dass keine Landnutzungsänderungen stattgefunden haben. Gelingt dieser Nachweis nicht, ist der Biokraftstoff in Zukunft kaum noch absetzbar. Gelingt es den Produzenten in Südostasien und in Lateinamerika aber nachzuweisen, dass ihre Produktion nicht unmittelbar zu direkten Landnutzungsänderungen geführt hat, dann haben importierte Biokraftstoffe einen großen Vorteil.

Die vorgegebenen Defaultwerte für die THG-Einsparungen und auch der mögliche Nachweis tatsächlicher Einsparungen für die einzelnen Biokraftstoffe mit Hilfe einer Nachhaltigkeitszertifizierung werden daher in Zukunft einen erheblichen Einfluss auf die relative Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Biokraftstoffe untereinander haben. Dies hat Auswirkungen auf die deutsche und europäische Biokraftstoffproduktion und auf den internationalen Handel mit Biokraftstoffen und ihren Rohstoffen.

Für die Mineralölindustrie wird entscheidend sein, die vorgeschriebene einzusparende Menge möglichst kostengünstig zu erzielen. Dieser Paradigmenwechsel in der Biokraftstoffpolitik hat zur Folge, dass sich der Wert einzelner Biokraftstoffe zunehmend aus deren THG-Bilanz bestimmt, so dass dieser eine erhebliche ökonomische Bedeutung zukommt und die Wettbewerbsposition der Biokraftstoffe untereinander beeinflusst. Die Wettbewerbsfähigkeit importierter Biokraftstoffe wird über den Hebel der Anrechnung der höheren THG-Einsparungen noch weiter gestärkt.

Ziel der neuen Politik ist die Förderung des Einsatzes nachhaltiger Biokraftstoffe mit möglichst hohen THG-Einsparungen, die THG-Vermeidungskosten werden damit zu einem entscheidenden Produktmerkmal. Die bestehende Biokraftstoffproduktion in Deutschland und Europa dürfte es schwer haben, sich im entstehenden Nachhaltigkeitswettbewerb zu behaupten und die Importe aus Ländern, die aufgrund der Rohstoffsituation und der klimatischen Bedingungen für die Biokraftstoffproduktion besonders geeignet sind, könnten steigen.

Voraussetzung hierfür ist aber stets der von der Politik verlangte Nachhaltigkeitsnachweis. Dieser wird de facto zu einer Marktzugangsvoraussetzung. Die nachhaltige Biomasse- und Biokraftstoffproduktion muss glaubhaft nachgewiesen werden. Dabei gilt es zu verhindern, dass lediglich die Produktion von Biomasse für Biokraftstoffe nachhaltig wird und die nicht-nachhaltige Produktion einfach nur in andere Bereiche verschoben wird. Daher ist der teilweise schon verfolgte Ansatz richtig, Nachhaltigkeitsanforderungen nicht nur für Biokraftstoffe, sondern für die komplette Bioenergieproduktion und perspektivisch auch für die weiteren Endverwendungsbereiche (Lebensmittel, Futtermittel und Biomasse für die stoffliche Nutzung) umzusetzen.

Die Umsetzung der Nachhaltigkeitsanforderungen erfordert die Etablierung eines internationalen Zertifizierungssystems. Der Markt setzt bislang keine Anreize für eine nachhaltige Produktion. Die Forderung der Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien ist sinnvoll, um dieses Marktversagen zu korrigieren. Zertifizierung ist das Instrument, um das Marktversagen zu beheben und eine Produktdifferenzierung zu ermöglichen. Bislang bestehen keine Zertifizierungssysteme, die die Nachhaltigkeitsanforderungen von Politik und Gesellschaft wirkungsvoll abdecken. Heute bestehen lediglich verschiedene, unterschiedlich weit entwickelte und meist rohstoffspezifische Ansätze, die alle die verlangten Nachhaltigkeitsanforderungen nicht abdecken. Praktische Erfahrungen bzgl. der Umsetzung geeigneter Systeme, die neben dem Biokraftstoffsektor auch andere Verwendungs-

möglichkeiten abdecken, gibt es nicht. Es steht zu befürchten, dass das Nebeneinander verschiedener Systeme zu Mehrfachverwendungen einzelner Zertifikate führt, Doppel- und Mehrfachzertifizierungen durchgeführt werden und die Glaubwürdigkeit und Effektivität leidet, sowie zu hohe Kosten verursacht werden.

Vor diesem Hintergrund wurde das von BMELV/FNR unterstützte Pilotvorhaben zur Zertifizierung von Biomasse und Bioenergie initiiert. Ziel des Vorhabens ist der Test eines pragmatischen, international ausgerichteten Zertifizierungssystems, das

- die Gefahr einer nicht nachhaltigen Erzeugung von Biomasse und Bioenergie reduziert
- als Nachweis der THG-Emissionen von Biokraftstoffen über den Lebenszyklus verwendet werden kann
- den administrativen Aufwand der Zertifizierung so weit wie möglich reduziert.

Dieses Pilotvorhaben ist die Fortsetzung einer konzeptionellen Arbeit aus den Jahren 2006 und 2007, die ebenfalls von BMELV und FNR gefördert wurde. Die zentralen Herausforderungen bezüglich Nachhaltigkeit und Treibhausgasreduzierung sollen im Pilotvorhaben wirkungsvoll abgedeckt werden. Es wird nicht versucht, möglichst viele Nachhaltigkeitsthemen in das System zu integrieren, sondern fokussiert auf die wirklich drängenden Probleme einzugehen. Zusätzlich, in Abhängigkeit von regionalen und Biomasse-spezifischen Besonderheiten, sind weitere spezifische Themen wie etwa Bodenerosion oder Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit zu berücksichtigen. Grundsätzlich müssen dabei messbare, verifizierbare Kriterien herangezogen werden. Die Zertifizierung selbst sollte über eine „schlanke“ Organisation möglichst kosteneffizient erfolgen und auf standardisierte Wertschöpfungsketten sowie bereits bestehende Systeme aufbauen. Das Zertifizierungssystem ist so konzipiert, dass es z.B. alle Anforderungen der deutschen Nachhaltigkeitsverordnung erfüllt.

Das Projekt fokussiert dabei nicht allein auf die nationale Nachhaltigkeitsverordnung oder die Vorgaben der EU-Kommission, es geht vielmehr um den Aufbau eines internationalen Zertifizierungssystems und die Integration verschiedener nationaler Ansätze in einem Meta-System.

Aus der Gesamtzielsetzung wurden die nachfolgend aufgeführten Arbeitsziele für das Projekt abgeleitet:

- Prozessentwicklung zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit in einer Wertschöpfungskette unter Berücksichtigung unterschiedlicher Chains of Custody für Lieferungen von Biomasse / Bioenergie aus der EU-27, Brasilien, Argentinien, Malaysia und Indonesien
- Konkrete Berechnung von THG-Emissionen (Berechnungsmethodik, Default Values für Biomasse und Biokraftstoffe, regional differenziert)
- Aufbau von Verifizierungs- und Monitoringelementen (Zertifikate, Registratur, Flächenerfassung, ggf. Handelsplattform etc.)
- Aufbau Metasystem (Harmonisierung verschiedener Zertifizierungssysteme) inkl. Organisation und Prozesse zur Akkreditierung und Anerkennung
- Operationalisierung der relevanten Nachhaltigkeitskriterien für die praktische Anwendung; Anpassung an regionale und kulturbezogene Gegebenheiten
- Gezielte Öffentlichkeitsarbeit zur Erreichung eines hohen Bekanntheitsgrades und der Anerkennung des Zertifizierungssystems bei relevanten Unternehmen, Organisationen (EU-Kommission, UNEP, FAO, etc.) und der Gesellschaft
- Schaffung der Voraussetzungen für ein erfolgreiches globales Roll out nach der Pilotphase.

Die Arbeitsziele werden unter Einbindung von Unternehmen entlang der verschiedenen Wertschöpfungsketten und unter Berücksichtigung der verschiedenen Verwendungsoptionen von Biomasse erreicht. Auch NGOs, internationale Organisationen und Vertreter aus der Politik sind in das Projekt einbezogen.

Das Projekt hat im Februar 2008 begonnen und hat eine Laufzeit von 24 Monaten. Erste Zwischen-

ergebnisse werden für den Herbst 2008 erwartet. Das Projekt bietet die Chance, eine Vorreiterrolle bei Nachhaltigkeit und Zertifizierung von Biomasse und Bioenergie einzunehmen und den Dialog mit wichtigen Stakeholdern sowohl in Europa als auch in Lateinamerika und Asien konkret fortzuführen. Das System soll sichere Zertifikate, sowohl für Nachhaltigkeit als auch Treibhausgaseinsparung zur Verfügung stellen und damit zur Stärkung der Akzeptanz von Biokraftstoffen in der Gesellschaft beitragen. Zudem sollen Kosteneinsparungen durch die Harmonisierung verschiedener Systeme sowie die Sicherheit durch den Aufbau einer Registratur für Flächen und Zertifikate ermöglicht werden.

3 Perspektiven von Biokraftstoffen

Die Abhängigkeit von Ölimporten steigt in vielen Ländern. Insbesondere im Transportsektor wird die zusätzliche Ölnachfrage weiter wachsen. Auch die Treibhausgasemissionen im Transportsektor nehmen weiter zu. Die Ölpreise werden sich weiterhin auf einem hohen Niveau bewegen und Versorgungsengpässe bereits in der nächsten Dekade werden nicht mehr ausgeschlossen. Heutige Projekte zur Ölgewinnung sind evtl. nicht ausreichend, um steigender Nachfrage und sinkender Produktion zu begegnen.

Bioenergie macht fast 70% der erneuerbaren Energien in Deutschland aus. Um die politischen Ziele bei den erneuerbaren Energien zu erreichen, ist der Einsatz von Biomasse unumgänglich.

Die Möglichkeiten zur Substitution von Öl im Transportsektor sind extrem begrenzt, alternative Antriebstechnologien (z.B. Brennstoffzelle mit Wasserstoff, Elektrofahrzeuge) sind noch nicht marktreif. Die Treibhausgasvermeidung mit Biokraftstoffen ist eine teure Option, allerdings bestehen im Transportsektor aufgrund der weiter ansteigenden CO₂-Emissionen auch die größten Herausforderungen.

Vor diesem Hintergrund werden die Perspektiven von Biokraftstoffen langfristig positiv bewertet. Öl wird zwar weiterhin die Energieverwendung im Transportsektor dominieren, der Beitrag der Biokraftstoffe wird aber größer und kann über eine

Entlastung des Marktes ggfs. dem Preisaufrtrieb bei Benzin und Diesel entgegenwirken. Insgesamt wird der globale Biokraftstoffmarkt – ggfs. nach einer Konsolidierungsphase – weiter wachsen, insbesondere in Brasilien und den USA. Brasilianisches Ethanol ist bereits wettbewerbsfähig und wird im lokalen Markt verstärkt nachgefragt. Die Produktionskapazitäten werden ausgebaut. Aktuell befinden sich 77 Ethanolanlagen in verschiedenen Phasen der Planung und des Baus. In den USA ist die Förderung von Biokraftstoffen der 1. Generation mengenmäßig begrenzt, zukünftiges Wachstum soll insbesondere auf der Basis von Lignozellulose-Ethanol erfolgen. In Europa ist die weitere Entwicklung des Biokraftstoffmarktes von anstehenden politischen Entscheidungen (z.B. Festhalten am 10%-Ziel für 2020, Sicherung der Einfuhrzölle für Ethanol auf dem aktuellen Niveau) und der Preisentwicklung bei den eingesetzten Rohstoffen abhängig.

Biokraftstoffe der 2. Generation (BtL, Biomass-to-Liquid; Lignozellulose-Ethanol) sind bislang nicht marktreif. Biokraftstoffe der 1. Generation weisen noch ein erhebliches Optimierungspotential auf. Dies wird in der öffentlichen Diskussion kaum berücksichtigt. Biokraftstoffe der 1. Generation werden für mindestens eine weitere Dekade eine wichtige Rolle im Biokraftstoffmarkt spielen. In Brasilien wird Ethanol aufgrund der günstigen Kostenposition auch in Zukunft den Biokraftstoffmarkt dominieren, in den USA werden verstärkt Bemühungen unternommen, die Energiebilanz bestehender Ethanolanlagen und damit auch die Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. Biodiesel wird verstärkt in der Beimischung in vielen Ländern eingesetzt. Die Hydrierung von Pflanzenölen stellt für die Biodieseltechnologie eine Bedrohung dar. Wasserstoff auf der Basis von Biomasse ist eine Option, die erst sehr langfristig zum Tragen kommen könnte.

Eine nachhaltige Produktion der Biokraftstoffe wird von Politik und Gesellschaft gefordert, nicht nur in Europa, auch in den großen Biokraftstoffländern USA und Brasilien. Die Zertifizierung erlaubt es, nachhaltige von nicht nachhaltigen Biokraftstoffen

zu unterscheiden und somit zu einer Stärkung der Akzeptanz von Biokraftstoffen in der Gesellschaft beizutragen. Mit einem Zertifizierungssystem, das Anreize für eine nachhaltige und Treibhausgas-arme Biomasse- und Biokraftstoffproduktion setzt, können Nachhaltigkeitsvorgaben der Politik wirksam umgesetzt werden. Allerdings sollen nicht nur Biokraftstoffe, sondern auch andere Bioenergien und Biomasse für konventionelle Verwendungen nachhaltig produziert werden, da die Zertifizierung aufgrund der sog. „Leakage-Effekte“ sonst nicht effektiv ist. Deshalb müssen entsprechende Zertifizierungssysteme mittel- und langfristig auf alle Biomasse-Verwendungsformen ausgedehnt werden.

Diskussion



WAGNER, HALLE

Ein Großteil der Akzeptanz z. B. für Biokraftstoffe ist ja abhängig von der Preisentwicklung auf den Weltmärkten und Sie sagten, Sie könnten nicht verstehen, weshalb diesen Biokraftstoffen ein so hoher Impact auf die Preise für Nahrungsrohstoffe zugeschrieben wird. Mich würde interessieren, wie hoch Sie den Anteil des Einflusses von Biokraftstoffen auf die Preise für Nahrungsrohstoffe halten. Sie sagten 60 %, was die Entwicklungshilfeministerin sagte, sei zu hoch. Aber ein kleines Zahlenbeispiel von der Gesamtgetreideproduktion weltweit gehen vielleicht 10 % an den Markt. Wenn von der Gesamtgetreideproduktion 5 % in die Biokraftstoffe gehen, dann entziehen Sie dem Markt die Hälfte oder reduzieren das Angebot auf die Hälfte. Das hat doch bei den Preiselastizitäten, die hoch sind, für nicht substituierbare Güter einen enormen Einfluss und ich würde gerne mal wissen, wie Sie dazu stehen und vor allen Dingen, was Sie glauben, wie hoch der Einfluss der Biokraftstoffe auf die Preise für Nahrungsrohstoffe ist.

ANTWORT

Also es ist zufällig so, dass wir in den letzten 1 1/2 Jahren sehr hohe Preise hatten, weil wir eine besondere Situation auf dem Markt hatten. Auf der einen Seite die zunehmende Nachfrage, Missernten, deutlich zurückgehende Lagerbestände und dann kommt noch eine zusätzliche Nachfrage durch die Biokraftstoffe. Eine solche Situation hat schon Auswirkungen auf den Preis. Die Frage ist jedoch, wollen wir hier

eine kurzfristige, eine Momentaufnahme machen, wo wir eine bestimmte Situation betrachten oder muss man das mittel- bis langfristig dezent betrachten. Die Wirkung auf den Preis ist deswegen so hoch, weil das Angebot so kurzfristig nicht aufzufangen war. Das ist das Problem. Aber die Landwirtschaft kann ja entsprechend reagieren und wenn ich das richtig verstanden habe, tut sie das auch schon.

BAHRS, WIEN

Ich möchte gleich an die Frage vom Kollegen Wagner anschließen und auch die Preiselastizität der Nachfrage aufgreifen, in diesem Fall nicht für die Nahrungsmittel, sondern für die Treibstoffe selbst. Sie haben selbst gesagt, 130 Dollar pro Barrel haben wir jetzt verzeichnet. Man tankt für € 1,50 an der Tankstelle den Liter. Aber offenbar tangiert es den Verbraucher zumindest in den Industrieländern noch nicht zu sehr. Die Nachfrage geht noch nicht so stark zurück. Jetzt haben sie den Entwicklungspfad für Kraftstoffe gemäß internationaler Energieagentur aufgezeigt bis zum Jahr 2030 und es war ja eine massive Steigerung zu erkennen. Ist damit möglicherweise nicht auch eine zu geringe Preiselastizität der Nachfrage verbunden? Wenn wir bei Preisen von € 2,00 oder € 2,50 oder vielleicht sogar noch mehr pro Liter sind. Ist die Preiselastizität der Nachfrage nicht dann doch so hoch, dass wir eine so große Nachfrage, wie im Jahr 2030 prognostiziert, vielleicht gar nicht haben?

ANTWORT

Es kann natürlich passieren. Ich vermute aber auch mal, dass die internationale Energieagentur dieses in dem Bericht mit berücksichtigt hat. Wir haben diese Kalkulation nämlich nicht aufgestellt, ich habe sie hier letztendlich zitiert. Die hohen Ölpreise in Deutschland und die hohen Benzinpreise führen ja nicht unbedingt dazu, dass die Leute alle Lupo kaufen oder andere Kleinstfahrzeuge. Es sind ja nach wie vor diese größeren Fahrzeuge wie Geländewagen, Vans und sonstige Spielzeuge verstärkt in der Nachfrage und das ist das, was letztendlich gefahren wird. Ich glaube, mein genereller Eindruck ist der, dass in diesen Entwicklungs- und Schwellenländern, dass es schon bei den Verbrauchern eine massive Präferenz auch für mehr Mobilität, für mehr komfortable Mobilität, auch im eigenen Fahrzeug, also im Individualverkehr letztendlich und dass das die Nachfrage auch treiben wird. Ob es da hinterher zu einer Abflachung kommt aufgrund der Preiselastizität der Nachfrage, kann man diskutieren, ich kann aber jetzt auch nicht weiter dazu Stellung nehmen.

BERG, BONN

Es bleibt im Moment bei den Fragern eine Runde der Ökonomen. Was mich etwas irritiert an der Diskussion ist diese völlig einseitige Festlegung auf die Treibhausgasbilanzen als das größte Problem der Menschheit offensichtlich. Wenn wir uns die nüchternen Zahlen ansehen, Verbrauchszahlen, Nachfrageentwicklung, Wirtschaftsentwicklung, global weltweit, insbesondere in Ostasien, China und Indien, dann spricht das eine deutlich andere Sprache. Der wesentliche Treiber der Entwicklung ist die Nachfragesteigerung. Dann müssen wir uns nur vorstellen, dass eine extra Population der derzeitigen Wirtschaftsentwicklung in China dazu führen wird, dass die zwischen 2025 und 2030 das Pro-Kopf-Einkommen der Amerikaner aus dem Jahr 2000 erreichen werden. Wenn Sie dann mal versuchen, denen die Verbrauchsmengen zu unterstellen, die ein Durchschnittsamerikaner im Jahr 2000 hatte, dann

würde das bedeuten, rein als Zahlenspiel, dass alleine die Nachfrage Chinas nach Erdöl die aktuelle Förderung um 25 % übersteigen wird. Das geht nicht. Das kann nicht gehen. Da müssen Änderungen stattfinden und es werden Änderungen stattfinden im Energiemix. Aber die Frage, die sich mir stellt, ist die heute getroffene, völlig einseitige Festlegung der Politik. Ist Treibhausgasemissionen das Instrument, was die richtigen Anreize setzt, wenn die Treiber der Entwicklung ganz andere sind? Ich habe die Befürchtung, dass wir in eine völlig falsche Richtung steuern, weil wir die wahren Treiber der Entwicklung völlig verkennen. Wenn man mir 100 Mrd. Dollar zur Verfügung stellen würde, ich sollte sie ausgeben, für die wichtigsten Probleme der Menschheit, hätte ich wahrscheinlich keinen Dollar übrig für Klimaschutz.

ANTWORT

Das ist eine grundlegende Frage und eine Frage der grundsätzlichen Einschätzung, wie Sie zum Klimaschutz und zu den Treibhausgasemissionen stehen. Man könnte wahrscheinlich auch in die absolut entgegengesetzte Richtung argumentieren, die 100 Mrd. Dollar komplett in den Klimaschutz zu investieren, da das das größte Problem der Menschheit sein kann oder ist. Darüber kann man diskutieren. Ich glaube, das ist aber auf jeden Fall ein Blickwinkel, wo man nicht nur schwarz und weiß betrachtet, sondern auch gewisse Grauschattierungen mit verfolgt. Nach meiner persönlichen Einschätzung ist es so, dass wir das Thema Klimaschutz und Klimawandel schon extrem ernst nehmen müssen, d. h., alles was wir von renomierten Wissenschaftlern wissen, ist eigentlich, dass es ein extrem seriöses und großes Problem ist, dessen wir uns hier annehmen sollten. Das ist das eine. Und auf der anderen Seite haben wir natürlich auch ein Versorgungsproblem mit Energie und mit Nahrungsmitteln. Das ist etwas, was man auch berücksichtigen muss. Ich habe eingangs dargestellt, die soziale Situation von Brasilien mit der Landnutzungsänderung. Wir werden nicht umhin kommen, die landwirtschaftlichen Nutzflächen weiter aus zu

dehnen. Die Brasilianer sind sehr stark dabei, die Argentinier machen das, auch in bestimmten afrikanischen Ländern wird es in diese Richtung gehen. Es wird nicht ohne gehen, aufgrund der zunehmenden Bevölkerung und aufgrund des zunehmenden Energieverbrauchs. Von daher haben wir schon mehrere Ziele, die verfolgt werden müssen. Einerseits Klimaschutz, aber auch Sicherstellung der Versorgung der Menschheit mit Nahrungsmitteln und Energie. Und ich würde niemals eine Strategie fahren auch bei den Biokraftstoffen, wo sie allein nur noch abhängig sind vom fossilen Öl.

NELLES, ROSTOCK

Ich habe zwei Fragen. Zum einen geht es um die globale Zertifizierung der Nachhaltigkeit, die ich für extrem wichtig halte. Es gibt keinen anderen Weg, es ist gut, dass sie die Pilotprojekte in dieser Richtung machen. Ich habe nur Schwierigkeiten, mir das in der Praxis vorzustellen. Ich leite selber den Lehrstuhl für Abfallwirtschaft. Wir haben in Deutschland mindestens 15 Jahre gebraucht, um ein System aufzubauen, wo wir jetzt in der Lage sind, den Abfall vom Erzeuger bis über die Verwertung zur endgültigen Ablagerung zu verfolgen. Da gibt es immer den einen oder anderen Ausreißer, aber wir haben aus meiner Sicht in Deutschland global gesehen eine sehr gute Vollzugsakzeptanz und Umsetzung, so dass ich sage, in Deutschland funktioniert das sehr gut. Wir machen viele Abfallprojekte im Ausland. Da funktioniert das überhaupt nicht. Von daher habe ich Schwierigkeiten, mir das in der Umsetzung vorzustellen. Haben Sie einen Zeithorizont, wo sie sagen, dann wird das aus ihrer Sicht global funktionieren, das wäre das erste. Das zweite, Sie haben Biogas kurz angesprochen. Dann in Ihrem Fazit kurz erwähnt. Ich sehe hier eigentlich ein sehr großes Potential. Es wird nur nicht abgerufen. Wir haben aber jetzt mehr Anfragen auch von größeren Automobilkonzernen, so dass man sich wieder intensiver damit beschäftigt. Sie sind da viel näher dran. Können Sie da vielleicht auch konkret was dazu sagen.

ANTWORT

Fange ich mit der zweiten Frage an. Biogas und Automobilindustrie ist in der Tat interessant. Biogas als Kraftstoff. Erstens, Sie können hier national oder in Europa wunderbar produzieren und es ist wettbewerbsfähig. Das kann man nicht bestreiten. Nehmen Sie das Beispiel Ethanolproduktion, z. B. Brasilien. Ethanolproduktion aber auch in Europa. Die Europäer werden nie mit den Brasilianern konkurrieren können bei der Ethanolproduktion. Die Brasilianer sind immer kostenmäßig um mindestens 50 % unter der europäischen Marke. Von daher ist das ganz interessant. Und beim Biogas, auch bei der Nachhaltigkeit, sicher ein sauberer Kraftstoff. Die Automobilindustrie hat kein Interesse an Biodiesel mit Palmöleinsatz, wo sie dann hinterher die Probleme mit den NJO's haben. In Skandinavien gab es vor einigen Wochen eine große Aktion. Z. B. Green Peace, die haben bei einem Ölkonzern ein riesiges Plakat an die Verwaltungsaußenwand gehängt. Kleines Urang-Utan-Baby mit einer Papppistole an den Kopf gehalten. Solche Sachen wollen weder die Mineralölindustrie noch die Automobilindustrie. Bei einer heimischen Biogasproduktion haben Sie damit nichts zu tun; in Borneo und Brasilien ohnehin nicht. Von daher glaube ich auch, dass man in diese Richtung auch intensiver nachdenkt. Bei unserer ersten Vergleichsstudie, die wir für die FNR gemacht haben, wurde noch diskutiert Biogas rauszuschmeißen, auch die Industrievertreter haben darüber nachgedacht, doch es ist drin. Zum Zweiten, das Abfallbeispiel kennen wir. 15 Jahre, das ist ein langwieriger Prozess. So lange haben wir nicht Zeit. Wir haben zwei Jahre, in der Tat, das jetzt zu realisieren. Wir haben aber zwei Dinge, die glaube ich ganz wichtig sind und uns unterstützen, auch hier schnell zu einer Lösung zu kommen. Das eine die Forderung, die Vorgaben der europäischen Kommission, wir arbeiten also eng mit der europäischen Kommission zusammen. Das zweite ist die Mineralölgesellschaft, die weitgehend bei uns im Projekt involviert ist und das sind letztendlich die Kunden, die auch entsprechenden Druck auf ihre Lieferanten ausüben können. Was wir auch machen, die Wert-

schöpfungsketten aufzuarbeiten und haben bei der Mineralölindustrie angefangen und gehen jetzt komplett zurück und ordnen alles entsprechend zu. Wenn die Mineralölgesellschaften Biokraftstoffe einsetzen, die nicht nachhaltig sind oder mit Zertifikaten, wo man hinterher bei der Prüfung sagt, ihr Biokraftstoff ist nicht nachhaltig, und es wird nicht anerkannt, dann haben die ein gigantisches finanzielles Problem, weil sie Strafzahlungen leisten müssen und das sind 60 Cent pro Liter Biodiesel und 90 Cent pro Liter Ethanol. Bei den Mengen, die da zusammenkommen, kann man sich schon vorstellen, welche Größenordnung das ist. Von daher bin ich zuversichtlich, dass es schneller geht.

SCHAFFNER, FRANKFURT

Eine Frage zur Umsetzung im Feld. Gibt es da spezielle Maßnahmen? Wenn wir jetzt hier in Deutschland sitzen und uns z. B. vorstellen, dass der entsprechende Auditor in den landwirtschaftlichen Betrieb kommt, seine Kriterienliste durcharbeitet und dann wird das Zertifikat verliehen. Gehen Sie analog vor, d. h., also 100 % der Biokraftrohstoffherzeuger werden dann entsprechend mit Kriterienlisten bewertet und wird das Zertifikat dann verliehen oder wie gehen sie da vor? Kürzlich gab es eine Meldung, dass ADM jetzt auch ein Zertifizierungssystem auf den Weg bringt bzw. präsentieren wird bzw. schon präsentiert hat. Sehen sie da jetzt zwei Entwicklungen? Dass auf der einen Seite der Staat Zertifizierungssysteme anbietet und auf der anderen Seite die Privatwirtschaft hier auch einspringt. Und wie lassen sich so diese methodischen Ansätze vergleichen? Ist das dann sozusagen in dem Ergebnis der gleiche Ansatz oder gibt es da letztlich doch qualitative Unterschiede?

ANTWORT

Fange ich mit der zweiten Frage an. Zunächst ADM hat dies mitgeteilt, ich glaube in dieser Woche. Die haben das ASPO-Projekt jetzt endlich präsentiert: Roundtable- Sustainable Palmoil-, das wäre etwas, was nur unserem System nutzt und zu integrieren wäre. ASPO deckt zurzeit aber nicht die europäi-

schen Nachhaltigkeitsanforderungen ab. Die ganze Treibhausgasfinanzierung ist u.a. nicht berücksichtigt. Wir müssen auch noch darüber nachdenken, ob das Regelwerk, das zurzeit noch von den NJO's massiv kritisiert wird, ob das ausreichend ist. Es gibt da keine Überschneidung. Das zweite. Sie sprachen hier die europäische Landwirtschaft an. Das ist auch eine Frage, die eigentlich noch offen ist und die auf deutscher bzw. europäischer Ebene geklärt werden muss. Eine Möglichkeit ist die, dass man sagt cross compliance ist die Methode. Die Landwirtschaft müsse cross compliance machen. Cross compliance ist ja automatisch auch nachhaltig. Damit ist eine Zertifizierung nicht mehr erforderlich. Ob das international eine große Zustimmung findet, das ist eine andere Frage, aber es wäre ein möglicher Weg.

SCHOLZ, POTSDAM-BORNIM

Sie haben einen hervorragenden Überblick zum Stand und den Entwicklungstendenzen im Biokraftstoffsektor gegeben, aber Sie haben relativ wenig zu der CO₂-Bilanz gesagt. Wenn ich mich recht entsinne, haben Sie selbst ausgerechnet, dass bei der Bioethanolproduktion in Deutschland lediglich eine CO₂-Einsparung von 0 bis 3 Tonne CO₂ pro Hektar erreicht werden. Erinnere ich mich da richtig?

ANTWORT

Wir haben einiges ausgerechnet! In unserer ersten Studie, die wir gemacht haben „Bioethanol in Deutschland“ haben wir schon darauf hingewiesen, dass die CO₂-Vermeidung über Bioethanol eine relativ teure Option ist, sehr hohe CO₂-Vermeidungskosten. Es gibt, wenn man das volkswirtschaftlich betrachtet und nicht sektoral, so wie wir es eben auch gemacht haben, dann ist eine CO₂-Vermeidungsstrategie zu fahren. Für Bioethanol aus Deutschland immer eine schlechte Option. Was man vielleicht noch grundsätzlich sagen muss zu diesen ganzen Treibhausgasbilanzen. Nach meiner Einschätzung ist das völlig unterbelichtet und falsch bewertet worden bislang hier in Deutschland. Die Landwirtschaft hat sich in weiten Teilen nicht dafür interessiert oder nur un-

zureichend dafür interessiert und plötzlich erwacht man und stellt fest, da wird etwas berechnet, was hinterher im Markt auch Relevanz hat. Nach meiner Einschätzung könnte ich ein Zuckerrohrethanol oder ein Palmölbiodiesel mit einer einjährigen Kultur hier in Deutschland oder in Europa vergleichen. Nehmen Sie Raps oder nehmen Sie Stroh oder Weizen, dann müssen Sie die Nebenprodukte entsprechend mit berücksichtigen. Sie sind in der Nachhaltigkeitsverordnung nicht involviert worden. Von daher wären diese Bilanzen in der Tendenz besser, wenn man es methodisch richtig und sauber machen würde, aber man hat dies bislang nicht gemacht, weil sich keiner damit beschäftigt hat. Von daher sind die Darstellungen vorsichtig zu betrachten. Die Brasilianer machen auch oft wunderbare Darstellungen mit sehr guten CO₂-Einsparungen, gigantischen Kraftstoffträgen pro Hektar. Aber die haben dann eben neben dem Ethanolertrag keinen weiteren Ertrag mehr. Wenn Sie in Europa Ethanol aus Weizen produzieren, haben

Sie Ethanol plus DGGS und wo ist das DGGS nicht berücksichtigt. Das sind Dinge, die in der Treibhausgasbilanzierung nicht hinreichend berücksichtigt sind. Und wenn man sich dann zurückzieht und sagt, wir müssen die Treibhausgasbilanz darstellen, so steht es doch in den DIN- und den ISO-Normen. Hat die jemand jemals gelesen hier? Niemand! Aber es wird immer wieder darauf Bezug genommen. Die sind jedoch so allgemein gehalten, da steht nichts drin. Da steht drin, Sie können ihre Treibhausgasfinanzierung so machen wie sie wollen, wie Sie es für richtig halten. Sie müssen nur die Zielrahmenbedingungen klar formulieren und Sie dürfen die unterschiedlichen Treibhausgasbilanzen nicht miteinander vergleichen. Erst einmal diese allgemeine Aussagen, wie z. B. 0 bis 3 Tonnen. Ich weiß nicht, welche Zahlen sie da meinten. Aber es ist grundsätzlich unter diesen ganzen Vorbehalten natürlich eine relativ schlechte, vergleichbar schlechte Zahl hier in Europa.

Einsatz von extremophilen Mikroorganismen in bio-basierten Technologien



Zusammenfassung

Die industrielle (weiße) Biotechnologie nutzt Mikroorganismen oder deren Enzyme (katalytisch aktive Proteine) für die nachhaltige Herstellung von Feinchemikalien, Wirkstoffen (Arzneimittel), neuen Materialien (Biokunststoffe) und Kraftstoffen (Bioethanol) aus nachwachsenden Rohstoffen (Biomasse). Der Einsatz von biologischen Systemen in industriellen Produktionsprozessen scheidet aber häufig an mangelnder Stabilität. Für die Entwicklung effizienter Verfahren ist es aber notwendig, Enzyme bzw. Mikroorganismen auch unter ungewöhnlichen Bedingungen (hohe Temperaturen, extreme pH-Werte, in organischen Lösungsmitteln) einzusetzen. Extremophile Mikroorganismen, die sich beispielsweise in der Arktis bei 0-5°C, in heißen Quellen bei 70-110°C, in Salzseen mit 20-30% Salzgehalt oder bei pH-Werten zwischen 0-1 bzw. 9-12 optimal vermehren, produzieren Enzyme, die diese Anforderungen erfüllen. Die Zellbestandteile extremophiler Mikroorganismen sind optimal an extreme Umweltbedingungen angepasst und haben Eigenschaften, die sie für eine biotechnologische Anwendung unter harschen Bedingungen interessant machen.

Zur Anwendung gelangen Extremophile und ihre Enzyme in unterschiedlichen Bereichen, wie z.B. in der Chemie-, Pharma-, Lebens- und Futtermittelinindustrie sowie in der Landwirtschaft. Auch auf dem Gebiet der Erdöl-unabhängigen Energieversorgung gewinnt ihr Einsatz unter dem Begriff der Bioraffi-

nerie zunehmend an Bedeutung. Die zunehmende Verknappung fossiler Rohstoffe und die damit einhergehende Kostenexplosion auf den Rohstoffmärkten sowie die Notwendigkeit, den Eintrag des klimaschädigenden Treibhausgases CO₂ zu reduzieren, rücken den Einsatz nachwachsender Rohstoffe in den Fokus der aktuellen Diskussion. Der Nutzung von Pflanzenbiomasse – insbesondere Lignocellulose und Lignin – für die Produktion von Chemikalien und Kraftstoffen (z.B. Ethanol, Wasserstoff, Biogas) wird in den nächsten Jahren mehr Bedeutung beigemessen werden. Es ist festzustellen, dass nachwachsende Rohstoffe als regenerative Kohlenstoffquelle dem Leitbild der Nachhaltigkeit in besonderem Maße entsprechen, wobei der Fokus insbesondere auf Biomasse und Biomassereststoffe gelegt werden muss, die nicht mit dem Nahrungs- bzw. Futtermittelmarkt konkurrieren. Bereits heute setzt die chemische Industrie in Deutschland rund 2 Mio. t/a an Rohstoffen aus erneuerbaren Quellen ein (exklusive Cellulose), was einem Anteil von 12% an den Rohstoffen der chemischen Industrie Deutschlands entspricht. Betrachtet man die globale Biomasseproduktion von rund 170 Mrd. t/a, so wird deutlich, dass 75% hiervon als Kohlenhydrate vorliegen (Cellulose, Chitin, Stärke und Saccharose), 20 % als Lignin und nur 5% in Form anderer Naturstoffe, wie Fette, Öle und Proteine. Kohlenhydrate stellen damit den wichtigsten Ausgangspunkte für die Herstellung von Bulk- und Feinchemikalien sowie neuen Materialien und Energieträgern dar.

Durch die Nutzung der natürlichen Enzym-Diversität sowie durch die Anwendung moderner Technologien (gerichtete Evolution, Gene Shuffling, Hochdurchsatzverfahren zum Screening) können maßgeschneiderte und stabile Biokatalysatoren (Extremozyme) entwickelt und der Industrie zur Verfügung gestellt werden.

1 Definition der industriellen Biotechnologie

Unter der industriellen Biotechnologie, im deutschen Sprachraum häufig auch als weiße Biotechnologie bezeichnet, versteht man gemeinhin den innovativen Einsatz der Life Sciences für die nachhaltige Herstellung von (Fein-)Chemikalien, Wirkstoffen, neuen Materialien und Energieträgern aus nachwachsenden Rohstoffen unter Einsatz von Biokatalysatoren. In erster Linie werden dabei intakte Mikroorganismen (Ganzzellbiotransformation) oder deren Enzyme als Biokatalysatoren genutzt. Als Querschnittstechnologie integriert die industrielle Biotechnologie verschiedene Disziplinen der Natur- und Ingenieurwissenschaften, wie z.B. die Mikro- und Molekularbiologie, die Chemie, die Biochemie, die Bioverfahrenstechnik, die Materialwissenschaften und die Bioinformatik. Da sich die industrielle Biotechnologie am Leitbild der Nachhaltigkeit orientiert, werden diese Expertisen zusätzlich durch ökologische

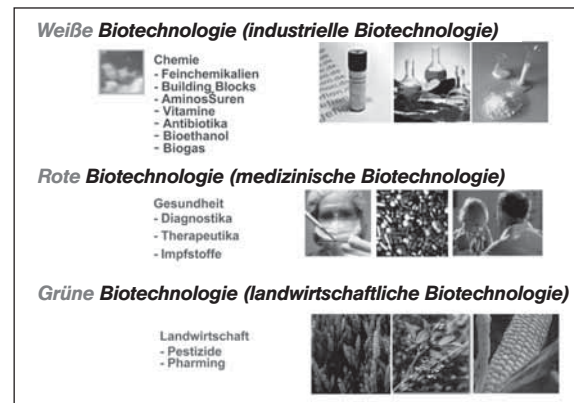


Abbildung 1: Die Farbenlehre der Biotechnologie.

und soziale Komponenten ergänzt. In der allgemeinen „Farbenlehre“ der Biotechnologie kann die industrielle (weiße) Biotechnologie eindeutig von der roten (Pharmazie/medizinische Anwendungen) und der grünen (Landwirtschaft) Biotechnologie abgegrenzt werden (Abb. 1). Zwar hat die weiße im Vergleich zur roten Biotechnologie ein Visibilitätsdefizit ist allerdings in Sachen öffentlicher Akzeptanz der grünen Biotechnologie überlegen.

Auf Grund Ihrer Stellung als interdisziplinäre Querschnittstechnologie wird der industriellen Biotechnologie nicht nur ein besonders großes Problemlösungspotenzial eingeräumt, sondern in ihr wird auch eine Triebfeder für die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der chemischen Industrie gesehen.

2 Biokatalysatoren - Motor der industriellen Biotechnologie

Den Motor der industriellen Biotechnologie bilden die Biokatalysatoren, also stoffwechselaktive Mikroorganismen (Ganzzellbiokatalyse) und Enzyme. Auf Grund ihrer außergewöhnlichen Stoffwechsellleistungen werden Mikroorganismen schon seit Jahrhunderten in industriellen Produktionsverfahren eingesetzt. Die große Diversität in der Physiologie und Enzymausstattung dieser Kleinstlebewesen versetzt uns in die Lage, biotechnologische Verfahren zur Herstellung von Grund- und Feinchemikalien mit hoher Effizienz zu entwickeln. Durch Ganzzellbiotransformationen können Zucker oder komplexere Kohlenhydrate (Stärke, Cellulose) aus nachwachsenden Rohstoffen zu Wert schöpfenden Produkten (Alkohole, Aminosäuren, Essigsäure, Milchsäure, Wasserstoff und Methan) umgesetzt werden, ohne dabei auf Schwermetallkatalysatoren oder aggressive Lösungsmittel angewiesen zu sein.

Enzyme sind als katalytisch aktive Proteine in der Lage, sehr komplexe biochemische Reaktionen durchzuführen. Sie ermöglichen (bio-)chemische Umsetzungen in zellfreien Systemen, sind also auch außerhalb der lebenden Zelle aktiv. In enzymkatalysierten Umsetzungen wird eine Ausgangssubstanz in einem oder mehreren Schritten in ein hochwertiges

Endprodukt umgewandelt. Enzyme spielen insbesondere eine herausragende Rolle bei der Herstellung von hoch reinen chemischen Substanzen, wie sie beispielsweise in der Arzneimittelherstellung benötigt werden. Biokatalysatoren arbeiten in der Regel präziser als chemische Katalysatoren, da sie eine höhere Selektivität aufweisen, d.h. nur bestimmte Ausgangssubstrate zu definierten Produkten umsetzen. Ein weiterer Vorteil von Enzymen ist ihre Enantioselektivität, die es ermöglicht, die Produktsicherheit beispielsweise in der Pharmaindustrie signifikant zu erhöhen. In der klassischen chemischen Synthese müssen die unerwünschten Enantiomere durch aufwändige Techniken aus dem Produkt entfernt werden.

3 Bedeutung der industriellen Biotechnologie

Die industrielle Biotechnologie nimmt innerhalb der nachhaltigen Chemie eine immer wichtigere Rolle ein, wie auch aktuelle Zahlen belegen. So beträgt der weltweite Umsatz an Enzymen ca. 5 Mrd. € bei einer jährlichen Wachstumsrate von 5-10%. Das Marktvolumen der mit Hilfe von Enzymen erzeugten Produkte liegt bei etwa 150 Mrd. € pro Jahr. Die Haupteinsatzgebiete für Enzyme sind Waschmittel (32%), technische Prozesse (20%) und die Herstellung von Lebensmitteln (33%) und Futtermitteln (11%). Die Mehrzahl der in industriellen Prozessen eingesetzten Enzyme sind Hydrolasen, Isomerasen, Oxidoreduktasen, Lyasen und Transferasen. Den Löwenanteil machen dabei die Hydrolasen aus zu denen biotechnologisch relevante Enzyme wie Amylasen, Cellulasen, Xylanasen, Pektinasen, Chitinasen, Phytasen, Lipasen, Proteasen, Nitrilasen und Amidasen gehören. Stabile Enzyme werden benötigt, um den Anteil der an der Herstellung von Feinchemikalien und Pharmaprodukten beteiligten Biokatalysatoren, der zur Zeit bei nur 4-5% des Weltmarktes liegt, signifikant zu erhöhen. Laut einer Studie von McKinsey & Company beträgt der Anteil der mit Hilfe biotechnologischer Verfahren erzeugten chemischen Produkte rund 5%, was einem Umsatz von 30 Mrd. € entspricht. Das für den Bereich der industriellen Biotechnologie wichtige Marktvolumen für Chiralika lag im Jahr 2000 bei ca.

5 Mrd. € und ist bis zum Jahr 2007 auf 15 Mrd. € angestiegen. Sowohl McKinsey & Company als auch Festel Capital gehen davon aus, dass die Bedeutung der Biotechnologie in der chemischen Industrie weiter anwachsen wird. Nach aktuellen Prognosen sollen im Jahr 2010 rund 20% aller Chemieprodukte in einer Größenordnung von rund 310 Mrd. US-Dollar auf biotechnologischem Weg hergestellt werden. Insbesondere bei der Produktion von Feinchemikalien (Aminosäuren, Wirkstoffe), Polymeren (auf Basis nachwachsender Rohstoffe), von Spezialchemikalien für die Lebensmittel-, Kosmetik-, Textil- und Lederindustrie sowie von Bulkchemikalien und Building Blocks wird die industrielle Biotechnologie - auch unter Einsatz der Enzyme aus extremophilen Mikroorganismen - zukünftig ökonomisch und ökologisch überlegene Konzepte anbieten. Die entscheidenden Triebkräfte für einen Wechsel zu biotechnologischen Produktionsverfahren sind:

- Einsparung von Rohstoffen und Energie
- Prozessvereinfachung: Ersatz mehrstufiger chemischer Syntheseverfahren durch biotechnologische Verfahren (Fermentation bzw. enzymatische Synthese)
- Optimierung der Produktaufarbeitung und -reinigung im Vergleich zu chemischen Syntheseverfahren
- Vermeidung bzw. Reduktion von Neben- und Abfallprodukten

4 Industrielle Biotechnologie in der Praxis

Prozesse und Produkte der industriellen Biotechnologie haben bereits heute in zahlreichen Fällen eine marktbeherrschende Position erobert. Insbesondere bei Aminosäuren (L-Glutaminsäure, L-Lysin), Carbonsäuren (L-Milchsäure, Zitronensäure) oder Vitaminen (Riboflavin/Vitamin B2, Vitamin C) liegt der Anteil der biotechnologisch hergestellten Produkte bei fast 100%. Bei der Produktion von Riboflavin hat innerhalb von 4 Jahren ein nahezu kompletter Wechsel von einem chemischen zu einem biotechnologischen Verfahren stattgefunden. Dabei konnten die Produktionskosten um ca. 50% gesenkt,

die Mindestanlagengröße um den Faktor 10 gesenkt und der Investitionsbedarf für neue Kapazitäten fiel um 40% geringer aus. Die OECD sowie EuropaBio (Broschüre "White Biotechnology: Gateway to a More Sustainable Future, 2003) zeigen eine Reihe von Fallbeispielen auf, bei denen die biotechnologische Erzeugung von Vitaminen, Medikamenten und Polymeren sowohl ökonomisch als auch ökologisch vorteilhaft ist. Eine Übersicht über die bereits heute im Tonnenmaßstab biotechnologisch hergestellten Produkte ist in Tabelle 1 wiedergegeben.

4.1 Antibiotikasythese

Die 7-Aminocephalosporansäure (7-ACS) ist eine wichtige Ausgangssubstanz für die Herstellung einer Vielzahl von antimikrobiell wirksamen Antibiotika (Cephalosporine). Zusammen mit den Penicillinen stellen die Cephalosporine die umsatzstärkste Sub-

stanzklasse innerhalb der Antibiotika dar. In der Vergangenheit wurde 7-ACS durch chemische Verfahren hergestellt und umfasste eine Reihe von Reaktionen und Syntheseschritten unter Einsatz von umweltschädlichen Substanzen wie Zinksalze, Trimethylchlorosilan, Phosphopentachlorid und Dichlormethan. Durch energieaufwändige Destillationsverfahren wurden die Lösungsmittel recycelt. Die schwer abbaubaren Substanzen (z.B. Zink) mussten vor Einleitung in die biologische Abwasserreinigungsanlage abgetrennt werden. Aufgrund der hohen Entsorgungskosten wurde ein enzymatisches Verfahren zur Herstellung von 7-ACS entwickelt. Dadurch konnte auf den Einsatz von Chlorkohlenwasserstoffen und toxischen Hilfsstoffen verzichtet werden. Der Anteil an den Herstellungskosten, der auf die Abfallverbrennung sowie die Abwasser- und Abgasreinigung zurückzuführen war, sank dadurch von 21% auf 1%.

Tabelle 1: Produkte der industriellen Biotechnologie im Tonnenmaßstab (DECHEMA 2004)			
Produkt	Weltjahresproduktion (t)	(Marktwert Mio €)	Anwendung
Säuren			
Citronensäure	1 000 000	800	Lebensmittel, Waschmittel Lebensmittel, Leder, Textil, Kunststoff Lebensmittel, Reinigungsmittel
Milchsäure	150 000	270	
Essigsäure	190 000	95	
Aminosäuren			
L-Glutamat	1 500 000	1800	Geschmacksverstärker Futtermittel Futtermittel Aspartam, Medizin Pharma, Lebensmittel
L-Lysin	700 000	1400	
L-Threonin	30 000	180	
L-Phenylalanin	10 000	100	
L-Cystein	500	20	
Lösungsmittel			
Bioethanol	18 500 000	7400	Lösungsmittel, Grundchemikalie, Kraftstoff
Antibiotika			
Penicilline	45 000	13500	Medizin, Futtermittelzusatz Medizin, Futtermittelzusatz Medizin Wundheilung Antibiotikaderivat
Cephalosporine	30 000	-	
Tetracycline	5 000	250	
Bacitracin A	4	12	
7-ACA	4000	-	
Biopolymere			
Dextran(-derivate)	2 600	520	Blutersatzstoff Erdölförderung, Lebensmittel Verpackung
Xanthan	40 000	336	
Polyactid	140 000	315	
Vitamine			
Ascorbinsäure (Vit. C)	80 000	640	Pharma, Lebensmittel Wirkstoff, Futterzusatz
Riboflavin (B ₂)	30 000	-	
Kohlenhydrate			
High Fructose Syrup*	8 000 000	6400	Getränke, Ernährung Flüssigzucker Prebiotikum Kosmetik, Pharma, Lebensmittel Süßstoff
Glucose*	20 000 000	6000	
Fructooligosaccharide*	10 500	-	
Cyclodextrine*	5 000	50	
Aspartam ¹	10000	850	

* Enzymatisch hergestellte Produkte, ¹ Aspartam ist ein Aminosäurederivat

4.2 Synthese von Vitaminen

Vitamin B2 (Riboflavin) hat zahlreiche positive Wirkungen auf den Menschen und beeinflusst das Wachstum der menschlichen Zellen, die Produktion von roten Blutkörpern und Antikörpern sowie die Versorgung der Haut mit Sauerstoff.

Während der chemisch-technische Produktionsweg einen achsstufigen Syntheseprozess nutzt, bei dem zwar nachwachsende Rohstoffe, aber auch verschiedene umweltrelevante Chemikalien zum Einsatz kommen, verläuft der biotechnische Herstellungsprozess nur über einen einstufigen Fermentationsprozess, für den neben nachwachsenden Rohstoffen nur geringe Mengen an chemischen Hilfsmitteln mit geringer Umweltrelevanz benötigt werden. Durch die Produktion des Vitamins mittels eines Pilzes, konnten die Herstellungs- und Umweltschutzkosten gegenüber dem chemischen Herstellungsverfahren um 40% reduziert werden.

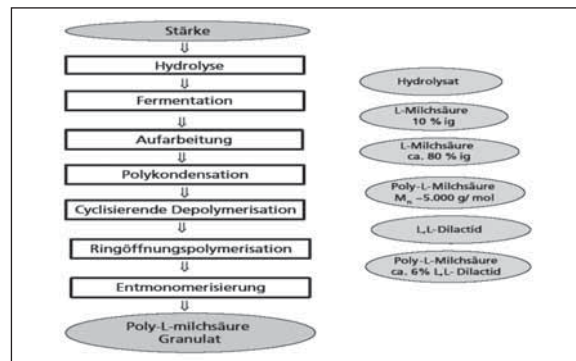


Abbildung 2: Herstellung von Polylactid aus Stärke mit Hilfe fermentativer Milchsäuregewinnung und anschließender Polymerisierung (nach I. Bechthold). Die Stärke wird zunächst durch enzymatische Hydrolyse zu Glucose umgewandelt, die anschließend durch Bakterien zu Milchsäure fermentiert wird. Polymilchsäure entsteht vor allem durch die ionische Polymerisation von Lactid, einem ringförmigen Zusammenschluss von zwei Milchsäuremolekülen. Bei Temperaturen zwischen 140 und 180°C sowie der Einwirkung katalytischer Zinnverbindungen (z.B. Zinnoxid) findet eine Ringöffnungspolymerisation statt. So werden Kunststoffe mit einer hohen Molekülmasse und Festigkeit erzeugt.

4.3 Synthese von Bulkchemikalien und Polymeren

Ein gutes Beispiel für das Potenzial enzymatischer Verfahren bei der Herstellung von Bulk- und Basischemikalien ist Acrylamid, das als Ausgangsmaterial für die Produktion eines breiten Spektrums chemischer Derivate genutzt wird, sowohl in monomerer Form als auch in wasserlöslichen Polymeren. Wesentliche Vorteile des biokatalytischen Verfahrens, bei dem die Ausgangsverbindung Acrylnitril in einem enzymkatalysierten Hydratisierungsschritt in Acrylamid verwandelt wird, liegen in der hohen Selektivität und in den milden und umweltfreundlichen Reaktionsbedingungen der Synthese. Beim vergleichbaren kupferkatalysierten chemischen Prozess hingegen muss nicht nur überschüssiges Acrylnitril und der eingesetzte Kupferkatalysator aus dem Syntheszyklus entfernt, sondern auch, aufgrund der hohen Reaktionstemperatur von 100°C, die Bildung von Neben- und Polymerisationsprodukten in Kauf genommen werden.

Ein weiteres zukunftsträchtiges Innovations- und Entwicklungsfeld biokatalytischer Verfahren ist die biotechnische Herstellung monomerer Bausteine und Polymere für die Kunststoff- und Polymerindustrie. Dabei ist sowohl die Substitution petrochemischer Verfahren bei der Produktion von Ausgangsverbindungen für die Kunststoffherstellung (z. B. von 1,3-Propandiol (PDO)) als auch die Entwicklung neuartiger biologisch abbaubarer Polymerprodukte aus Polylactid (PLA) (Abb. 2) oder Poly-3-Hydroxybutyrat-co-3-Hydroxyhexanoat (PHBH) von steigender wirtschaftlicher Bedeutung.

5 Hemmnisse und Chancen

Trotz der vielen beeindruckenden Beispiele erfolgreicher Umsetzung biotechnologischer Innovationen, bleiben Hemmnisse, die es zu überwinden gilt, um der industriellen Biotechnologie weitere Impulse zu verleihen. So ist die Verfügbarkeit von effizienten Enzymen heute noch sehr limitiert. Aus der fast unerschöpflichen Vielfalt der Natur haben nur rund 150 Enzyme den Weg in industrielle Produktionsverfahren geschafft. Die Diversität der Natur wird also nur

unzureichend genutzt. Hinzu kommt, dass noch 98% aller auf der Erde vorkommenden Mikroorganismen noch unentdeckt sind oder sich nicht kultivieren lassen (Tab. 2). Um diese Hemmnisse abzubauen, bedarf es innovativer Technologie (siehe unten), die dabei helfen, die Vielfalt der Natur zu nutzen, neue Biokatalysatoren zu erschließen und Optimierungen an bestehenden Systemen vorzunehmen.

Tabelle 2: Anteil kultivierbarer Mikroorganismen bezogen auf die mikrobielle Gesamtpopulation in verschiedenen Lebensräumen. Nach Amann et al. (1995) Microbiol. Rev. 59, 143-169.

Lebensraum	Kultivierbare Mikroorganismen (cfu, colony forming unit)
Meerwasser	0,001 - 0,1%
Süßwasser	0,25%
mesotropher See	0,1 - 1%
Brackwasser	0,1 - 3%
Klärschlamm	1- 15%
Sediment	0,25%
Erde	0,30 %

5.1 Neue Technologien

Die rasante Entwicklung neuer Werkzeuge und Methoden in den letzten Jahren wie beispielsweise die Etablierung intelligenter und effizienter Screening-Systeme für neuartige Wirkstoffe und Biokatalysatoren (High-Throughput-Systeme, Kombinatorik), Genomanalyse (Genomics, Metagenomics, Bioinformatics), die Herstellung optimierter oder maßgeschneiderter Biokatalysatoren (Directed Evolution, DNA Shuffling), die Stoffwechselfluxanalyse (Transcriptomics, Metabolic Engineering, Metabolomics, Proteomics) erlauben die detaillierte Analyse zellulärer Bestandteile und deren Zusammen- und Wechselwirken. Gebündelt werden diesen sogenannten “-omics”Technologien in der neuen Disziplin der Systembiologie, die die verschiedenen metabolischen Wechselwirkungen auf unterschiedlichen Ebenen un-

tersucht. Die Integration dieser neuen Technologien wird in Zukunft die Entwicklung innovativer und umweltfreundlicherer biotechnischer Verfahren und Produkte beschleunigen und die oben angesprochenen Hemmnisse abbauen helfen, indem beispielsweise die genetische Information unkultivierbarer Mikroorganismen erschlossen wird (Metagenomics) oder optimierte Enzymsysteme bereitgestellt werden (Directed Evolution). Die effiziente Enzymproduktion in rekombinanten Wirtszellen (Bacillus, Hefen, Pilze) wird das Potenzial der Biokatalyse ebenfalls signifikant steigern.

5.2 Verfahrenstechnik: Fermentation und Downstream-processing

Zur optimalen Nutzung der mikrobiellen Stoffwechselleistungen ist es notwendig, effektive Produktionsverfahren für Mikroorganismen und deren Enzyme zu entwickeln. Die moderne Bioverfahrenstechnik stellt heute Bioreaktoren für die Kultivierung bereit, die den charakteristischen Wachstumsbedingungen der Mikroorganismen Rechnung tragen. Überwiegend kommen dabei begaste Rührkesselreaktoren zum Einsatz. Dieser Reaktortyp verfügt durch seine hohe Rührergeschwindigkeit (bis zum 3.000 Upm) und eine effiziente Begasung über sehr gute Stoffübergangskoeffizienten. Für spezielle Anwendungen stehen alternative Reaktortypen, wie beispielsweise Blasensäulen-, Schlaufen-, oder Festbettreaktoren zur Verfügung. Diese Reaktortypen besitzen keine Rührwelle und werden häufig in solchen Fällen eingesetzt, in den die mechanische Belastung der Zellen durch das Rühren reduziert werden soll. Die Optimierung der Produktaufarbeitung (Downstream-processing), z.B. durch Einsatz der Membrantechnik (Membranreaktor) erlaubt es, die Fermentationsprodukte mit hohen Ausbeuten zu gewinnen.

6 Lösungsansätze

6.1 Bereitstellung einer großen Enzymvielfalt

Um die Diversität und Verfügbarkeit von Enzymen zu stärken, sind bereits Modellprojekte wie die Einrichtung einer Internationalen Sammlung von Bioka-

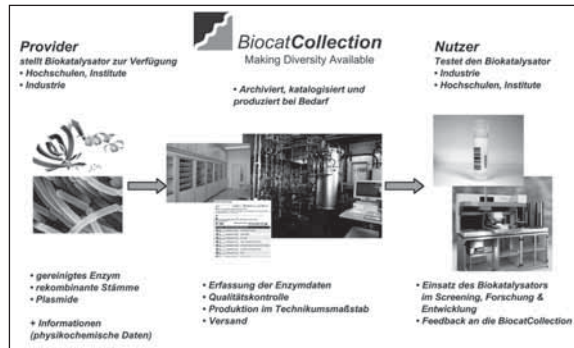


Abbildung 3: Die BiocatCollection ermöglicht den Zugriff auf eine große Enzymdiversität.

talysatoren (BiocatCollection) initiiert worden. Die BiocatCollection, hervorgegangen aus dem durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Programm InnovationsCentrum Biokatalyse (ICBio, www.icbio.de) macht die enzymatische Vielfalt, wie sie an Hochschulen und Instituten vorhanden ist, für Enzymanwender verfügbar. Die BiocatCollection (www.biocatcollection.de) archiviert, dokumentiert und produziert bei Bedarf Enzyme, die für Testzwecke zur Verfügung gestellt werden. Ziel ist es, biokatalytische Innovationen zu einer breiteren Anwendung zu verhelfen und die Entwicklungszeiten (Time-to-Market) für biotechnologische Verfahren zu verkürzen, indem ein schneller Zugang zu einem breiten Spektrum verschiedener Biokatalysatoren ermöglicht wird (Abb. 3).

6.2 Biokatalyse unter nicht-konventionellen Bedingungen

Der Einsatz von Enzymen in industriellen Produktionsprozessen scheitert häufig an der zu geringen Stabilität der Biokatalysatoren. Für die Entwicklung effizienter Verfahren ist es aber oft notwendig, Enzyme auch unter ungewöhnlichen Bedingungen (hohe Temperaturen, extreme pH-Werte, in organischen Lösungsmitteln) einzusetzen (Abb. 4). Enzymsysteme aus extremophilen Mikroorganismen, die sich

beispielsweise in der Arktis bei 0-5°C, in heißen Quellen bei 70-130°C, in Salzseen mit 20-30% Salzgehalt oder bei pH-Werten zwischen 0-1 bzw. 9-12 optimal vermehren, verfügen über ein großes Potenzial, diese Anforderungen zu erfüllen. Die Zellbestandteile extremophiler Mikroorganismen sind optimal an extreme Umweltbedingungen angepasst und haben Eigenschaften, die sie für eine biotechnologische Anwendung unter harschen Bedingungen interessant machen. Für zahlreiche industrielle Verfahren werden spezielle Biokatalysatoren benötigt, die sich neben einer hohen Spezifität auch durch eine ausgeprägte Stabilität unter extremen Bedingungen auszeichnen. Die Applikation von Enzymen aus extremophilen Mikroorganismen kann die verschiedensten industriellen Bereiche, wie z.B. die Waschmittel-, die Lebensmittel-, die Textil-, die Papier-, die chemische und die pharmazeutische Industrie umfassen. Die Enzyme extremophiler Mikroorganismen zeichnen sich darüber hinaus durch eine hohe Stabilität gegenüber Chelatbildnern, Detergenzien und denaturierenden Reagenzien aus, die in einer Vielzahl industrieller Verfahren und Produkte zum Einsatz kommen. Durch die Anwendung moderner Technologien (gerichtete

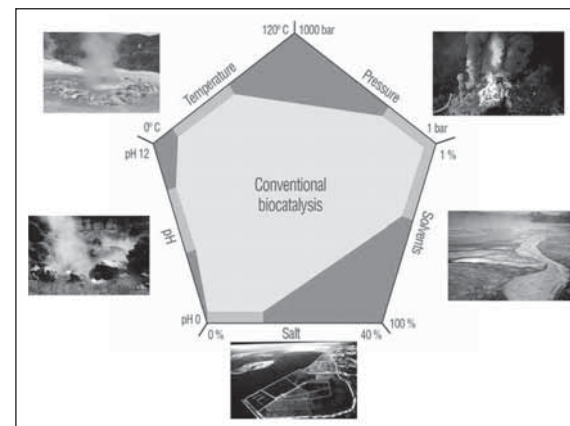


Abbildung 4: Enzyme aus extremophilen Mikroorganismen ermöglichen biokatalytische Umsetzungen auch unter ungewöhnlichen Bedingungen (dunkelgraue Bereiche).

Evolution, Gene Shuffling, Hochdurchsatzverfahren zum Screening) können maßgeschneiderte Biokatalysatoren (Extremozyme) in großen Mengen entwickelt und der Industrie zur Verfügung gestellt werden.

6.3 Nutzung nachwachsender Rohstoffe

Die zunehmende Verknappung fossiler Rohstoffe und die damit einhergehende Kostenexplosion auf den Rohstoffmärkten sowie die Notwendigkeit, den Eintrag des Klima schädigenden Treibhausgases CO₂ zu reduzieren, rücken den Einsatz nachwachsender Rohstoffe in den Fokus der aktuellen Diskussion. Der Nutzung von Biomasse aus Pflanzenmaterial für die Produktion von Chemikalien und Kraftstoffen (z.B. Ethanol, Wasserstoff, Biogas) wird in den nächsten Jahren mehr Bedeutung beigemessen werden. Es ist festzustellen, dass nachwachsende Rohstoffe als regenerative Kohlenstoffquelle dem Leitbild der Nachhaltigkeit in besonderem Maße entsprechen. Bereits heute setzt die chemische Industrie in Deutschland rund 2 Mio. t/a an Rohstoffen aus erneuerbaren Quellen ein (exklusive Cellulose), was einem Anteil von 12% an den Rohstoffen der chemischen Industrie Deutschlands entspricht. Betrachtet man die globale Biomasseproduktion von rund 170 Mrd. t/a, so wird

deutlich, dass 75% hiervon als Kohlenhydrate vorliegen (Cellulose, Chitin, Stärke und Saccharose), 20 % als Lignin und nur 5% in Form anderer Naturstoffe, wie Fette, Öle und Proteine. Kohlenhydrate stellen damit den wichtigsten Ausgangspunkte für die Herstellung von Bulk- und Feinchemikalien sowie neuen Materialien und Energieträgern dar. Aus der Vielzahl der aus Kohlenhydraten darstellbaren Verbindungen zählen insbesondere Milchsäure, Zitronensäure, Ethanol, Essigsäure und Lävulinsäure als bedeutende Intermediate für den Aufbau industriell relevanter Produktions-Stambäume (Abb. 5).

Zu den wichtigsten Herausforderungen zählt nach wie vor die effiziente Umsetzung von Lignin-, Hemicellulose und Cellulose-haltigen Pflanzenmaterialien. Auf diesem Gebiet besteht hoher Forschungsbedarf, um Enzymsysteme zur Verfügung zu stellen, die diese komplexen Biopolymere hydrolysieren können. Hochaktive Hemicellulasen und Cellulase sind dringend erforderlich, um auch Pflanzenabfälle wie Stroh für eine biotechnologische Verwertung zugänglich zu machen. Durch die Nutzung von pflanzlichen Abfällen können hochwertige Kohlenhydratquellen (Stärke) für die Ernährung von Menschen und Tieren erhalten bleiben.

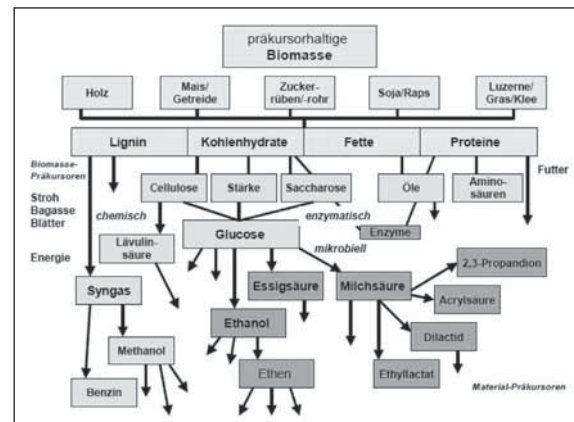


Abbildung 5: Nachwachsende Rohstoffe als Ausgangsstoffe für chemische Synthesen.

7 Zukünftige Trends und Technologiefelder

Die rasante Entwicklung von neuen Werkzeugen und Methoden (Gentechnik, Genomanalysen, Genoptimierung, Einsatz Roboter gestützter Analyse- und Screeningssysteme) in den letzten Jahren erlaubt uns heute die detaillierte Untersuchung von Mikroorganismen und ihren Enzymen. Es ist davon auszugehen, dass sich die Biotechnologie ähnlich wie die Silizium- und Informationstechnologie zu einer Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts entwickeln wird. Schwerpunkte und Trends werden dabei sicherlich in den folgenden Technologiefeldern gesetzt werden:

7.1 Die Bi Raffinerie

Unter einer Bi Raffinerie versteht man einen Produktions- und Wertschöpfungsprozess, der nachwachsende Rohstoffe und Biomasseabfälle in vollem

Membrantechnologie in den biotechnologischen Produktionsprozess. Ein wichtiger Aspekt bei der Prozessentwicklung ist auch die Prozessintensivierung, also die Steigerung der Raum-Zeit-Ausbeute eines Produktionsverfahrens. Dies kann z.B. durch eine Druck- oder Temperaturerhöhung erreicht werden, da viele Prozesse bei erhöhter Temperatur und unter hohem Druck schneller ablaufen. Unter solchen rauen Bedingungen könnten dann beispielsweise so oben erwähnten Enzyme aus extremophilen Mikroorganismen zum Einsatz kommen.

8 Fazit

Die Natur stellt uns vielseitige Werkzeuge zu Verfügung, mit denen neuartige industrielle Prozesse und Produkte für eine nachhaltige Chemie entwickelt werden können. Die biotechnologische Herstellung von Bulk-, Feinchemikalien und Kraftstoffen unter Einsatz isolierter Enzyme oder ganzer Zellen (industrielle Biotechnologie) gewinnt gegenwärtig zunehmend an Bedeutung. Das große Problemlösungspotenzial der industriellen Biotechnologie liegt darin begründet, dass es sich um eine wirklich integrative Technologie handelt, die das Know-how verschiedener ingenieurs- und naturwissenschaftlicher Bereiche synergistisch bündelt. Man kann mit Recht davon ausgehen, dass die industrielle Biotechnologie dazu beitragen wird, die Lücke zwischen biologischen und chemischen Prozessen zu schließen. Die Komplexität der Querschnittsdisziplin Biotechnologie erfordert die Bündelung von unterschiedlichen Expertisen in ausgewiesenen Kompetenzzentren, die nicht nur deutschlandweit Innovationen vorantreiben, sondern auch internationale Leuchttürme darstellen. Ziel der gemeinsamen Anstrengungen ist es, die Umwelt auch für die zukünftigen Generationen zu schützen.

Weiterführende Quellen

Biotechnologie als interdisziplinäre Herausforderung. S. Heiden, C. Burschel, R. Erb (Hrsg.), Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, ISBN: 3-8274-0893-8

Bertoldo, C., Grote, R., Antranikian, G. (2001). Biocatalysis under extreme conditions. In: Rehm, H.-J. (ed.) Biotechnology, Vol. 10, Wiley-VCH, Weinheim, 61-103.

McKinsey & Company: Industrial Biotechnology, 2003 (www.mckinsey.com).

Festel, G., Knöll, J., Götz, H. & Zinke, H. (2004): Der Einfluss der Biotechnologie auf Produktionsverfahren in der Chemieindustrie. Chemie Ingenieur Technik, 76, No. 3, 307 - 312, Wiley-VCH, Weinheim.

Frost & Sullivan: Advances in Biotechnology for Chemical Manufacture, 2003 (www.frost.com, www.technical-insights.frost.com).

CEFIC: Horizon 2015: Perspectives for the European Chemical Industry, 2004 (www.cefic.org/scenario2015).

CEFIC & EuropaBio: A European Technology Platform for Sustainable Chemistry, 2005 (http://www.europabio.org/relatedinfo/ETP_sustainable_chemistry.pdf)

DECHEMA e. V. Weiße Biotechnologie: Chancen für Deutschland, 2004, DECHEMA, Frankfurt am Main (<http://wbt.dechema.de/>).

InnovationsCentrum Biokatalyse: www.icbio.de

Internationale sammlung von Biokatalysatoren: www.biocatcollection.de

Diskussion



BREVES, HANNOVER

Der Ausflug in die Tiefe ist ja wirklich sehr faszinierend. Wenn sie nun solche Mikroorganismen unter den Harburger Laborbedingungen inkubieren und versuchen, metabolisch zu charakterisieren, wie weit entspricht eigentlich das, was sie dann messen, dem, was in der Tiefe vorherrscht. Ich denke da also an die hohe Plastizität der Biochemie des Mikrobensstoffwechsels.

ANTWORT

Wir können das nicht genau nachmachen, was wir vorfanden. Wir verlieren auch viele Bioorganismen, die in der Tiefsee vorhanden waren, aber damit müssen wir leben. In Japan ist es so, dass man auch dort Labors hat, die die Organismen unter Druck sammeln, ins Labor weiter geben und unter Druck kultivieren. Und man findet einige, man nennt sie Baroxid oder Pilzoxid, die nur unter Druck leben können und die haben wir nicht. Wir suchen die Organismen, die unter Druck leben aber auch bei uns im Labor überleben, d. h. die flexibleren Arten. So können wir die Enzymsysteme analysieren. Das Enzymsystem kann unter Druck arbeiten, weil Sie unter Druck gearbeitet haben. Im Labor werden Sie auch unter Druck arbeiten und wir versuchen dies bei uns, aber dann nicht Wachstumsversuche, sondern Katalyse, einfach mit Enzymen in vitro und nicht in vivo durchzuführen unter Druck und dann sehen wir auch sehr interessante Effekte, dass unter Druck viele Prozesse beschleunigt werden können und

Substrate werden manchmal löslicher und damit hat man Vorteile. Aber Sie haben recht, einige, die man von unten nach oben holt und dann nicht mehr unter Druck weiter behandelt, dass dann viele Organismen tot sind bzw. viele leben nicht mehr. Das ist ja das Problem. Um das zu vermeiden und das Problem zu lösen, nehmen wir DNA aus diesen Standorten, d. h. die DNA ist noch vorhanden und wir versuchen diese DNA mit anderen Bakterien zusammenzubringen, um die Proteine zu produzieren. Aber als Organismus kann man das im Moment nur in Japan machen. Da sind einige Stämme, die man untersucht, aber für die Anwendung wird es schwieriger.

SWALVE, HALLE

Ich habe ein bisschen Bedenken wegen der Substratverfügbarkeit. Wenn ich höre, dass Bioabfälle genutzt werden sollen, wie das Stroh und Stoffe aus dem Wald. Sind da tatsächlich noch so viele Reserven? Es ist ja nicht so, dass die Bauern das Stroh auf den Feldern rumliegen lassen, da es ja zu nichts nütze. Also, falls diese Meinung noch vorherrschen sollte. Es erfüllt auch jetzt schon wichtige Zwecke und trägt zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bei. Ich habe ein bisschen Sorge, als wenn da so gesagt wird: Wir entwickeln jetzt die Technologie, und es wird sich schon regeln, wo die Substrate herkommen. Man sollte doch vorher nachdenken, wo die Substrate herkommen können. Wenn ich eine ihrer letzten Folien ansprechen darf, die Sache mit dem Kreislauf. Wenn sie Produkte herstellen, die Polymere sind oder

so etwas, die irgendwo verwendet werden, dann sind die ja irgendwo, die kommen häufig nicht zurück auf die Felder und damit ist es unter Umständen ja kein Kreislauf in dem Sinne.

ANTWORT

Wir entwickeln Technologie, die hilft nicht nur die Abfälle abzubauen, sondern generell Biomasse zu produzieren. Das heißt, wenn man Stroh so abbauen kann, dann wird man auch in der Lage sein, einfache Substrate abzubauen. Das wäre natürlich nicht gut, wenn wir uns nur mit Abfällen beschäftigen. Wir entwickeln die Technologie nach vielen Gesprächen mit vielen Leuten, wo immer man sagt, Abfälle sind vorhanden und diese Abfälle sollten umgesetzt werden, um sie optimal zu nutzen. Dafür entwickeln wir Technologien, aber die Idee ist, Substrate in Biomasse umzusetzen. Man kann das nicht nur für Stroh machen, sondern wir versuchen das generell zu betrachten und sehen dann, was die Landwirte uns empfehlen würden, um eine Zusammenarbeit einzuleiten. Wir haben als Beispiel Roggenstroh genommen, um damit zu testen, ob es funktioniert. Es ist besser, wenn man flexibel ist und somit alle möglichen Dinge abbauen kann. Das ist das Ziel.

BECKER, GÖTTINGEN

Die grüne Biotechnologie hat ja große Probleme mit Risikodiskussionen. Das war ja sehr faszinierend, was sie vorgetragen haben. Ich könnte mir vorstellen, dass man da auch als Laie sich überlegen kann, wenn da jetzt irgendwelche Bakterien aus der Tiefsee oder solche, die man gar nicht töten kann, die man sogar kochen kann und dann irgendwie Zellulose abbauen, wenn die jetzt in den Wald geraten. Was passiert denn da? Das ist vielleicht ein bisschen lächerlich, aber wenn man sieht, mit was für teilweise merkwürdigen Ängsten man sich bei der grünen Technologie beschäftigen muss, frage ich mich, gibt es eigentlich so eine Risikodebatte auch für die weiße Biotechnologie?

ANTWORT

Am Anfang hat man nachgewiesen, dass von solchen Organismen keine Gefahr ausgeht, dies wurde besonders bei Verwendung von „Extremen“ aufgezeigt. Wenn wir Zellulose abbauen wollen, wollen wir nicht die Mikroorganismen verteilen, sondern die Enzyme. Die Enzyme kommen dann in einen großen Kessel und können dann das Ganze heizen und Zellulose wird abgebaut und auch die Enzyme können weiter abgebaut werden. Also es ist nicht so, dass sie in der Natur freigesetzt werden. Wenn Sie Waschmittelenzyme produzieren, werden die Mikroorganismen auch in einem großen Reaktor gezüchtet und dann nachher werden sie abgetötet, danach sind sie weg. Bei einer Pflanze gibt es die Freisetzung und das ist das Problem. Die Leute sagen dann, die Gene werden dann überall verteilt und fliegen durch die Gegend, doch bei den Bakterien ist es nicht so. Pathogenität ist auch keine Gefahr, wenn mit solchen Organismen gearbeitet wird. Die überleben nur bis 4 °C. Wenn sie zum Beispiel in unsere Blutbahn gelangen, ist 37 °C für sie extrem heiß und für die Thermophilen ist es eiskalt. Und deshalb wachsen die dann nicht. In 20 Jahren haben wir noch nie einen Stamm gefunden, der pathogen ist auf solchen Standorten. Aber natürlich, wenn Sie die auf Bluteiweiß züchten, dann finden Sie auch Bakterien, die pathogen sind. Aber für die spezielle Biotechnologie besteht bis jetzt keine Gefahr für Pathogenität. Eine Freisetzung ist auch nicht notwendig, weil wir die Enzyme benötigen. Die Enzyme werden dann zugesetzt. Und ich habe einen Vortrag zur weißen Biotechnologie bei den Grünen gehalten und sie waren zufrieden. Sie sagten, das ist Umweltschutz und das ist toll. Frau Künast war dabei und sie meinte, das wusste sie gar nicht, dass es so etwas gibt. Das ist schon mal gut.

BRUCKMAIER, BERN

Wenn wir alle Risiken außer Acht lassen, meinen Sie, dass das vielleicht in der Zukunft möglich wäre, mit der Vielfalt der Mikroorganismen, die Sie an der Hand haben, auch für den Wiederkäuerernährer was tun zu können. Wenn Sie jetzt z. B. denken, Pansen-

fermentation führt ja zu einem Zelluloseabbau und generell eben Rohfaserabbau dazu, dass kurzkettenige Fettsäuren entstehen, was zum Teil nicht so wahnsinnig effizient ist und zum Teil eben auch dazu führt, dass die Glukose sehr stark im Mangel ist. Sie haben vorher auch gesagt, es gibt auch Mikroorganismen, die eben dann Hemizellulose, Zellulose zurück zu Glukose abbaut. Wäre das theoretisch denkbar, dass man solche Mikroorganismen im Vormagen zur Verfügung stellt, dass z. B. eben in der Vormagenfermentation Glukose vermehrt entstehen würde?

ANTWORT

Sie suchen nach Enzymen die in der Lage sind Hemizellulose oder Xylane abzubauen durch Einsatz von Xylanasen zum Beispiel. Doch die Idee ist bei der Herstellung der Futtermittel oder Substrate muss dies geschehen. Z. Zt. muß es vorher gemacht werden. Das heißt, man gibt Enzyme dazu, man produziert wertvollere Produkte/Futterstoffe und dann werden die Tiere ernährt. Aber ihre Idee ist, dass man gleich die Bakterien in die Vormägen gibt. Ich glaube da ist noch Forschungsbedarf, aber es wäre eine gute Idee, dies einmal zu testen, dass man versucht, die Substrate umzusetzen. Sicher wird dies Diskussionen auslösen in Richtung Akzeptanz. Aber wenn man die Substrate vorher behandelt wäre es einfacher, sicher nicht so effektiv. Man sollte forschen. Ich bin hier nicht der Experte von Pansenbakterien und habe wenig Erfahrungen. Ich glaube hier sind Tierernährer und evtl. Sie gefordert, die haben da ein bisschen mehr Erfahrung und die sollten in dieser Richtung einiges untersuchen.

JUNG, KIEL

Zunächst fand ich faszinierend, dass ein Bakterium, das irgendwo 10 km in der Tiefsee lebt, ein Enzym besitzt das Lignin abbaut. Interessant. Ich frage mich, was braucht es? Wozu braucht es so ein Enzym? Ich möchte anschließen an das, was Herr Becker gesagt hat. Ich glaube, hier liegt auch ein Missverständnis vor. Sie arbeiten im Fermentermaßstab. Die weiße Biotechnologie findet im Fermenter statt. Das heißt,

wir haben ein Containment, wo wir zu 100,0 % ein Escape von Mikroorganismen von GVO auch, denn hier geht's um gentechnische Organismen, verhindern können. Bei der Biomasseproduktion sprechen wir aber von völlig offenen Systemen. Und das, was am Ende übrig bleibt, kommt wieder auf die Felder. Wenn ich Sie richtig verstanden habe, denken Sie natürlich nicht daran, diese Organismen direkt zu nutzen, sondern die entsprechenden Gene in herkömmliche Organismen einzubauen, d. h., Sie haben es mit GVO zu tun. Sie müssten also im riesigen Maßstab GVO freisetzen. Ich frage, ob das bedacht wurde, dieser Unterschied zwischen der klassischen weißen Biotechnologie und dem Einsatz dieser hoch interessanten Enzyme in einem offenen System. Die großflächige Ausbringung dieser Enzyme. Und da frage ich mich, wenn Green Peace das hört, ob die dann auch noch so begeistert sein werden.

ANTWORT

Ein Weg ist es, dass man die Enzyme auch GVO im großen Fermenter produziert, tausende von Tonnen Enzyme können sie großziehen. Hier im Norden werden 40 bis 50 % des Weltmarktes alles in großen Fermentern produziert. Die Enzyme werden getrennt und dann können sie mit Futter im großen Maßstab eingesetzt werden. Und Sie brauchen nicht viele Enzyme einzusetzen, weil sie als Katalysatoren wirken, d. h., man muss nicht enorme Mengen aufbringen, weil sich Enzyme überall verteilen, sondern in kleinen Mengen, 0,01 % dazu geben, denn die Enzyme arbeiten im großen Kessel und können dann auch freigesetzt werden, weil sie keine Mikroorganismen enthalten. Vielleicht wird man sagen, es wäre interessanter auch mit Mikroorganismen zu arbeiten. Das kann kommen und dann wird sich vielleicht die Meinung ändern müssen, wenn man meint das Öl ist alle und wir müssen in eine bestimmte Richtung gehen und dann Mikroorganismen einsetzen

Die bisherige Idee ist, zuerst Enzyme einzusetzen ohne Mikroorganismen. Aber es ist so, in anderen Ländern werden auch Mikroorganismen auf den Feldern verteilt, z.B. in Dänemark. Es gibt auch Wege,

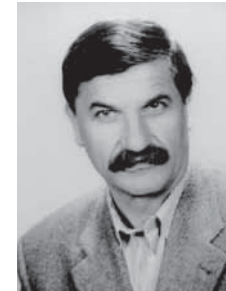
um einiges zu optimieren, und über die Gentechnik geht es viel schneller und einfacher. Doch hier ist die Akzeptanz das Problem.

BREVES, HANNOVER

Ein Kommentar zu Herrn Bruckmaier. Wenn wir ehrlich sind und die letzten 30-35 Jahre betrachten, sind ja eigentlich alle Versuche, modifizierte Mikroorganismen in den Pansen zu bringen, nicht sehr erfolg-

reich gewesen. Wir haben eigentlich immer feststellen müssen, dass dieses gut funktionierende Öko-System diese Eindringlinge innerhalb kürzester Zeit erledigt hat. Mit anderen Worten. Die Natur hat sich offensichtlich schon was dabei gedacht, dieses System so einzurichten, wie es ist. Das spricht eher dafür, das Potential solcher Mikroorganismen doch eigentlich mehr im technischen System zu nutzen.

Erfahrungen und Optimierungspotenzial der Energiepflanzenvergärung



1 Einleitung

Mit Inkrafttreten des österreichischen Ökostromgesetzes BGBl. I Nr. 149/2002 trat eine rasante Bautätigkeit landwirtschaftsassoziierter Biogasanlagen ein. Innerhalb kurzer Zeit (2003/2005) stieg deren Anzahl von einigen wenigen Anlagen auf etwa 350.

Schon in den Jahren 2004-2007 wurde am Interuniversitären Department für Agrarbiotechnologie (IFA Tulln) das nationale Forschungsprojekt Projekt „Gütesiegel Biogas“ bearbeitet, in welchem 41 österreichische Biogasanlagen, teilweise über längere Zeiträume von über 1 Jahr wissenschaftlich begleitet wurden (EdZ BMVIT, 2007).

Im Rahmen des mehrjährigen österreichischen Forschungsprojektes Renet Austria (2007) wurden weiterhin 2 Pflanzenvergärungsanlagen über mehrere Jahre intensiv untersucht (Lindorfer et al, 2007, Lindorfer et al, 2008, Resch et al, 2007).

Zuletzt erfolgte eine punktuelle Beprobung und Analyse der chemischen Betriebsparameter von 78 Biogasanlagen des österreichischen Bundeslandes Niederösterreich in einem Zeitraum von 3 Wochen.

2 Erfahrungen mit Energiepflanzenvergärungsanlagen

2.1 Exemplarische Ergebnisse der Biogasanlagen Messprogramme

In Tabelle 1 sind die Durchschnittswerte bzw. Messbereiche der von 41 Biogasanlagen erhobenen Betriebsparameter zusammengestellt. Als Substrate verwenden die untersuchten Anlagen hauptsächlich Mais (Silomais 53,3 %, Körnermais-Silage 21,9 %,

Tabelle 1: Betriebsparameter 41 österreichischer Biogasanlagen (FV - Fermenter Nutzvolumen; H_u – Heizwert; OTS – organ. Trockensubstanz; TS – Trockensubstanz; FM – Frischmasse; BHKW- Blockheizkraftwerk)

Parameter	Einheit	Median	min.	max.
Tägliche Substratmenge	t _{Substrat} /d	13,2	0,8	58,9
Tägliche Menge OTS	t _{OTS} /d	2,3	0,3	13,8
Gesamtverweilzeit	d	131	44	483
Organ. Raumbelastung	Kg _{OTS} /(m ³ _{FV} ·d)	3,6	1,0	8
Gasertrag	Nm ³ _{Biogas} /(m ³ _{FV} ·d)	0,96	0,22	2,17
C-Ausnutzungsgrad	%	82,8	61,5	96,8
Durchschnittliche Methanausbeute	Nm ³ _{Methan} /t _{FM}	82	24	229
	Nm ³ _{Methan} /t _{TS}	325	228	521
	Nm ³ _{Methan} /t _{OTS}	362	267	567
Methankonzentration	%	54,8	49,7	67,0
Volllaststunden	1000 h/a	7,3	3,1	8,6
Ausnutzung der BHKW	%	83,3	35,7	98,2
El. Wirkungsgrad	%	31,3	20,7	39,2
Therm. Nutzungsgrad	%	16,5	0,0	42,6
Jahresnutzungsgrad der Biogas Energie (H _u)	%	47,3	30,5	72,3

Trockenmais 1,9 %), gefolgt von Grassilagen (Wiesengras 9,4 %, Klee gras 2,6 %, Sudangras und Landsberger Gemenge 1,5 %) und Getreide-Ganzpflanzensilage (5,5 %). Der Rest setzt sich aus Sonnenblumensilage, Weizen und Triticale (Korn) bzw. diversen anderen

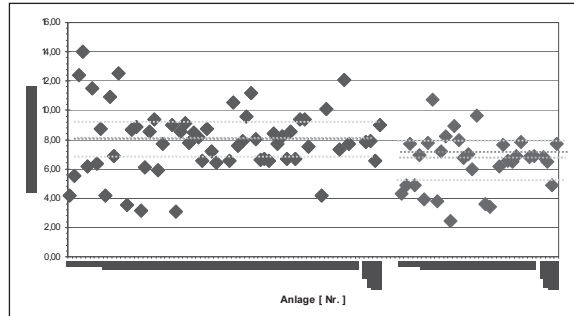


Abbildung 3: Verteilung des Trockensubstanzgehaltes in 78 Pflanzenvergärungsanlagen. Links (blau) Hauptfermenter, rechts (rot) Nachfermenter.

2,0 g.l⁻¹ wasserdampfflüchtigen Fettsäuren im Endlager Niedersachsen, 2007) unterschreiten. Bemerkenswert erscheint auch, dass bei 1/4 der Anlagen in den Fermentern niedrigere Werte gemessen wurden als im Endlager (Abb. 4).

Insgesamt konnten aus diesen Messserien abgeleitete Erfahrungswerte empfohlener, kritischer bzw. nicht tolerierbarer Betriebsparameter von Biogasanlagen definiert werden (Tab. 2).

2.2 Energieeffizienz von Biogasanlagen

Aufgrund der in Literaturangaben vorzufindenden erheblichen Schwankungsbreite von Energiebilanzen bei Biogasanlagen, wurden im Rahmen der Messpro-

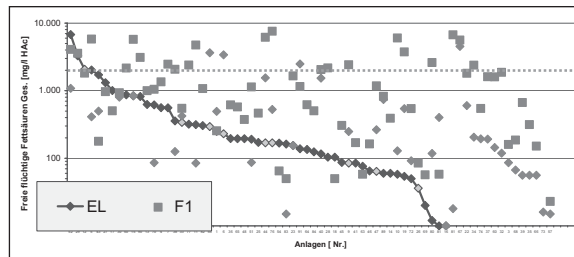


Abbildung 4: Erzielter Ausgärgrad von 78 Pflanzenvergärungsanlagen gemessen am Gehalt an wasserdampfflüchtigen Fettsäuren im Fermenter bzw. Gärrest - Endlager (Werte sortiert nach Werten im Endlager mit den korrespondierenden Hauptfermentern).

Tabella 2: Aus Messwerten von 167 Biogasanlagen abgeleitete empfohlene (Grün), kritische (gelb) und nicht tolerierbare (rot) Betriebsparameter.

	Einheit	Wertebereiche		
		Grün	Gelb	Rot
pH	[-]	7,5 – 8,1	7,1 – 7,5	< 7,1; > 8,1
CSB	[g/kg]	40 – 90		> 90
Trockensubstanz (TS)	[%]	3 – 9	< 3	> 9
Organ. Trockensubstanz	[%]	2 – 7	< 2	> 7
Gesamtstickstoff	[g/l]	< 6	6 – 7	> 7
NH ₄ -Gehalt	[g/l]	< 5	5 – 6	> 6
Undissoziierter NH ₃	[mg/l]	< 600	600 – 800	> 800
Essigsäure	[mg/l]	0 – 1.000	1.000 – 3.000	> 3.000
Propionsäure	[mg/l]	0 – 250	250 – 1.000	> 1.000
i-Buttersäure	[mg/l]	0 – 50	50 – 300	> 300
Buttersäure	[mg/l]	0 – 50	50 – 100	> 100
i-Valeriansäure	[mg/l]	0 – 50	50 – 150	> 150
Valeriansäure	[mg/l]	0 – 20	20 – 100	> 100
Flücht. Fettsäuren gesamt	[mg/l]	0 – 1.500	1.500 – 4.500	> 4.500

gramme eine Serie von Pflanzenvergärungsanlagen, Co-Fermentationsanlagen sowie Biogasanlagen zur Anaerobbehandlung biogener Abfälle detailliert untersucht und Grundlagendaten für die Berechnung der Energiebilanz erhoben (Laaber et al, 2005). Ermittelt wurden sämtliche Energieverbrauchswerte bzw. Energieerträge entlang der gesamten Prozesskette, beginnend beim Pflanzenbau (Düngerbedarf, Pflanzenschutz, Dieserverbrauch) über Transport und Lagerung (Silage, Silofolie), die Substratdosierung, den Prozessenergiebedarf der Biogasanlage bis zur Biogas-Verstromung bzw. Gärrestausbringung.

In den erwähnten 5 Anlagenbeispielen wird der Einfluss von vorgelagerten Prozessstufen, d.s. Energiepflanzenproduktion und Transporterfordernisse, auf die Energiebilanz der Biogasgewinnung deutlich. Naturgemäß liegt das Energie Output : Input - Verhältnis (O:I) in Gülleverwertungsanlagen günstiger als in Pflanzenvergärungsanlagen. Das ermittelte

Tabelle 3: Energiebilanzen (Output : Input) bezogen auf Strom- bzw. Strom- und Wärmenutzung ex- und inklusive vorgelagerter Transportaufwendungen und Gütlegetschriften in ausgewählten Biogasanlagen zur Pflanzenvergärung (Anlagen 1 und 2) sowie zur Bioabfallbehandlung (Anlage 3) und Gülleverwertung (Anlagen 4 und 5). Die Ergebnisdarstellung ist jeweils auf den reinen Energieverbrauch (Spalte „I“) sowie auf den kumulierten Energieaufwand (KEA) inkl. Energiebereitstellung bezogen (Spalte „KEA“).

Energiefluss-Vergleich	Anlage 1 - 500 kW _{el}	Anlage 2 - 500 kW _{el}	Anlage 3 - 1672 kW _{el}	Anlage 4 - 200 kW _{el}	Anlage 5 - 18 kW _{el}					
Kurzcharakteristik	NAWARO-Anlage mit Mix aus Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger und lw. Reststoffen	NAWARO-Anlage ohne Wirtschaftsdünger	Biogasanlage zur Bioabfallbehandlung	Nur Wirtschaftsdünger, zusätzl. Co Substrate, betreibt Zündstrahl-BHKW mit Heizöl!	Nur Wirtschaftsdünger, teilweise Fettscheiderabfälle					
	I	KEA	I	KEA	I	KEA	I	KEA	I	KEA
Energiebilanz - Strom/Wärme (O/I)	17,8	8,1	14,7	6,7	20,9	9,9	2,4	1,1	30,9	14,7
Energiebilanz - Strom (O/I)	11,7	5,4	10,5	4,8	20,9	9,9	2,1	1,0	14,0	6,7
SUMME Energieaufwendungen (I) [MJ/a] inkl. vorgelagerte Transporte und Gutschriften f.d. Gülleausbringung	1.134.168	2.483.333	1.400.124	3.077.648	2.656.187	5.571.102	1.786.009	3.737.516	28.403	59.438
Energiebilanz - Strom/Wärme (O/I)	18,7	8,6	14,7	6,7	8,7	4,1	2,5	1,2	34,4	16,5
Energiebilanz - Strom (O/I)	12,4	5,7	10,5	4,8	8,7	4,1	2,2	1,1	15,7	7,5

O : I – Verhältnis von 14,7 (Anlage 5, vgl. Tab. 3) liegt deutlich unterhalb aus der Literatur bekannter Werte von 28,8 (KTBL, 1996), wobei berücksichtigt werden muss, dass die zitierte Anlage 5 lediglich einen BHKW Wirkungsgrad von 22 % erzielt. Je nach Berücksichtigung vorgelagerter Energieaufwendungen für Sammlung und Transport von Bioabfällen resultieren naturgemäß erheblich unterschiedliche Energiebilanzen (vgl. Anlage 3, Tab. 3), wobei jedoch selbst bei Beachtung aller Energieaufwendungen für

die Bioabfallbehandlungsanlage noch eine sehr günstige Energiebilanz von 4,1 resultiert.

Dramatisch ungünstige Auswirkungen zeigt sich, infolge hohen Zündölverbrauchs, der Einsatz von Zündstrahlmotoren (vgl. Anlage 4, Tab. 3). Der Energieaufwand erweist sich als nahezu gleich hoch wie die resultierende Nutzenergie (O : I - Verhältnis 1,1). Würde anstatt eines Zündstrahlaggregates ein Gasmotor eingesetzt sein, so ergäbe sich ein deutlich günstigeres O:I – Verhältnis von 6,2.

In den betrachteten 2 Beispielen von Pflanzenvergärungsanlagen liegen für solche Anlagen vergleichsweise sehr gute Energiebilanzen von 8,1 (Anlage 1, Tab. 3) bzw. 6,7 (Anlage 2, Tab. 3) vor. Trotz nur teilweiser Wärmenutzungsmöglichkeit in den beiden Anlagen, liegen diese Werte deutlich über aus der Literatur bekannten Zahlen von 2,7 (FNR, 2006).

Im Vergleich zu anderen Bioenergieformen liegen die hier untersuchten Biogasvarianten Pflanzenvergärung, Bioabfallbehandlung sowie Gülleverwertung insgesamt alle teilweise erheblich günstiger. Insbesondere Bioethanol aus Rübenzucker- bzw. stärkehaltigen Rohstoffen liegt mit einem O : I – Verhältnis von 1,25 – 2 deutlich ungünstiger. Selbst Biodiesel (O : I = 3,9) und Pflanzenöl (O : I = 3,2) liegen deutlich ungünstiger als Biogas. Für Biomassevergasung mit anschließender Verflüssigung (Fischer / Tropsch Verfahren) wird ein O : I – Verhältnis von 7,9 be-

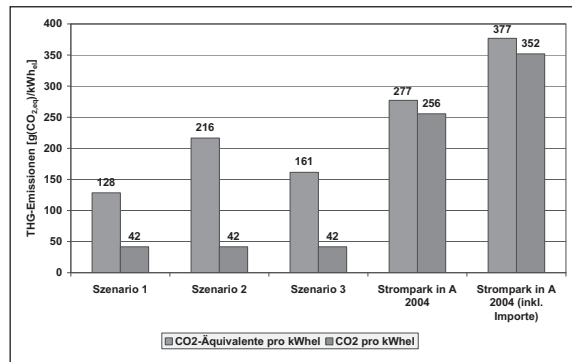


Abbildung 5: Gesamte Treibhausgas- bzw. CO₂ - Emissionen von 3 unterschiedlichen Szenarien der Verstromung von Biogas, im Vergleich zu in Österreich erzeugten Strom (Strompark in A 2004) bzw. verwendeten Strom (incl.Importe).

richtet, für die Wasserstoffgewinnung ein solches von 4 (FNR, 2006). Für beide letztgenannten Verfahren liegen aber keine technischen Erfahrungswerte aus praktischen Anwendungen vor.

2.3 Das CO₂ Einsparungspotenzial der Stromerzeugung aus Biogas

In Abb. 5 sind die Treibhausgas- und CO₂ Emissionen der Stromerzeugung in Österreich mit 3 unterschiedlichen Biogasverstromungsszenarien verglichen. In Scenario 1 sind nur die Emissionen der Pflanzenproduktion berücksichtigt. Scenario 2 berücksichtigt auch die Emissionen bei der Gärrestausrückführung (Lachgas) und in Scenario 3 sind die Gutschriften jener Treibhausgasemissionen berücksichtigt, die sich ergeben, wenn Gülle anstatt bei unkontrollierter Ausbringung N₂O, CH₄ und CO₂ – Emissionen zu verursachen, kontrolliert in einer Biogasanlage verwertet wird.

Es zeigt sich, dass die Biogasverstromung hinsichtlich Treibhausgas-effizienz, selbst bei Anrechnung aller auftretenden Emissionen, günstiger abschneidet als der in Österreich aus verschiedenen Verfahren gegenwärtig gewonnene- bzw. genutzte Strom (inkl. Importen).

3 Optimierungspotenzial von Pflanzenvergärungsanlagen

3.1 Praxisanforderungen und biotechnologische Fragestellungen

In einer im Rahmen eines Projektes durchgeführten Befragung von 40 Biogasanlagenbetreibern, -konstrukteuren und -beratern (Puchas et al, 2008) wurde primär kurzfristiger Entwicklungsbedarf hinsichtlich Standortwahl, Planung, Bau- und Verfahrenstechnik von Biogasanlagen konstatiert (Tab. 4). Auch für die technische Ausstattung (Rührtechnik, Einbringeinrichtungen, Rührtechnik) sowie Substratlogistik, Anfahrbetrieb, Prozesskontrolle, Eigenenergiebedarf und Wärmenutzung wurde großes Optimierungspotenzial bekundet.

Lediglich mittleres Potenzial wurde der Optimierung von Fermenterbauweisen, deren Dimen-

Tabelle. 4: Erhebung des Optimierungspotenziales von Biogasanlagen durch Befragung von 40 Biogasanlagenbetreibern, -konstrukteuren und -beratern.

Optimierungspotenzial		
Groß	Mittel	Klein
Auswahl des Standortes	Anlagendimensionierung	Auswahl Anlagentyp
Auswahl Planer	Fermenterbauweise	Absperreinrichtungen
Betonbau	Beheizung	Gasfackel
Rührtechnik	Messtechnik	Isolierung Fermenter
Anlagenvisualisierung <500kW	Hilfsstoffe / Hilfsmaterialien	Anlagenvisualisierung >500kW
Einbringeinrichtungen	Rohrleitungen	Luft-, Biofilter
Energieeigenbedarf	Gasmotor-BHKW	Blitzschutz
Pumpen / Pumpstationen	Zugangsmöglichkeiten	Füllstandskontrolle
Wärmenutzung	Elektroinstallationen	Hygienisierung
Anlieferung/Lagerung Substrat	Bedienaufwand laufender Betrieb	Entschwefelung/ Entfeuchtung
Anlagensicherheit		
Zusammenspiel Professionisten beim Bau		
Anfahrbetrieb		
Laufende Prozesskontrolle		
Regulärer Anlagenbetrieb		
Wartung der Anlage		

sionierung, Beheizung, dem Blockheizkraftwerk, Messtechnik und Bedienungsaufwand im laufenden Betrieb zuerkannt. Nur kleiner Bedarf besteht dagegen zur Optimierung von Anlagentyp, Isolierung, Hygienisierung, Entschwefelung, Füllstandskontrolle, Absperreinrichtungen, Biofilter und Blitzschutz.

Mittelfristiger Optimierungsbedarf hinsichtlich biotechnologischer Grundlagen wurde von der Befragung nicht berührt. Diese Fragestellungen betreffen beispielsweise die Substratlagerung bzw. auftretende Verluste, die Massenbilanz im Betrieb mit verschiedenen Substraten, den Ausgärgrad, Maßnahmen zu dessen Verbesserung bzw. die Substratausnutzung und allfällig auftretende Emissionen.

3.2 Substratlagerung

Im Rahmen eines mehrjährigen Projektes (Renet Austria, 2007) wurde an der Pflanzenvergärungsanlage Strem, Burgenland, die Maislagerung im Fahrсило während einer Kampagne bilanziert. Untersuchungsziel war, Möglichkeiten einer hinsichtlich Handhabung vereinfachten, bzw. gegenüber Silofolien kostengünstigeren Silageabdeckung zu finden. Hierzu wurde das Lagervolumen des Fahrsilos erfasst und dieser nach standardmäßiger Maiseinlagerung zur Hälfte klassisch mit Silofolie und zur Hälfte alternativ mit verdichtetem entwässertem Gärrest der Pflanzenvergärungsanlage abgedeckt (Abb. 6).

Der Fahrсило wurde während der Abarbeitung über 3 Monate wöchentlich an mehreren Stellen über das gesamte Profil beprobt. Untersucht wurden Trockenmasse (TS), organische Substanz (OTS), pH-Wert, der Gehalt an Stärke und Zuckern, das gesamte Profil organischer Säuren, Äthanol sowie die Zahl an Milchsäurebakterien, Hefen und Schimmelpilzen.

Bei der Untersuchung konnte ein deutlicher Unterschied hinsichtlich Stabilität bzw. Verlusten der 2 Abdeckungsvarianten beobachtet werden (Fig. 7). Während im Falle der klassischen Abdeckung mit Silofolie etwa 16,5 % Massenverlust zu beobachten war, betrug dieser im gleichen Zeitraum bei der Gärrestabdeckung etwa 27 %.



Abbildung 6: Detailausschnitt des Fahrsilos der Pflanzenvergärungsanlage Strem, Burgenland. Rechts eine Silageabdeckung mit Silofolie, der linke Bildausschnitt zeigt eine verdichtete Silageabdeckung mit abgepresstem Gärrest der Pflanzenvergärung.

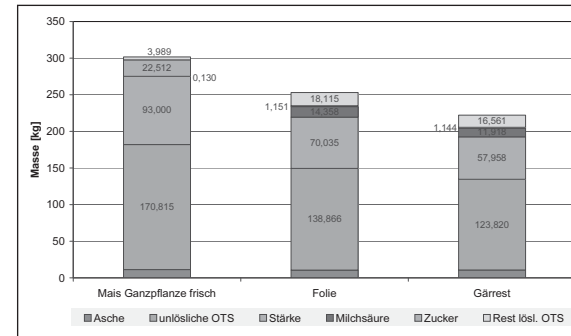


Abbildung 7: Stoffumsatz einer Maissilage mit Folienabdeckung (Mitte) bzw. alternativer Gärrestabdeckung (rechts). Links der Vergleich frischer Mais Ganzpflanzensilage (Angaben in kg Trockensubstanz je t Frischsubstanz im Fahrсило).

Bei den Substratpreisen des Jahres 2005 hat der zusätzliche Verlust bei Gärrestabdeckung der Silage für die 500 kW_{el} Anlage Substratmehrkosten von etwa 25.000 € / Jahr zur Folge. Diese Mehrkosten können durch Einsparung an Silofolie und eingesparten Manipulationsaufwand (in Summe ca. € 15.000 / Jahr) nicht kompensiert werden (Resch et al, 2007).

3.3 Substratwechsel

Zur Untersuchung der praktischen Auswirkung eines Substratwechsels von ausschließlicher Maissilage GPS (Abb. 8) zu einem Gemisch (Abb. 9) aus Maissilage (48 %) und Gras/Klee – Silage (52%) wurde die Pflanzenvergärungsanlage Strem, Burgenland hinsichtlich aller Massenströme bilanziert. Während bei Verwendung reiner Maissilage 17,5 t/d Rezirkulationsflüssigkeit (Presswasser) zur Aufrechterhaltung der Reaktorhomogenität ausreichen (vergl. Abb. 8) müssen bei zusätzlicher Einbringung von Gras/Klee – Silage 34,26 t/d Presswasser im Kreis geführt werden (vergl. Fig. 9).

Infolge erhöhter Volumenströme verringert sich die resultierende Feststoffverweilzeit bei Zusatz von Gras/Klee – Silage erheblich (Tab. 5). Außerdem verschiebt sich ein Teil der Biogasproduktion vom Haupt- in den Nachfermenter. Während bei reiner

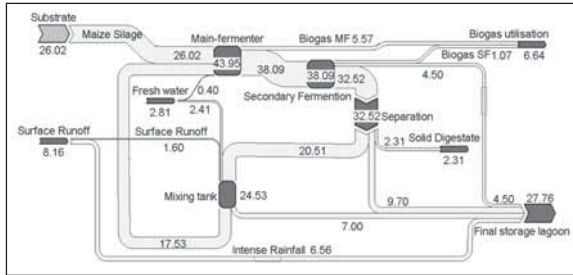


Abbildung 8: Massenbilanz einer ausschließlich Maissilage (GPS) verwertenden 500 kW_{el} Biogasanlage. Die Flüssigfraktion wird nach Separation mittels Schnecken-Pressen zur Aufrechterhaltung der Homogenität in den Reaktor rückgeführt (Alle Angaben in t_{w/w} / Tag).

Maissilage eine Verwertung von 16 % des gesamten Biogases im Nachfermenter gebildet werden, steigt dieser Anteil bei zusätzlicher Gras/Klee – Silage Nutzung auf 28 % (vergl. Tab. 5). Dies wirkt sich auch auf den Gesamt-Ausgärgrad des Substrates aus.

3.4 Ausgärgrad

Als wesentlicher Einflussfaktor bestimmt die mittlere Aufenthaltszeit des Substrates im Fermenter dessen Ausnutzungs- bzw. Ausgärgrad. Dies wird aus der grafischen Darstellung (Abb. 10) deutlich. Während bei ausschließlicher Maissilageverwendung etwa 84 %

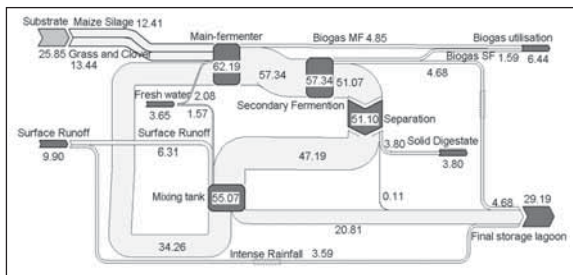


Abbildung 9: Massenbilanz einer Maissilage (48%) und Gras/Klee-Silage (52%) 500 kW_{el} Biogasanlage. Zur Aufrechterhaltung der Homogenität muss bei Zugabe von Gras/Klee – Silage etwa die doppelte Menge Flüssigfraktion im Kreislauf geführt werden. (Alle Angaben in t_{w/w} / Tag).

Tabella 5: Auswirkung einer Zugabe von Gras/Klee – Silage in eine Maissilage -GPS verwertende, zweistufige Pflanzenvergärungsanlage auf Feststoffverweilzeit und Verteilung der Biogasproduktion in Haupt- und Nachfermenter (FV – Fermentervolumen; d - Tag).

	Einheit	Mais GPS	Mais, Gras, Klee
Feststoffverweilzeit			
Hauptfermenter	d	63,40	33,73
Nachfermenter	d	65,08	34,76
Biogasproduktivität			
Hauptfermenter	Nm ³ Gas / (m ³ FV.d ⁻¹)	2,96	2,43
Nachfermenter	Nm ³ Gas / (m ³ FV.d ⁻¹)	0,55	0,81

des theoretischen Biogasanfalls in der ersten Fermenterstufe resultieren, werden bei Zusatz von Gras/Klee – Silage nur noch etwa 72 % in Stufe 1 gebildet.

Das verbleibende Restmethanpotenzial verdoppelt sich demnach gegenüber reiner Maissilagenutzung nahezu. Ebenso erhöhen sich das verbleibende Restgärpotenzial der Feststoff- und der Gelöstfraktion des Mischsubstrates von 4,16% auf 7,7% bzw. von 1,92% auf 2,95% (vergl. Abb. 10). Auch der unabbaubare Substratanteil (gemessen am CSB) erhöht sich von 6,92% auf 8,13%. Die unabgebauten Substratanteile gelangen ins Endlager und sind dort Ursache verstärkter Gasentwicklung. Eine Endlagerabdeckung bzw. Gaserfassung sind daher jedenfalls erforderlich.

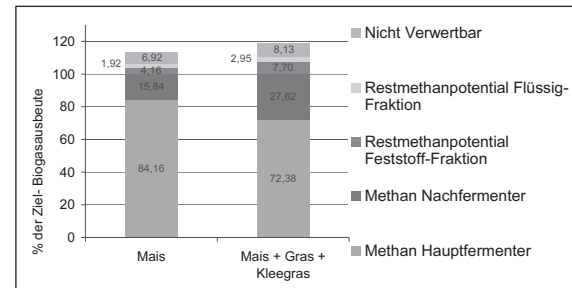


Abbildung 10: Vergleich des Restgärpotenzials einer reinen Maissilage Vergärung mit einer Mischgärung von Maissilage und Gras/Klee - Silage.

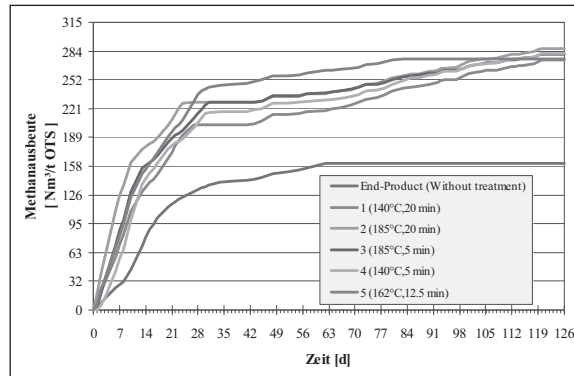


Abbildung 11: Einfluss verschiedener Gärrest Nachbehandlungen auf dessen Biogasertrag.

3.5 Nachbehandlung des Gärrestes zur Erhöhung der Abbaubarkeit

Insbesondere schwer verfügbare Substratinhaltsstoffe in der Feststofffraktion können durch thermische Behandlung weiter aufgeschlossen werden. In einem Versuchsansatz wurde hierzu der Feststoffanteil der Gärrestfraktion Temperatur- / Druckbehandlungen zwischen 140°C bis 185°C ausgesetzt. Wie ersichtlich (Fig. 11) wurde in allen Behandlungsvarianten eine deutliche Erhöhung der Gasausbeute gegenüber unbehandeltem Gärrest erzielt. Der unabbaubare Feststoffanteil des Gärrestes konnte auf diese Weise um etwa 45 % reduziert werden.

4 Zusammenfassung

Die periodische vergleichende Erfassung des Betriebszustandes von Pflanzenvergärungsanlagen erbrachte einerseits wichtige Informationen für Planer, Anlagenbauer und -betreiber. Andererseits sind die gewonnenen Erfahrungen auch zur besseren Beurteilung und Planung zukünftiger Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sehr hilfreich. Aus der Praxis abgeleitete Optimierungswünsche sind naturgemäß kurzfristig technisch – ökonomisch ausgerichtet, mittel- bis langfristige Forschungs- und Entwicklungsvorhaben können ausschließlich im universitären Bereich bearbeitet werden. Motor aller Entwicklungen sind

die jeweiligen förderpolitischen Rahmenbedingungen, welche vorteilhafterweise jedoch einer längerfristigen Orientierung bedürften.

Wesentliche Erkenntnisse im Rahmen des Biogasanlagen – Monitoring betrafen die Energieeffizienz der Anlagen. Obschon die Vergärung pflanzlicher Rohstoffe zu Biogas hinsichtlich Output : Input – Energiebilanz beispielsweise der Bioäthanol- oder Biodieselproduktion deutlich überlegen ist, hat die gemäß Förderregime vorzugsweise Biogasverstromung, aufgrund der schlechten Abwärmenutzung, in fast allen untersuchten Fällen einer sehr schlechten Gesamtnutzungsgrad der landwirtschaftlichen Rohstoffe zwischen nur 30,5–72,3 % ergeben. Trotz noch vorhandenem, erheblichen Optimierungspotenzial verfügt die Stromerzeugung via Biogas aus Pflanzenmaterial, eine sowohl im Vergleich zu dem in Österreich erzeugten- bzw. nach Importen verwendeten Strommix, ein deutlich höheres Einsparungspotenzial von Treibhausgasemissionen.

Im Zuge mehrerer nationaler- und EU – Forschungsprojekte konnten verschiedene Optimierungsansätze der Pflanzenvergärung wie Verbesserung der Substratlagerung und –ausnutzung sowie Empfehlungen für den sicheren Anlagenbetrieb (Empfohlene Betriebsparameter), Substratmanagement und Gärrestbehandlung erarbeitet werden. Weitere systematische grundlegende Forschungsarbeiten betrafen die Wärmebilanzierung (Eigenerwärmung) bei Feststofffermentationen, die Massenbilanzierung bzw. erforderliche Kreislaufwasserführung bei Silage – Monovergärung (Homogenisierbarkeit) und die Auswirkungen eines Substratwechsels auf den Gärungsverlauf.

Literaturverzeichnis

EdZ BMVIT (2007): Aufbau eines Bewertungssystems für Biogasanlagen – „Gütesiegel Biogas“. Endbericht des Forschungsprojektes Projektnummer 807742, im Rahmen der Programmlinie Energiesysteme der Zukunft; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien

KTBL (1996): KTBL Schrift Nr. 235. Energieversorgung in der Landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Deutschland.

Laaber, M.; Kirchmayr, R.; Madlener, R. und Braun, R. (2005): Development of an evaluation system for biogas plants. Proceedings 4th Int. Symposium Anaerobic Digestion of Solid Waste, Kopenhagen, Dänemark

FNR (2006): Biokraftstoffe: Eine vergleichende Analyse. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe. D-18276 Gülzow.

Lindorfer, H., R. Waltenberger, K. Koellner, R. Braun, R. Kirchmayr (2008): New data on temperature optimum and temperature changes in energy crop digesters, *Bioresource Technology* 99 (2008) 7011–7019

Lindorfer, H., López, C., Resch, C., Braun, R., Kirchmayr, R. (2007): The impact of increasing energy crop addition on process performance and residual methane potential in anaerobic digestion, *Water Science and Technology* 56 (10) 55-63

Niedersachsen (2007): Hinweise zum Immissionsschutz bei Biogasanlagen, Anforderungen zur Vermeidung und Verminderung von Gerüchen und sonstigen Emissionen, Rd.Erl. d. MU vom 02.06.2004 – Az.: 33 – 40501/208.13/1, - VORIS 28500 - Stand 27.02.2007

Ökostromgesetz sowie Änderung des Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetzes (ElWOG) und das Energieförderungsgesetzes 1979 (EnFG) BGBl. I Nr. 149/2002

Renet Austria (2007): Internetseite <<http://www.renet.at>>

Resch, C.; Santos, J.P.T.; Kirchmayr, R.; Braun, R.; Neureiter, M. (2007) Quantifying Mass and Energy Losses of Two Different Silo Coverages for Energy Crops - Full Scale Investigations of Silage Quality at an Anaerobic Digestion Plant, 15th European Biomass Conference & Exhibition, May 2007, Berlin

Resch, C., Braun, R., Kirchmayr, R. (2008): The influence of energy crop substrates on the mass-flow analysis and the residual methane potential at a rural anaerobic digestion plant, *Water Science and Technology* 57 (1) 73-81

Puchas, K., Schrammel, H. Obernberger I., Pfeiffer, J., Strohmaier, D., Kirchmayr, F., Braun, R. Kirchmayr, R. (2008): Vorläufiger Bericht des Projekt 812789 – Biogasanlagenentwicklung durch strategisches Lernen.

Diskussion



ABEL, GÖTTINGEN

Ich habe eine Frage zur Beschickung der Anlagen mit Klee gras als Substrat und dem Zusammenhang zum Stickstoffumsatz unter diesen Bedingungen. Sie haben zu Beginn einen Wert genannt für Ammoniumstickstoff von 5 g pro Liter und das sind ja umgerechnet ungefähr 300 mmol pro Liter und das bei einem pH-Wert von 7,5 bis 8,1 oder sogar noch weiter im alkalischen. Unter den Bedingungen muss man doch davon ausgehen, dass ein Großteil des Stickstoffs über Ammoniak verloren geht. Gibt es darüber Erhebungen oder Vorstellungen, was mit der Ammoniakfraktion eigentlich geschieht?

ANTWORT

Wir haben leider, was die Emissionen im Prozess bzw. bei den Lagerungen betreffen, keine eigenen Messwerte. Es gibt aus anderen Bereichen Abschätzungen der Ammoniakemissionen, aber im Zusammenhang damit liegen keine eigenen Messwerte vor. Ich denke aber, dass bei den Gras- und Pflanzenvergärungsanlagen die Thematik nicht so brisant ist, wie bei den Kofermentationsanlagen, die Kosubstrate zu mischen, beispielsweise stickstoffreiche Fraktionen aus der Lebensmittelindustrie. Dort ist es durchaus so, dass man in höhere Bereiche kommt und dort muss man auch damit rechnen, dass man unter Umständen schon in Hemmkonzentrationsbereiche kommt und selbstverständlich treten dort dann entsprechende Emissionen auf. Zu dieser Thematik läuft derzeit ein Projekt zur Stickstoffrückgewinnung bei

hoch stickstoffhaltigen Substraten wie Nebenprodukte vom Schlachthof, Abwässer. Aber Emissionsmessungen in dem Sinn, wie Sie sie hinterfragt haben, haben wir nicht. Wir haben lediglich per Hand Emissionsmessungen rückgerechnet aufgrund des Restgärpotentials vom Gärrest. Das hat dann auch dazu geführt, dass in diesen Anlagen bisweilen Abdeckungen der Gärreste im Endlager sehr rasch implementiert wurden. Also es sind doch erhebliche Mengen, die je nach Betriebsweise der Reaktoren dann noch im Endlager emittieren können, entscheidend ist die Verweilzeit.

HARTUNG, HANNOVER

Sie hatten gezeigt, dass Gülle insbesondere effizient ist. Nun sind natürlich damit eine Reihe von hygienischen Problemen verbunden mit Transport, Lagerung. Man könnte sich auch vorstellen, bei dem Umladen können auch Emissionen entstehen, die auch mikrobieller Art sind. Und dann hatten Sie gleichzeitig gesagt, es gibt eine hohe Temperatureffizienz. Also man könnte in dem ganzen Prozess eine sehr hohe Temperatur erreichen, die ca. über 45°C liegt. Das wäre ja eine Grenze, wo man Hygienisierung angehen könnte. Wie löst man das? Ich weiß, dass von vielen Anlagen zumindest ein Zusatz, wie viele Anlagenbauer sagen, ein Hauch von Gülle darüber gegeben wird, damit es gut läuft. Wie löst man die Fragen der Hygiene.

ANTWORT

Ich kann hierzu sagen, dass Gülle als tierisches

Nebenprodukt ausgenommen ist. Die zuständige Verordnung sagt, es ist keine thermische Behandlung erforderlich; für Kosubstrate, eine Vielzahl der Kosubstrate, sehr wohl. Aber es ist richtig, es gibt Belege dafür, dass eine Temperaturerhöhung vom mesophilen in den thermophilen Bereich von 55 °C zu einer wesentlichen Reduktion möglicher Kleinpilz-erreger führt und das ist auch anerkannter Stand der Technik. Das Problem, was sich dabei möglicherweise wieder ergibt, ist, dass man in Gülle unter Umständen Ammoniakgehalte vorfindet, die wiederum Probleme bei thermophilem Betrieb solcher Anlagen bereiten.

Aber ich glaube, dass sich in der Praxis das Problem insofern nicht zeigt, weil sehr viele Anlagen diesen Hygienisierungsschritt gehen, vor allem dann, wenn sie Kosubstrate haben, wurde dies automatisch implementiert. Aber vom Grundsätzlichen her wäre natürlich die Idee, in den thermophilen Bereich zu gehen, wenn es das Substrat mit erlaubt und keine Probleme im Betrieb dadurch resultieren, bestechend, weil man damit eine größere Sicherheit erzielen kann.

NELLES, ROSTOCK

Können Sie etwas zu den Anlagengrößen in Österreich sagen, in welchem Spektrum man da baut und was so der aktuelle Trend ist? Das wäre die eine Frage. Sie haben schon angedeutet, in Österreich gibt es ein Ökostromgesetz. Wir haben hier das EEG, novellieren jetzt gerade zum zweiten Mal die größeren Fehler weg. Ich hoffe nicht, dass zu viele neue dazu kommen. Wie sieht die Entwicklung in Österreich in diesem Bereich aus?

ANTWORT

Die Größenordnung der Anlagen beantwortet sich eigentlich auch indirekt über das Ökostromgesetz, wo für die verschiedenen Bereiche bestimmte Tarife vorgeschrieben sind. Man kann sagen, dass die Vielzahl oder Mehrzahl der Anlagen im Bereich um die 500 kW elektrischer Leistung zu liegen kommen, vielleicht auch knapp darunter und nur wenige dann in dem oberen Bereich von 9 Megawatt oder gar darüber zu liegen kommen. Bei letzteren kann schon mit

geringeren Tarifen gerechnet oder kalkuliert werden, aber es kommen Logistikprobleme der Restverwertung unter Umständen sehr stark zum Tragen. Einige Anlagenprojekte wurden aufgrund dieser Logistikproblematik quasi verhindert. Zur zweiten Frage. Das Ökostromgesetz hat eine endlose Geschichte, vielleicht ganz kurz. 2002, ursprünglich glaube ich dann Ende oder Beginn 2003 ist es in Kraft getreten. Es hat dann diesen Bauboom in Österreich ausgelöst. Die Anlagen hatten für 13 Jahre garantierte Tarife und das Ökostromgesetz ist sogar dann ausgelaufen, und die Novelle hat lange Zeit auf sich warten lassen. Ist dann 2006 gekommen in einer etwas restriktiveren oder deutlich restriktiveren Ausformulierung, die dann nun mehr 10 Jahre Laufzeit hatte, ansonsten eine Deckelung der Förderung nach oben vorgesehen hat für die verschiedenen Bioenergien. Und dadurch ist dann ein quasi schrittweises Zurückfahren eingetreten, d. h., es wurden und werden weniger Anlagen errichtet und die letzte Entwicklung ist eine Verordnung, die aufgrund der Preisentwicklung jetzt Zuschläge zu den Tarifen ermöglicht. Ich weiß jetzt nicht genau wie viel.

ROSENWINKEL, HANNOVER

Eine Frage zu der Erhöhung des Restgärpotentials, was sie angegeben haben mit + 5,7 % bei Einsatz von chemisch-physikalischen Verfahren. Haben Sie auch einmal bilanziert, wie das Netto aussieht, bezogen auf den Energieeinsatz und den In- und Output oder auf die Kosten bei chemischen Verfahren?

ANTWORT

Nun muss ich leider bedauerlicherweise sagen, wir haben darüber gesprochen, aber wir haben keine Kalkulationen. Wir haben keine Berechnung, wie sich dieser vermehrte Energieaufwand auswirkt in der Gesamtbilanz. Ich habe es zwar erwähnt. Es ist nur eine Quellfraktion, diese Feststofffraktion selbst, es ist also vom Volumen her ein geringer Anteil angedacht und nicht das gesamte Substrat. Ich würde sagen, denkt man an das Gesamtsubstrat mit einer solchen Behandlung, ist von vornherein keine Chance auf einem

ökonomischen Betrieb energietechnisch gegeben. Es tut mir leid. Wir haben auch für die Quellfraktion keine Berechnung. Wir haben nur quasi die Werte über die Erhöhung der Ausbeute.

GRAF ELTZ, WOLFRING

Ich habe eine Frage zu der Kühlung, die sie angesprochen hatten. Haben Sie die Ursache untersucht, warum es zu dieser Erwärmung kam?

ANTWORT

Wir haben in unserer Mitte einen Dissertanten, der sich mit dieser Frage beschäftigt hat. Harald Lindorfer könnte dazu im Detail wahrscheinlich schon einen längeren Vortrag halten. Ganz kurz vielleicht, versuche ich eine Antwort. Jeder mikrobielle Umsatz ist mit einer Wärmeentwicklung verbunden und in Gärungen mit geringen Substratkonzentrationen und anaeroben Bedingungen ist das Biomassewachstum üblicherweise so gering, dass diese Wärmeentwicklung nicht zum Tragen kommt. Sie ist vorhanden, sie ist bei jeder Methangärung vorhanden, aber eine klassische Anlage müssen Sie z. B. beheizen, um auf 30 - 35 Grad zu kommen. Bei diesen hoch konzentrierten Substraten ist diese Eigenerwärmung aufgrund der mikrobiellen Aktivität schon spürbar, schon messbar. In dieser besagten Untersuchung sind aber dann auch noch andere mögliche Ursachen, bis hin zu chemischer Wärmeentwicklung u.s.w. bilanziert worden. Ich glaube insgesamt, Herr Lindorfer korrigieren Sie mich, sind wir bis auf 80 - 90 % Klärung herangekommen. Ein paar Prozente sind nicht ganz klar in der Bilanz.

GRAF ELTZ, WOLFRING

Wenn ich hier kurz meine Erfahrungen einbringen darf, weil wir auch diese Probleme hatten. Einige Anlagenbetreiber haben bei mir angerufen und gefragt, da sie gerade im Sommer die Problematik haben. Die Anlagen sind teilweise schlecht isoliert, sie haben keine Wärmeverwertung, daher ist es egal, wie viel Wärme Sie in den Fermenter stecken. Unsere Fermenter sind hervorragend isoliert. Dies merken wir auch im

Sommer, wenn wir z. B. unser Substrat mit Verlusten reinbringen, d. h., wenn wir das Substrat rausfräsen mit dem Futtermischwagen, dort haben wir am Silo eigentlich keine Erwärmung. Lassen wir dieses Futter z. B. einen Tag in dem Futtermischwagen stehen und geben es dann in die Anlage, dann können wir, weil die Fermenter so gut isoliert sind und keine oder wenig Wärmeverluste haben, können wir die Reaktortemperatur nicht halten. Geben wir das Futter aber unmittelbar in die Anlagen, haben wir keine Probleme die Reaktortemperatur zu halten. Also war für uns der Umkehrschluss, dass große Vorlagebehälter, die für die Praxis oft geplant werden, denn viele wollen Futtervorlage für zwei, drei Tage. Die wurden beschickt und das Futter bei der Beschickung mit Sauerstoff angereichert und dann traten die ersten Abbauprozesse ein und wir haben das Substrat, was in die Anlage reinkommt, gemessen und es ergaben sich 60-70 °C. Was auch noch dazu kommt, wenn Sie z. B. Frischgras aus Rasenschnitt verarbeiten was ohnehin kocht, dann merken Sie das umso schneller. Also ich glaube, dass diese Temperaturerhöhung ausschließlich auf falsche Silageentnahme zurückzuführen ist und auch weil die Futtervorlagen zu lange sind, d. h., die Einbringeinrichtungen für zwei oder drei Tage, sorgen für die hohe Eigenerwärmung.

ANTWORT

Diese Eigenerwärmung ist sicher bei Sauerstoffzutritt ganz klar erklärbar. Da sind die Umsatzraten wesentlich höher, die Zunahme der mikrobiellen Biomasse entsprechend größer. Aber ich kann das an sich nicht bestätigen, was die Untersuchungen an der Anlage, wo unsere Arbeiten gelaufen sind betrifft, denn dort wurde Ganzpflanzensilage, geschroteter Körnermais eingesetzt zusammen mit Kosubstraten und das auf einer quasi kontinuierlichen Basis. Ich glaube nicht, dass dort irgendwo im Vorfeld durch Temperaturentwicklung schon ein externer Einfluss zu sehen gewesen wäre.

KALM, KIEL

In der Milchviehhaltung haben sich bei den Pro-

duktionsbetrieben so genannte Betriebsvergleiche durchgesetzt. Mit Hilfe dieser Vergleiche können sehr gute bzw. unterdurchschnittliche Betriebe mit den Durchschnittsbetrieben verglichen werden. Anhand von Kennzahlen lassen sich dann Einflussgrößen ableiten. Ist es möglich mit Ihrem Datenpool ein ähnliches Betriebsvergleichssystem zu entwickeln? Welches wären die wichtigsten Einflussgrößen auf den Erfolg von Biogasanlagen? Sind derartige Modelle angedacht?

ANTWORT

Danke für die Frage. Ich habe leider diese Informationen nicht mit, aber in einem der erwähnten Projekte, wo 41 dieser Anlagen über einen längeren Zeitraum untersucht wurden, ist mit einem Kooperationspartner auch eine Auswertung in diese Richtung erfolgt, nach der sogenannten Data Inverlogment Analysis. Da kann man klar sehen, welchen Einfluss verschiedene Kriterien haben und die Anlagen lassen sich ordnen, welche im Spitzenfeld, welche im Mittelfeld und ganz schlecht liegen. Wir haben diese Auswertung dann sehr sensibel natürlich anonymisiert weitergegeben. Sie ist auch in einem Endbericht beim Ministerium enthalten. Die Betreiber der Anlagen, die die Proben/Daten zur Verfügung gestellt haben, haben dann jeweils Informationen von ihrer Anlage bekommen mit den anonymisierten anderen Anlagen, so dass sie einen Vergleich ziehen konnten, wie sie im Feld liegen. Aber das ist nicht institutionalisiert, das ist quasi im Rahmen eines Projektes durchgeführt worden. Meines Wissens sind aber die Fördergeber daran interessiert, dass diese Anlagen eben entsprechend effizient betrieben werden und teilweise werden jetzt von Bundesland zu Bundesland verschiedene Auflagen gemacht, um Kontrollanalysen von Zeit zu Zeit dazu zubekommen und die Anlagenbetreiber sind in einer Verpflichtung.

NN

Gibt es da schon ein einheitliches Kennzahlenmuster, nach dem man sich richten kann? In der Rinderhaltung haben sich der Deckungsbeitrag und

andere Kenngrößen durchgesetzt, was würden Sie herausstellen?

ANTWORT

Es ist eigentlich noch Wunschdenken, dass es so etwas geben soll. Es war eines der angedachten Ziele auch im Rahmen dieses Projektes ein so genanntes „Gütesiegel Biogas“ zu entwickeln, aber das konnte nicht betrieben werden, um danach zu einem solchen Ergebnis zu führen, dass man quasi ein Markenzeichen oder Kennzahlen generell zur Verfügung hätte. Zugegeben es ist noch etwas schwierig, eine Akzeptanz dafür zu finden.

LINDORFER, PINNEBERG

Ich möchte kurz eine Anmerkung zu dem Beitrag von Graf Eltz geben. Es geht ja darum, dass ein Gleichgewicht entsteht. Ich habe immer Energieverluste und Energiegewinne und deshalb Wärmeverluste und Wärmegewinne. Die stehen an sich im Gleichgewicht. Wenn ich jetzt z. B. als Substrat Mais mit 14 °C oder Außentemperatur 15 °C reinbringe, ist das eigentlich ein Wärmeverlust im Fermenter, d. h., ich kühle den Fermenter eben ein bisschen ab. Wenn der jetzt 60 °C hat, das ist natürlich in dem Fall funktionell eine Wärmequelle, das ist klar, dass sich das natürlich nicht sofort im Fermenter bemerkbar macht. Aber wir haben natürlich am Anfang damit gearbeitet und haben z. B. die gesamte Einbringung für eine Woche unter eine CO₂-Atmosphäre gebracht, um zu sehen, wie verändert sich die Wärme dann, wenn ich alles wirklich sauerstoffneutral in den Fermenter bringe und das war natürlich im Verhältnis zur mikrobiologischen Aktivität, was Herr Braun gesagt hat, trotzdem relativ wenig. Die Hauptquelle der eigentlichen Wärmeproduktion sind die Bakterien beim Abbau, wie dies schon richtig gesagt wurde.

Nachhaltigkeitsaspekte bei der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen für die energetische Nutzung



1 Einleitung

Nach anfänglicher Euphorie wächst in Politik und Öffentlichkeit die Kritik an der verstärkten Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen aus dem landwirtschaftlichen Bereich für die energetische Nutzung. Neben den Fragen hinsichtlich der Nutzungskonkurrenz und dem Beitrag zum Anstieg der Agrarrohstoffe wird insbesondere auch die Nachhaltigkeit der Produktion nachwachsender Rohstoffe hinterfragt. Solange aber Bundesregierung und EU die ambitionierten Ziele nicht aufgeben (Beschlüsse von Meseberg, EU-Roadmap), ist aufgrund von langfristigen Verpflichtungen der Politik auf nationaler und internationaler Ebene mit einer weiterhin hohen Bedeutung in der Flächennutzung zu rechnen.

Inwieweit die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen Nachhaltigkeitskriterien genügt, kann nur bewertet werden, wenn zwischen den verschiedenen Möglichkeiten der Energieerzeugung differenziert wird. Deutlich zu unterscheiden ist aber auch zwischen einer Betrachtung auf der Ebene der Bundesrepublik bzw. der EU und einer globalen Ebene.

Trotz der Begrifflichkeit „Nachhaltigkeit“ wird hierbei momentan ausschließlich über Umweltstandards diskutiert. Fragen der Wirtschaftlichkeit oder gar Sozialstandards spielen dagegen keine Rolle. Das Konzept der Nachhaltigkeit wird somit nur teilweise behandelt. Dies ist umso bedauerlicher, da in der öffentlichen Diskussion der Eindruck erweckt wird, dass insbe-

sondere auch für den internationalen Vergleich neben Umwelt- auch Sozialstandards berücksichtigt werden. In der Realität ist dies aber nicht beabsichtigt (Christen 1999, Christen und O’Halloran-Wietholtz 2002).

2 Indikatorgestützte Bewertung der Nachhaltigkeit von Produktionssystemen zur Biomasseerzeugung

Um Produktionssysteme hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit zu bewerten, bietet sich eine indikatorgestützte Vorgehensweise an. Aus der Erfahrung aus dem Food-Bereich ist hier relativ eindeutig zu definieren, welche Indikatoren im Regelfall bedeutsam sind. Daneben ist aber auch zu berücksichtigen, dass in der EU cross compliance (CC) gilt und hierbei keine Unterscheidung hinsichtlich der Produktion food oder non-food besteht, so dass bei den verschiedenen Alternativen der Energieerzeugung die möglichen Problembereiche mit den Vorgaben von CC abgeglichen werden müssen.

2.1 Kulturartendiversität und Fruchtfolgegestaltung

Ob sich die Biodiversität durch die Erzeugung von Bioenergie deutlich verändert, kann derzeit kaum pauschal beantwortet werden, sondern wird sehr stark durch die Standortbedingungen, räumliche Einordnung und Ausrichtung der Produktion bestimmt. Sollte in einem durch Raps und Weizen dominierten Anbaubereich verstärkt Mais angebaut werden, führt dies durchaus zu einer Verbesserung der Diversität, wohingegen in einer viehstarken Region mit starkem Maisanbau ein gegenteiliger Effekt auftritt. Modell-

rechnungen zur Biodiversität unterstreichen diese Argumentation und lassen keine generellen Schlüsse hinsichtlich der Folgen eines verstärkten Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen zu. Beachtenswert ist in diesem Zusammenhang auch die Tatsache, dass CC gilt und damit der Fruchtfolgegestaltung allein aus diesem Grund gesetzliche Grenzen gegeben sind (Heyer und Christen 2004).

2.2 Stickstoffemissionen

Im Zusammenhang mit der verstärkten Produktion von nachwachsenden Rohstoffen sind bei Stickstoffemissionen zwei Sachverhalte beachtenswert. Bei einem einfachen Betrieb von Biogasanlagen in Monovergärung mit Mais besteht die Gefahr, dass die Nitratauswaschung ansteigt, da die Nutzung von Biogasgülle im Vergleich zu mineralischer Düngung ein höheres Verlustpotential ausweist. Vor dem Hintergrund der Verpflichtungen aus der Wasserrahmenrichtlinie ist diese Gefährdung – je nach Standortbedingungen – durchaus kritisch zu bewerten und kann eventuell zu einer deutlichen Einschränkung der Potenziale führen. Auch beim Winterraps ist bei einer zusätzlichen Flächenausdehnung die Problematik der Nitratbelastung zu beachten. Bei beiden hier genannten Beispielen ist die Fruchtfolge als unterste Bilanzierungsebene heranzuziehen.

Daneben ist aber auch für eine Gesamtbilanzierung der Klimarelevanz des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen die Freisetzung von Lachgas als extrem potentem Treibhausgas zu beachten. Selbst unter einfacher Berücksichtigung des IPCC-Ansatzes zur Ermittlung von Lachgasemissionen kommt es rein rechnerisch daher in Raps- und Zuckerrübenanbausystemen bei höheren Intensitäten der Stickstoffdüngung zu einem deutlich geringeren Treibhausgasverminderungspotential. Inwieweit dies Konsequenzen für die Intensität der nationalen Produktion haben wird, ist aktuell nicht abschätzbar (siehe Pkt. 4). Sollten zukünftig hier noch höhere Ansätze bezüglich der Freisetzung von Lachgas berücksichtigt werden, steht die gesamte Produktion von biogenen Kraftstoffen in Frage.

2.3 Erosion

Bei der Gefährdung durch Erosion durch die Nutzung nachwachsender Rohstoffe sind wiederum der Bezugsmaßstab und die Standortbedingungen entscheidend. Für die derzeit favorisierten Kulturarten für die energetische Nutzung sind Mais und Zuckerrüben als kritisch anzusehen, wogegen bei Raps und Wintergetreide geringe Auswirkungen zu erwarten sind. Diese Aussage darf aber nicht generalisiert werden, da nur ein begrenzter Teil der Standorte aufgrund von Textur, Hangneigung und Niederschlagsintensität überhaupt erosionsgefährdet ist. Zusätzlich gibt es für den Anbau von Mais und Zuckerrüben auch ein großes acker- und pflanzenbauliches Instrumentarium, um die Erosionsgefahr zu vermindern. Modellrechnungen an unterschiedlichen Standorten in der Bundesrepublik unterstreichen auch hier den vergleichsweise geringen Einfluss eines verstärkten Anbaus von Kulturarten für die energetische Nutzung auf die Wassererosion.

2.4 Organische Bodensubstanz

Nach aktuellem Wissensstand ist mit größter Wahrscheinlichkeit im Zusammenhang mit einem intensiven Maisanbau für die Biogasnutzung mit dem Verlust von organischer Bodensubstanz zu rechnen. Selbst bei vollständiger Rückführung der Gärrückstände besteht die Gefahr, dass es – je nach Klima- und Bodenbedingungen – mittel- bis langfristig zu einer Abnahme des Humusgehaltes kommen kann. Dies steht im klaren Gegensatz zu den Vorgaben von CC und dem Bodenschutzgesetz und hätte auf leichteren Standorten schon innerhalb weniger Jahre beträchtliche Konsequenzen für die Produktionsleistung, insbesondere in trockenen Jahren. Zusätzlich beeinflusst dies auch die Treibhausgasbilanz, da aus der organischen Substanz Kohlendioxid freigesetzt wird.

Eine offene Frage im Zusammenhang mit der verstärkten Nutzung von Stroh für die Produktion von BTL ist die Verfügbarkeit vor dem Hintergrund einer ausreichenden Rückführung von organischer Substanz. Je nach herangezogenem Berechnungsmodus für die Rückführung von Stroh werden die

Potenziale unterschiedlich angesehen und können daher zu deutlich differenzierten Schlussfolgerungen führen (LGSA 2008). Vor diesem Hintergrund sind sämtliche Überlegungen zur Nutzung von Stroh für die Kraftstoffe der so genannten 2. Generation eher mit Skepsis zu beurteilen. Vermutlich werden hier die Potenziale deutlich überschätzt.

3 Auswirkungen von sonstigen gesetzlichen Verpflichtungen auf die Produktion von Biomasse

Bei der Diskussion um die Potenziale der Biomasseproduktion und den damit verbundenen Auswirkungen auf Umweltschutzgüter, darf nicht vergessen werden, dass sich Bund und Länder im Rahmen sehr unterschiedlicher Gesetzesvorgaben zu einer Reihe von Entwicklungen verpflichtet haben, die absehbar erhebliche Konsequenzen aufweisen werden. In erster Linie sind hier die Folgen einer konsequenten Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zu nennen. Eine aktuelle Studie für Sachsen-Anhalt (LGSA 2008) belegt eindeutig, dass die WRRL zu einer erheblichen Umwidmung von Ackerflächen zu Grünlandflächen führen wird. Dies ändert theoretisch nur wenig an den Gesamtpotentialen. In der praktischen Umsetzung ist dies aber durchaus relevant, da für den Bereich des Grünlandes deutlich weniger Optionen einer energetischen Nutzung existieren. In der Schlussfolgerung sind hier dann aber auch alle oben beschriebenen Einzelindikatoren neu zu hinterfragen, da sich bei einer Grünlandnutzung gänzlich andere positive aber auch negative Effekte einstellen können.

4 Internationaler Nachhaltigkeitsaspekte

Im internationalen Kontext müssen die konkreten Formulierungen der Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung abgewartet werden. Die derzeit vorliegenden ersten Entwürfe sind aus Sicht der europäischen Landwirtschaft noch sehr stark verbesserungswürdig und würden in dieser Form insbesondere für Biodiesel und Bioethanol aus heimischer Produktion große Probleme bereiten. Dies gilt insbesondere für die hier vorgeschlagenen „Default-Werte“ hinsichtlich der CO₂-Emissionen je GJ. Die hier bislang vorge-

schlagenen Default-Werte sind dabei kaum nachvollziehbar und methodisch sehr zu hinterfragen, da ein Vergleich zwischen Kulturarten, die ausschließlich in der Fruchtfolge angebaut werden, wie Raps und Zuckerrüben, mit Plantagenkulturen, wie der Ölpalme, nicht sinnvoll ist. Darüber hinaus sind aber auch die Werte für die einzelnen Kulturarten kaum nachvollziehbar. Da die vorliegenden Entwürfe letztendlich aber auch in die Erstellung einer DIN-Norm für die nachhaltige Produktion von nachwachsenden Rohstoffen einmünden sollen, ist die Bedeutung nicht zu unterschätzen.

5 Fazit

Grundsätzlich ergeben sich für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen für die energetische Nutzung unter Nachhaltigkeitsaspekten keine komplett neuen Herausforderungen. Bei der Gewichtung ist aber zu erwarten, dass zukünftig Fragen des Erhaltes der organischen Bodensubstanz und der geschlossenen Nährstoffkreisläufe wieder mehr Gewicht erhalten, wobei zum gegenwärtigen Zeitpunkt der Ausgang der internationalen Diskussion als offen betrachtet werden muss.

Literaturverzeichnis

Christen, O., 1999: Nachhaltige Landwirtschaft - Von der Ideengeschichte zur praktischen Umsetzung. Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt Bonn, Heft 1/99

Christen, O., O'Halloran-Wietholtz, Z. 2002: Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft. Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt Bonn, Heft 3/2002

Heyer, W., Christen, O.: 2004: Zum Miteinander von Landwirtschaft und Natur. In: Frangenberg, A. (Hrsg). Biodiversität in der Kulturlandschaft. 15-41

Heyer, W., Christen, O., 2005: Landwirtschaft und Biodiversität. Schriftenreihe des Instituts für Landwirtschaft und Umwelt Bonn, Heft 8/2005

LGSA 2008: Biomassepotenzialstudie des Landes Sachsen-Anhalt.

Diskussion

ROSENWINKEL, HANNOVER

Das war ein sehr interessanter Beitrag zum Thema Nachhaltigkeit. Ich würde ganz gern zwei Anmerkungen noch dazu diskutieren. Der erste Punkt kommt aus der Wasserrahmenrichtlinie, die sie erwähnt haben. Es läuft gerade hier in Lübeck die 20. Norddeutsche Abwassertagung, da wurde heute morgen auch sehr intensiv über die Wasserrahmenrichtlinie diskutiert. Frage, ob wir die Ziele, die gesteckt sind, den guten ökologischen Zustand erreichen können und in Europa für alle Gewässer und in diesem Zusammenhang auch inwieweit sich der verstärkte Anbau von Energiepflanzen auswirken wird. Es wird sicherlich Verschiebungen geben, nicht nur im Bereich Nitrat, was Sie aufgezeigt haben, sondern wahrscheinlich auch bei anderen Parametern. Was ich aber ganz gern noch einbinden würde, ist der Bereich Wasserbedarf, den haben sie zwar genannt, aber ich will es doch ganz gern noch auf den Punkt bringen. Leider konnte ich gestern nicht dabei sein. Aus dem Beitrag von Herrn Kaltschmitt konnte ich die aufgeführten Energiepotentiale von 100 Terawattstunden für Deutschland entnehmen. Wenn die 5 Mio. Hektar zur Verfügung stehen und dort Biogaspflanzen angebaut würden, was sicherlich das effizienteste ist. Was dabei nicht berücksichtigt wird, ist meines Erachtens die Frage des Wasserbedarfs. Wenn man diese 100 Terawattstunden erzeugt, dann sind das 1.200 kW-Stunden pro Kopf und Jahr, macht ungefähr 20 % des elektrischen Stromverbrauchs, den wir uns leisten. Für diese 20 % würden wir 40 % der



Anbauflächen benötigen, die wir derzeit haben. Für diese 40 %, das sind ungefähr 600 m² pro Kopf, die benötigt werden, brauchen wir bei Maisanbau 600 mm Niederschlag, ungefähr 360 m³ Wasser pro Kopf und Jahr. Und das ist ein Problem, was meines Erachtens nicht ausreichend bisher diskutiert wird. Einmal in Deutschland regional, dies wurde angesprochen. Es gibt aber sicherlich Bereiche, wo regional dieser Niederschlag nicht vorhanden ist. Aber schlimmer ist es eigentlich global, weil letztlich weltweit im Wesentlichen der Wasserbedarf das entscheidende Problem ist. Was haben wir für die Nutzung oder für die Erzeugung von Nahrungsmitteln und auch von Energiepflanzen, dies ist der entscheidende Punkt, den wir noch stärker in der Nachhaltigkeit berücksichtigen müssen.

Betrachtet man mal die Diskussion, die wir derzeit in Deutschland führen. Wasser soll gespart werden, wir reden von 130 l pro Kopf und Tag, das macht ungefähr 40 m³. Wenn wir die 360 betrachten, dann sind die 40 m³, an denen wir sparen, wirklich sehr wenig und wenn man den Gesamtbedarf für die Nahrungsmittel betrachtet, reden wir vom auskömmlichen Wasserangebot von 1.700 m³ pro Kopf und Jahr und Waters Kerity tritt ein in einer Größenordnung < 1.000, d. h. 300 - 350 ist das Minimum Survival, das heißt, wenn wir uns ernähren und trinken wollen, was weltweit eines der größten Probleme für die Zukunft ist. Man kann ausrechnen, mit dem Wasser, was wir im Kreislauf verfügbar haben weltweit, wie viel Milliarden wir insgesamt auf der Welt ernähren

können und da ist relativ schnell eine Grenze erreicht. Ich glaube diesen Punkt müssen wir ihm Rahmen der Nachhaltigkeitsdiskussion noch etwas stärker diskutieren. War jetzt eigentlich mehr ein Kommentar als eine Frage.

ANTWORT

Ich habe das schnell mal nachgerechnet. Kurze Antwort zur Wasserrahmenrichtlinie. Nein, wir werden diese Qualitätskriterien nicht erfüllen, auch nicht 2024. Das wird von der Umsetzung her noch ein ganz interessanter Punkt werden. Vor allem der interessanteste Punkt wird sein, wer bezahlt das. Nur ganz kurz, denn es ist nicht das Thema hier, aber sicherlich ein ganz wesentlicher Punkt. Bei der Biomasse sehe ich das nicht als Kernpunkt, was die Produktion von Biomasse anbetrifft. Man kann viel Biomasse produzieren, ohne dass man die Stickstoffdüngung erhöht. Wir dürfen auf gar keinen Fall, wenn wir hier über Intensivierung reden, davon ausgehen, dass eine Intensivierung mit mehr Düngung, z.B. Stickstoffdüngung und mehr Pflanzenschutz verbunden ist.

Wir müssen mehr aus der gegebenen Menge Stickstoff erzeugen, d.h. wir müssen deutlich die Effizienzen verbessern. Noch haben wir viel zu hohe Überschüsse und daher muss über andere Intensivierungsstrategien nachgedacht werden. Das betrifft die Bodenbearbeitung, das betrifft die Grunddüngung. Das sind Beispiele, die eine Rolle spielen. Beim Wasser ist das regional sehr unterschiedlich. Soweit ich das von Kollegen weiß, würden die meisten sagen, für die Bundesrepublik ist das nicht das zentrale Problem, regional jedoch. Ich habe über Halle gesprochen, die Versuchsstation von uns hat im Jahresdurchschnitt etwa zwischen 400 mm und in schlechten Jahren 285 mm, da nützen einem auch die 98 Bodenpunkte recht wenig. Global stimme ich Ihnen zu, ist das Wasser ein zentraler Punkt.

Sie hatten noch von den Potentialen gesprochen. Es stehen die 4 bis 5 Mio. Hektar im Raum. Da wäre ich sehr skeptisch, was die Bundesrepublik und Biomasse betrifft. Gestern war auch eine Zahl 2 bis

3 Mio. unter dem Gesichtspunkt von Naturschutz genannt worden. Ich denke, es wird sich irgendwo unter 2 Mio. Hektar bei uns bewegen. Das ist das, was realistisch ist. Wenn wir das dann wollen, um es entsprechend vernünftig zu nutzen.

HENSEL, BERLIN

Herr Christen, so, wie Sie vorgetragen haben, haben Sie mich in den Sachargumenten überzeugt. Sie sind wohl der erste, der jetzt einen Vortrag gehalten hat, wo Nachhaltigkeit drauf steht im Titel und deshalb möchte ich nicht unbedingt ein Koreferat halten, aber zumindest darauf hinweisen, wenn Sie jetzt über Kreisläufe und Bilanzen argumentieren, es gibt Randbedingungen, die Sie im Reich der Nachhaltigkeit gar nicht erwähnt haben. Und da möchte ich doch einige kleine Beispiele geben, die diese ganzen Szenarien, die ich jetzt seit zwei Tagen höre, gerade unter dem Begriff, den Sie benutzt haben, nämlich der Politik-sicherheit, durchaus in Frage stellen und dass dieses Szenario möglicherweise auch von ganz anderer Seite problematisiert wird. Ich möchte ein Beispiel geben. Der Kollege Hartung hat das ja schon angesprochen. Die Frage der Hygienisierung. Das ist ja ein Mirakel der Landwirtschaft, dass also in dem Moment, wo der Kot im Darm einer Kuh ist, das tierseuchenrechtlich gemäßregelt wird. Und in dem Moment, wo der Schwanz sich hebt und die Faeces fallen zum Boden hin, ist es dann Dünger und wird ganz anders behandelt, wird zum Teil international behandelt. Wird zum Teil in den Niederlanden produziert und in Görlitz verklappt, wenn man die Genehmigung hat. Seuchenhygienisch ist das Mirakel, weil man das normalerweise nicht akzeptieren würde. Wenn man die Tiere von A nach B fahren würde, würde man das nicht erlauben, bei Dünger ist das möglich. Wir haben hier über die ganzen letzten 100 Jahre schon Möglichkeiten, auch der Hygienisierung gemacht, aber gerade jetzt, im Zeitalter der Biogasanlagen, die häufig mesophil gefahren werden und die auch ganz häufig Kosubstrate nutzen, auf deren Hygienisierung wir eigentlich überhaupt gar kein Datenmaterial mehr haben, auf das wir zurückgreifen können, kommen wir

in Problematiken hinein, weil die Verwendung der Gärückstände nämlich in manchen Kulturen problematisch ist. Und das wissen wir, in der Seuchenhygiene und auch in der humanmedizinischen Seuchenhygiene, gerade in dem Acker- oder beziehungsweise im Gartenbau gibt es immer wieder auch Ausbrüche. Und die sind in der Wahrnehmung der Bevölkerung ganz anders als Sie das jetzt mal für ihren Bereich in einem Kreislaufsystem darstellen. Das ist auch in der Politikwahrnehmung ganz anders.

Ein zweites Thema, was ich ansprechen wollte, ist der Einsatz der Pflanzenschutzmittel. Wir haben ja die Tendenz, wenn wir jetzt den Wald, die Forst nehmen, Sie haben gesagt auf der Koppel oder beispielsweise, wenn jetzt jemand Mais baut und sagt, o.k., ich setze Pflanzenschutzmittel ein, das geht ja sowieso in die Biogasanlage, aber es geht dann auch in die Tierfütterung. Und da haben wir dann nämlich Probleme, weil wir dann Carry-over-Phänomene haben, die wir im Grunde mit dem bestimmungsgemäßen Gebrauch dieser Pflanzenschutzmittel nicht versteuern können und dann sind Sie wieder in der Argumentationsfalle, weil Sie kürzlich die Frage Biogasverknüpfung mit Pestizideinsatz haben und da fehlen Ihnen die Argumente.

Das 3. Thema, was ich noch mit Ihnen diskutieren würde oder wir alle zusammen diskutieren sollten, sind stoffliche Einträge, die unerwünscht sind. Viele von Ihnen kennen vielleicht die Problematik mit den perfluorierten Tensiden. Da sind Stoffe aus der Papierherstellung weltweit eingesetzt, die jetzt in Nordrhein-Westfalen medial ausgeschlachtet wurden. Der Minister hat da wohl mehrfach Rechenschaft vor dem Parlament und vor Gerichten bringen müssen. Diese perfluorierten Tenside sind amphotäre Substanzen, die eben akkumulieren in Pflanzen und im Boden hoch persistent sind, also mit Haltbarkeitszeiten von 100en von Jahren. Das Problem ist, als wir jetzt untersucht haben, wir in den Gärückständen von Biogasanlagen sehr sehr hohe Konzentrationen dieser toxischen Substanz gefunden haben. Diese Gärückstände sind bereits auf Äcker in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen ausgebracht worden.

Diese Futtermittel, die dort geborgen worden sind, sind bereits an Milchvieh verfüttert worden und man hat in der Milch einzelner Sammelmilchen, da gibt es ganz aktuelle Daten, Konzentrationen gefunden, die dazu führen würden, dass die Milch nicht mehr verkehrsfähig ist. Das ist kommunikationstechnisch ein Supergau, weil man nämlich dann sagen kann, wie ist damit die geregelte Milchproduktion möglich, wenn wir praktisch jede Futtercharge untersuchen müssen. Ich frage mich gerade und das trifft bei Schwermetall und anderen Industriechemikalien nämlich auch zu, deren Ausbringung wir ja nicht immer kontrollieren können. Gerade dann, wenn Kosubstrate eingesetzt werden. Ich frage mich dann immer, wie ist dieser Begriff der Nachhaltigkeit und Sie hatten eine Luke darauf gelegt, da fehlte die Ökotoxikologie, da fehlte die Humantoxikologie. Wie können wir da weiter machen? Weil meiner Ansicht nach, würden unter den Kommunikationsbedingungen, die wir für solche Probleme haben auch die Biogasanlagenbetriebe, denen das ganze Wohlwollen der Politik entgegengebracht wird, auch ins Gegenteil umschlagen kann.

ANTWORT

Die Luke, die ich da darauf gelegt habe, hatte keine Antwort auf Vollständigkeit und das im Einzelnen dort zusätzliche Probleme aus genannten Bereichen auftreten, dem stimme ich Ihnen zu, wobei ich auch in den spezifischen Dingen dann nicht kompetent bin. Das habe ich auch nicht versucht hier darzustellen. Das ist sicherlich wichtig, wobei die einzelnen Bereiche, die in den Zertifikaten gehandelt werden, natürlich diese Sachen alle nicht berücksichtigen. Das muss man klar sagen. Das unterstreicht ja eher meine Kritik an diesen Dingen. Ökotoxikologie und die toxischen Auswirkungen mit zu berücksichtigen. Herr Reinhardt sagte gestern, die Ökobilanzierer machen das nicht. Unabhängig jetzt von den Dingen hier, die ich vorgestellt habe in den Projekten, die wir machen, auch wenn es um Zertifizierung geht, haben wir beim Pflanzenschutzmittelbereich diese Sachen runtergebrochen auf die Anbindung, weil wir über Indikatoren gehen und keine Analytik machen kön-

nen. Das wird einfach viel zu teuer. Das Ganze ist so schon sehr teuer und ich vermute, dass, wenn man das international macht, man höchstens zu ganz einfachen Standards kommt. Aber das unterstreicht ja die Schwierigkeiten, die wir überhaupt mit den Dingen haben, und sie haben natürlich Recht, das ist politisch und marketingtechnisch der absolute Supergau, wenn so etwas passiert. Ich stimme Ihnen voll zu.

KALM, KIEL

Ich möchte den Aspekt mit dem Pflanzenschutz ansprechen. Unser Phytopathologe berichtete mir von Problemen der Maisbestände mit Mykotoxinen, Pflanzenschutzmittel werden wohl nicht eingesetzt, d.h. pflanzenbauliche Maßnahmen können dies Problem minimieren. Wie schätzen Sie diese Problematik ein.

ANTWORT

Die Frage der Mykotoxine ist weniger eine Frage des Pflanzenschutzmitteleinsatzes als eine Frage der Fruchtfolge, der Bodenbearbeitung und der Sortenwahl. Wenn man das niedrig haben will, muss man den entsprechenden Weg gehen, dann muss man pflügen, dann muss man gegebenenfalls auch auf die Stoppeln Stickstoff geben, wobei das aus Gründen der Wasserrahmenrichtlinie nur die zweitbeste Lösung ist.

Man muss entsprechende Sorten anbauen. Soweit ich weiß, ist das ja auch in der Biogasanlage suboptimal, wenn man dort diese riesigen Mengen reinfährt, die toxisch belastet sind. Aber das ist sicherlich richtig, wenn man in solche Systeme geht, ist die Gefahr, dass die Aufwendungen dort höher werden, groß bzw. wenn man diese Dinge berücksichtigt, sind die Potentiale kleiner.

KAGE, KIEL

Ich habe eine Frage, die ich vielleicht speziell Herrn Schmitz heute morgen hätte stellen sollen, nämlich was bringen eigentlich die ganzen Zertifizierungs- und Wertungssysteme? Ich sehe da wesentliche Problema-

tiken, die wir wahrscheinlich im Wesentlichen auch unterstreichen können. Wir haben in wesentlichen Bereichen so genannte Risikofaktoren. Die Spannbreiten sind dort sehr groß z. B. im Bereich der Lachgasemissionen, da wissen wir eigentlich noch relativ wenig. Die 1,25%, das ist eigentlich eine Zahl, die gedacht war für die Treibhausgasfinanzierung für Entwicklungsländer, die also nicht besser können, als ihre Klimagasbilanzen so auszurechnen und ich denke, da sind also wesentlich komplexere Zusammenhänge dahinter als man eben mit diesem Input-Faktor letztendlich tatsächlich dann auch aussagen kann. Die Rußbilanz ist auch angesprochen worden, das ist ja wie gesagt auch von bis. Das sind ganz wesentliche Aspekte, die Tabelle wurde noch mal gezeigt, die dann in dem Entwurf der Biomassenachhaltigkeitsverordnung vorgesehen war, und das sind ja die ganz wesentlichen Dinge, die eine Rolle spielen und gerade heute morgen ist mir noch einmal durch den Kopf gegangen, was bringt es überhaupt, wenn wir einzelne Produktionszweige, Bioenergieproduktionszweige zertifizieren bzw. bewerten. Die Märkte sind doch so global vernetzt, dass dieser Aufwand in der Energieproduktion, wo auch immer hier oder irgendwo anders, uns doch wieder keine Aussage darüber bietet, was Politikentscheidung letzten Endes für Auswirkungen auf der globalen Ebene hat. Irgendwo wird ja dann die Nahrungsmittelproduktion immer stattfinden und dann sind wir auch beim nächsten Punkt, dass wir auch nach der Produktivität schauen sollten, bei den Systemen. Das ist eben auch ein Punkt, dass mit diesen speziellen Plantagen z. B. das Gutachten des wissenschaftlichen Beirates zu sehr positiven Aussagen gekommen ist, wo eigentlich genau dieser Aspekt eine Rolle spielt, nämlich einmal Werte, die positiv angenommen wurden für Rußbilanz und für Lachgasemission und dann auf der anderen Seite die Produktivität nicht gut bewertet war und dass wir vielleicht insgesamt, da muss ich Herrn Berg wieder zustimmen, sehr viel stärker nach Produktivitätssteigerung schauen sollten als nach diesen „Umweltparametern“, wo wir häufig oft gar nicht wissen, wo wir letztlich enden, weil die Spannen riesig sind.

ANTWORT

Auf die Frage von Herrn Berg. Man kann sich dieser nähern, indem man versucht eine ökonomische Bewertung zu machen, welche Kosten im Hinblick auf das CO₂-Vermeidungspotential entstehen. Das wird Herr Isermeyer morgen vorstellen. Dann kommt man zu etwas anderen Schlussfolgerungen. Wenn man dann sagt, man sieht es als Problem an und möchte mit einer gegebenen Menge Geld möglichst viel CO₂ sparen, das ist ein Ansatz und ich halte das für wichtig aus volkswirtschaftlicher Sicht, das zu machen. Ich hoffe das ist deutlich geworden, bei dem globalen Zertifizierungssystem bin ich ehrlich gesagt skeptisch. Man kann diese Dinge bei uns machen. Wir haben die Datenlage auf einigen Betrieben und da gibt es Bedingungen, unter denen das sinnvoll ist. Optimierungsdinge spielen eine Rolle, auch Marketing spielt eine Rolle. Ich denke, dass eine gewisse Notwendigkeit hier besteht. Aber wenn wir in einer Situation sind, dass wir die Daten überhaupt nicht zur Verfügung haben und davon kann man ja ausgehen, ob das Asien, Afrika oder Südamerika ist, dass das teilweise sehr schwierig ist, dann bin ich der festen Überzeugung, dass es ein so einfaches System wird, dass man es letztlich dann auch lassen kann.

Um eine klare Meinung zu sagen. Was mir ein bisschen Sorge dabei macht, ist die Tatsache wie diese Kommissionen zusammengesetzt sind. Ich weiß gar nicht, wer die zusammensetzt und ob sich da mal einer für entschuldigt. Wenn nachher abgerechnet wird, sind alle weg. Aber hier ist es so, dass das in der DIN-Kommission, wo es jetzt um die Produktion nachhaltiger Biokraftstoffe geht im Wesentlichen die Vertreter der Automobilindustrie und der Erdölindustrie drin sind. Das ist natürlich verständlich, aber, die Wahrscheinlichkeit, dass die landwirtschaftliche Kompetenz asymptotisch gegen Null geht, ist hoch. Dadurch haben wir da so Dinger drin, die einfach wirklich Unfug sind. Herr Schmitz hatte dies auch mit angesprochen. Da wird Öllein mit Raps verglichen. Passt nun überhaupt nicht. Ich bin da skeptisch. Aber Herr Schmitz hatte auch gesagt, wenn über CO₂ die Treibhausgasvermeidungspotentiale bestimmter Stoff-

fe bevorzugt werden und wenn das nicht eingesetzt wird, da ein Malusystem ist, dann werden alle das natürlich nutzen. Ob wir das hier gut finden oder nicht, ist denen natürlich völlig egal. Das ist das Gefährliche, aber das ist eine politische Frage. Bei N₂O beispielsweise ist der Wert katastrophal.

FLACHOWSKY, BRAUNSCHWEIG

Ich habe in den beiden Tagen gelernt, dass wir nicht mehr wissen, als was wir wissen. Z. B. N₂O, auch Methan. Wir haben erlebt diese Nachgärung kann alles wieder umkehren, was da noch abgeht an Methan. Oder die ganzen Nebenprodukte, wie wir die bewerten. Das ist rundum ein Problem. Und dennoch sind wir mutig, zumindest Herr Schmitz war das und auch Herr Reinhardt, trug die Öko-Bilanzen vor, die hieb- und stichfest erscheinen. Die auf die Gefahren hinweisen. Das wird der Politik zugeführt und da ist alles klar, die bringen das. Die bringen das exzellent, wenn es sein muss, mit Kommastellen und ich habe bei keinem Redner bisher erlebt, welcher riesige Forschungsbedarf da besteht. Da hat keiner was gesagt und auch die Konsequenz für die Bundesforschung oder die Universität. Es ist doch alles klar, was seit ihr für Bedenkenräger, mit allem wollt ihr Forschung machen. Das kann doch alles nicht wahr sein. Man muss auch all diese Dinge mit betrachten. Da besteht grundsätzlicher Forschungsbedarf, um erst einmal die Urdaten einigermaßen stabil zu bekommen, dass wir selber dran glauben können. Bei allen Informationen und allen Variationen, die es geben könnte. Ich würde meinen, das müsste auch stärker in eine Schlussfolgerung aus dieser dreitägigen Zusammenkunft und auch aus den Referaten deutlich werden. Hier besteht grundsätzlich Forschungsbedarf rundum und nicht solche fertigen Bilanzen, ob die nun CO₂ oder was da alles genannt wird, was die Politik aufgreift. Es ist doch alles klar. Das ist mein großes Problem, was ich aus diesen zwei Tagen bisher mitgenommen habe.

ANTWORT

Nachdem wir das Gutachten im wissenschaftlichen Beirat für Bioenergie fertig gestellt hatten, waren wir

auf der Suche nach neuen Zielen und da kam ein Vorschlag auf, wir sollten uns mit der Lachgasproblematik auseinandersetzen. Ich habe da genau das selbe gesagt, wie Herr Flachowsky jetzt, das ist alles so kompliziert und das hängt davon ab und man erzählt dann das, was man gerne schon mal wieder erzählen wollte und ohne Struktur und dies alles. Und dann sagt ein anderer Kollege, Herr Hartung Sie waren auch mit dabei, ja, aber die Politik muss jetzt entscheiden. Das ist einfach die Realität. Und wenn Sie das heute morgen von Herrn Schmitz noch einmal Revue passieren lassen, das geht ja in einem rasenden Tempo. Jetzt wird im Herbst schon der erste Entwurf vorgelegt. Wenn die Dinge einmal am laufen sind, wir hoffen ja nun alle, sie werden gut gemacht, aber Gesetz den Fall, sie werden mäßig gemacht. Aber sobald das in der Politik dann auch noch in Normen und DIN-Normen und ISO-Normen fest ist, dann ist das natürlich wie in Zement gegossen. Ich teile Ihre Aufforderung im Hinblick auf Forschung. Ich meine es passiert ja jetzt auch für den Lachgasbereich deutlich mehr. Aber die Politik wird auch diese Dinge regeln und wird auf uns nicht warten.

NELLES, ROSTOCK

Wir haben jetzt sehr viel über Aspekte der Nachhaltigkeit gehört, was gerade die ökologischen Aspekte betrifft. Die Verknüpfung mit den ökonomischen Aspekten, die bekommen wir auch noch irgendwie, zumindest teilweise hin. Wir haben zwar jetzt auch festgestellt, dass das schon alles nicht wirklich funktioniert. Was ja auch immer untergeht, ist die soziale Säule. Das ist zwar so, dass in jedem Artikel mittlerweile Nachhaltigkeit im Titel steht, bei jedem Antrag, machen wir das auch so. Aber wenn es wirklich ans Eingemachte geht, tun wir uns immer sehr schwer, auch die sozialen Komponenten wie auch immer zu berücksichtigen. Haben Sie sich bisher näher damit beschäftigt, soziale Aspekte im Thema Bioenergie aufzunehmen, welche Kriterien könnte man dort ansetzen, um das irgendwie halbwegs in den Griff zu bekommen?

ANTWORT

Das geschieht vor dem Hintergrund, dass die Agrarsoziologie in Deutschland eine vom Aussterben bedrohte Spezies ist, also noch viel mehr als andere Fachbereiche in unserem Agrarbereich. Ich würde das nicht speziell auf Bioenergie beziehen, sondern auf den gesamten Agrarbereich, über den wir dann sprechen. Und wenn ich jetzt an unser Zertifikat denke in Zusammenarbeit mit DLG und den Kollegen Hülsbergen und Heißenhuber in Freising, dann ist es so, dass dort vorgeschlagen wird, Dinge mit aufzunehmen, wie Fortbildung, Urlaub, Arbeitszeit, übrigens ein ganz schwieriger Punkt im landwirtschaftlichen Bereich. Wenn Sie einen fragen, wie viel arbeiten Sie, 70 Stunden die Woche und dann können Sie gleich sagen, das können sie vergessen, das ist nämlich in Deutschland nicht erlaubt. Da spielt soziales und gesellschaftliches Engagement in der Gemeinde oder Region eine Rolle, also Punkte wie diese hier. Im internationalen Bereich ist das etwas anders. Da gibt es absolute Ko-Kriterien. Das ist Kinderarbeit. Übrigens nicht so einfach zu definieren, wie wir immer meinen. Wenn der kleine Junge bei dem Vater auf der Farm hilft, ist das keine Kinderarbeit. Wenn er beim Nachbarn hilft, ist es Kinderarbeit. Aus den Diskussionen im Roundtable Gespräch sind diese Sachen sehr genau herausgearbeitet. Auch hier spielt Fortbildung eine Rolle, Sklavenarbeit und diese Dinge, die hoffentlich in dem Maße bei uns nicht vorkommen. Aber ich stimme in einem zu und das muss man ganz klar unterstreichen, dies ist der Bereich, der wirklich das dünnste Eis hat, mit Abstand.

NN

Bei den Restmengen, die aus der Biogasanlage kommen, sind die wirklich so kritisch zu behandeln oder wie schätzen Sie das ein? Gibt es sogenannte Querschnittsuntersuchungen zur stofflichen Zusammensetzung. z.B. von den 78 Biogasanlagen. Hat man da die Reststoffe aktuell untersucht?

ANTWORT

In Bezug auf die gestellte Frage und die ökotoxiko-

logischen Eigenschaften bin ich überfragt. Das weiß ich nicht. Also, es gibt Untersuchungen, was Inhaltsstoffe betrifft und wie die Nährstoffwirkung ist. Das ist das, was uns als Acker- und Pflanzenbauer interessiert. Bei den anderen Dingen bin ich überfragt.

NN

Gärschlamm wird ja häufig auch immer kontrovers diskutiert.

HENSEL, BERLIN

Ich kann sicher keine komplette Antwort geben, aber es ist tatsächlich so, dass wir hier ganz erhebliche Erkenntnisdefizite haben. Gerade was also die Verwendung von Klärschlamm angeht. Wir haben immer so 30 bis 40 Jahre lang die Schwermetalle gemessen und sonstige Gehalte, aber es scheint so zu sein, dass in diesen Klärschlämmen sich eben auch andere Stoffe angereichert haben, Industriechemikalien, die gar nicht mit untersucht worden sind. Ich verweise beispielsweise jetzt auf die Anordnung von

Mecklenburg-Vorpommern in Bereichen, wo diese Bodenverbesserer oder Dünger, wo derartige Stoffe drin waren, gar nicht eingesetzt worden sind. Man hat festgestellt, dass in den Lebern von Wildschweinen sehr hohe Konzentrationen von perfluorierten Tensiden gefunden wurden. Diese perfluorierten Tenside, weisen darauf hin, dass also möglicherweise auf allen ostdeutschen Flächen, wo mal Klärschlamm ausgebracht wurde, wir möglicherweise mit solchen Problemen zu rechnen haben. Hier haben wir einfach eine Situation, wo wir messen müssen. Der Bund ist gerade dabei, die Länder zu koordinieren. Wir suchen also sowohl in der Aquakultur als auch im Bereich des Hühnerfutters, Hühnertrockenkot. Da scheint sich anzudeuten, dass also solche Problematiken durch die Landwirtschaft hindurch, nicht nur im Pflanzenbau, sondern auch im Bereich der Tierhaltung doch eine Rolle spielen. Gerade die Frage der Carry over, also Übergang von Produkten tierischer Herkunft auf den Menschen ist wahrscheinlich in seiner Bedeutung im Moment vollständig unterschätzt.

Optimierung des Anbaus und der Bereitstellung von Substraten für die Biogasproduktion



Mit den im vergangenen Jahr drastisch angestiegenen Preisen für Marktfrüchte erhöhte sich auch der ökonomische Druck auf den Energiepflanzenanbau. Um Nahrungs- und Futtermittel auf der Fläche konkurrenzfähig produzieren zu können, müssen auch die Preise für Energiepflanzen steigen. Dies ist durch die im EEG festgeschriebene Einspeisevergütung für Strom nur im begrenztem Umfang möglich. Für Betreiber von Biogasanlagen heißt es damit, eine möglichst hohe Wärmenutzung anzustreben sowie die Kosten für die Biogassubstrate auf einem betriebswirtschaftlich verträglichen Niveau zu halten. Letzteres ist durch einen verstärkten Gülleinsatz, die Verwertung von energiereichen Nebenprodukten und den standortangepassten Energiepflanzenanbau möglich.

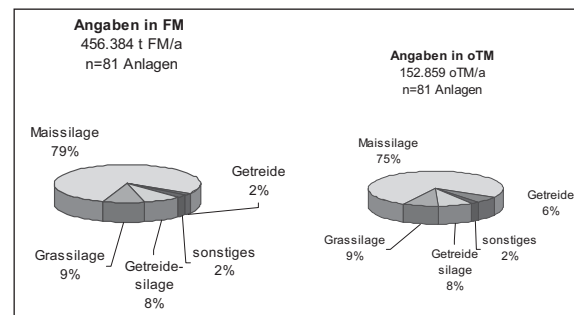


Abbildung 1: Mengenmäßige Verteilung des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen (Datenquelle: Betreiberbefragung des Institutes für Energetik Leipzig 2007).

Die Auswertung der Fragebögen einer Betreiberumfrage vom November/Dezember 2007 des Institutes für Energetik in Leipzig (81 Anlagen mit Angaben zur Substratart und -menge) ergab, dass bezogen auf die Frischmasse, 79 % des Kofermenteinsatzes über Mais erfolgt. Getreidekörner, Getreideganzpflanze und Grassilage hatten eher eine untergeordnete Bedeutung (Abb. 1).

Um die Dominanz des Maises aufzuheben und Alternativen aufzuzeigen, hat die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe das Projekt „Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands - EVA“ initiiert.

In dem 2005 begonnenen Projekt werden verschiedene landwirtschaftliche Kulturarten unter typischen Standortbedingungen Deutschlands auf ihre Ertragsfähigkeit (Ganzpflanzenertrag) und Eignung als Energiepflanze geprüft. Die Kulturarten kommen dabei im Anbausystem, d. h. Hauptfruchtstellung mit und ohne Sommerzwischenfrucht, Winterzwischenfrucht Zweitfruchtstellung, als Mischkultur und mit reduziertem Faktoreinsatz in der Fruchtfolge zur Aussaat (Tab. 1). Zudem wurden an jedem Standort drei weitere typische Fruchtfolgen angelegt.

Dies reicht vom Topinamburanbau als Dauerkultur über Mais als Monokultur bis hin zu speziellen Kombinationen Ackerfutter und Mais. Die ausgewählten Standorte sollten typische Ackerbauregionen Deutschlands repräsentieren (Abb. 2).

Tabella 1: Bundeseinheitlich angebaute EVA-Fruchtfolgen.

Prüfgebiet	1	2	3	4	5
2005	Sommergerste (GPS) / Ölettrich (SZF)	Sudangras / WZF Futterroggen	Mais / WZF Futterroggen	SG + US Luzerne o. Klee gras	Hafersortenmischung (GPS)
2006	Mais (HF)	Mais (ZF)	Sudangras (ZF)	Luzerne o. Klee gras	Wintertriticale (GPS)
2007	Wintertriticale (GPS) / SZF Zuckerhirse	Wintertriticale (Korn)	Wintertriticale (GPS) / einj. Weidelgras	Luzerne o. Klee gras	Wintertraps (Korn)
2008	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen	Winterweizen

Das Maß aller Dinge bleibt der Mais. Allerdings stagnieren die durchschnittlichen Praxiserträge in Deutschland in den letzten 15 Jahren bei ca. 450 dt/ha Frischmasse. Dies ist vorrangig darauf zurückzuführen, dass der Maisanbau immer weiter in für ihn klimatisch weniger geeignete Regionen vorgerückt ist. Kurz- und mittelfristig kann allerdings durch die Züchtung von „Energimais“ das theoretische Ertragspotenzial um bis zu 20 % erhöht werden. Ob das Ertragspotenzial in der Praxis ausgeschöpft werden kann, hängt entscheidend von den Wasser-Ertragsbeziehungen ab. Die Wasser-Boden-Ertragsbeziehung für die C4-Pflanze Mais, mit einem unterstellten Evapotranspirationskoeffizienten von 200 l Wasser/kg TM, ist in Abbildung 3 dargestellt.

Die Wasserverfügbarkeit, die sich aus Bodenwasserbereitstellungsvermögen und Niederschlägen in der Vegetationszeit ergibt, begrenzt somit die Erträge.

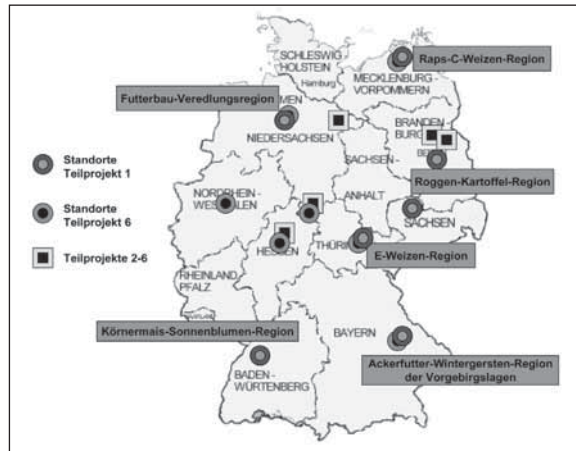


Abbildung 2: Versuchsstandorte für die Anbauregionen.

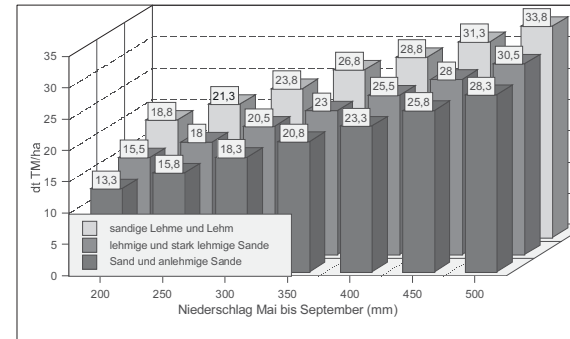


Abbildung 3: Ertragspotenzial von Mais in Abhängigkeit vom Niederschlag während der Vegetationsperiode und dem pflanzenverfügbaren Bodenwasser (Mai bis Sept.).

Neben Mais wird in zahlreichen Veröffentlichungen der Anbau von Hirsen propagiert. Vor allem Sudangras und Zuckerhirse wird ein hohes Ertragspotenzial zugesprochen. Erste Ergebnisse zeigen, dass Sudangras auf den meisten Standorten nicht ganz an die Erträge von Mais herankommt (Abb. 4).

Auf leichteren bzw. schlechter mit Wasser versorgten Standorten, wie dem brandenburgischen Güterfelde und dem sächsischen Trossin oder dem thüringischen Dornburg, kann Sudangras eine Alter-

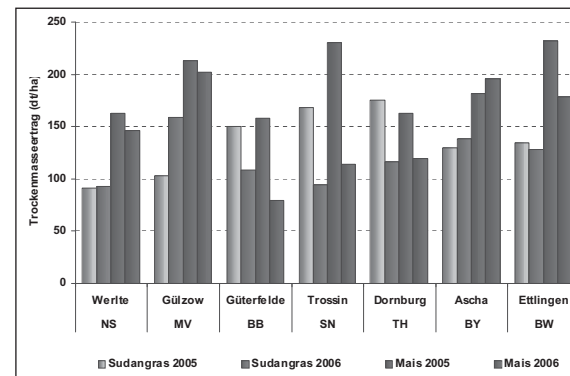


Abbildung 4: Erträge von Sudangras und Mais in Abhängigkeit vom Standort.

native bzw. Ergänzung zum Mais darstellen. Diese Aussage gilt prinzipiell auch für Zuckerhirse, deren Trockenstresstoleranz noch höher als die des Sudangrases einzuschätzen ist. Die Abbildung 4 zeigt des Weiteren sehr deutlich die Abhängigkeit der Erträge von der Jahreswitterung. Sudangras weist die gleichen jährlichen Ertragsschwankungen, wie Mais, auf. Allerdings können diese durchaus gegenläufig sein. So war, wie aus der Abbildung 3 ersichtlich am Standort Dornburg in 2006, einem Jahr mit ausgeprägter Sommertrockenheit, das Sudangras dem Mais ebenbürtig. In weiteren Versuchen am Standort mit Zuckerhirse war diese dem Mais sogar überlegen. Das Jahr 2007, mit einem eher kühlen und feuchten Sommer, brachte nach anfänglichem zögerlichen Wachstum einen hervorragenden Maisertrag. Die Hirsen kamen mit den unterdurchschnittlichen Temperaturen nicht zurecht und hatten in Bezug auf den Ertrag keine Chance. Zudem besteht bei den Hirsen noch das Risiko der Sortenwahl. In der EU sind über 100 Sorten zugelassen, wobei die wenigsten für einen Anbau in Deutschland geeignet sind. Die Ansprüche an die Temperatursumme während der Vegetationszeit variieren zwischen den Sorten beträchtlich. Klassische Sortenversuche, wie sie von den Ländern bei landwirtschaftlichen Fruchtarten durchgeführt werden, fehlen für die Hirsen noch, so dass z. Z die Situation nicht befriedigen kann. Trotzdem sollten die Hirsen in die Anbauplanung vor allem auf trockenen Standorten zur Streuung des Ertragsrisikos aufgenommen werden. Zu berücksichtigen ist auch, dass bei einem überdehnten Maisanbau mit einem verstärkten Auftreten von Problemunkräutern z. B. Storchschnabel, der Nicht-Unterbrechung von Fusarienbefallsketten mit der Gefahr erhöhter DON-Belastungen in einer möglichen Folgefrucht Getreide sowie erhöhten Maiszünslerbefall zu rechnen ist. An dieser Stelle sei angemerkt, dass der Zünsler auch auf Sudangras zu finden war, wenn auch nicht in so starkem Maße wie beim Mais. Ob sich das ändert, bleibt abzuwarten. Die gleiche Frage stellt sich bei einem möglichen Auftreten des Maiswurzelbohrers. Ob die Hirsen dazu eine Alternative darstellen, wird sich zeigen.

Die bisherigen und auch folgenden Ausführungen gehen hauptsächlich auf die Trockenmasseerträge ein. Zur Abschätzung des Biogasertragspotenzials der Fruchtart bzw. der Fruchtfolgen auf der Fläche ist die Methanausbeute je kg organische Trockenmasse ein wesentliches Kriterium. Die vom ATB Potsdam-Bornim nach einheitlicher Methode ermittelten Methanausbeuten quer über die Standorte sind in Abbildung 5 dargestellt.

Fruchtarten mit weniger als 300 IN/kg oTM belasten den Reaktor und verringern die Biogasausbeute. Sollten diese Fruchtarten, wie z. B. Sonnenblume und Topinambur (Kraut), außer eines Beitrags zur Verbesserung der Akzeptanz des Energiepflanzenanbaus in der Bevölkerung, keine wesentlichen fruchtfolgetechnischen Vorteile bringen, ist der Anbau aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht zu empfehlen. Auch Sudangras ist auf Grund der geringen Methanausbeute bei heutigem Untersuchungsstand durch Zuckerhirse zu ersetzen.

Der Anbau von Ganzpflanzengetreide ist als eine weitere Ergänzung zum Mais anzusehen. Er trägt zur Risikostreuung, zur besseren Nutzung des Stickstoffes der Gärsubstrate über die Vegetationszeit, zur besseren Ausnutzung des Siloraums und der Erntetechnik sowie als zeitig räumende Vorfrucht für eine termingerechte Aussaat des Rapses bei. Hafer,

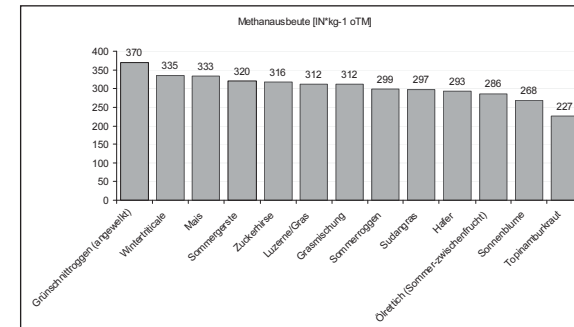


Abbildung 5: In Batch-Gärtest nach VDI 4630 ermittelte Methanausbeuten von EVA-Fruchtfolgiegliedern (Quelle: Herrmann, C.; Heiermann, M.; Idler, C.; Scholz, V. (2008).

geprüft als „Sanierungsfrucht“, in getreidebetonten Fruchtfolgen, hat auf fast allen Standorten enttäuscht. Erschreckend niedrig waren auch die Erträge von 5 bis 7 t TM/ha sowohl bei Hafer als auch Wintertriticale auf den leichteren Standorten (AZ \approx 30). Auf den besseren Standorten können mit Wintertriticale, Winterweizen, aber auch Wintergerste ausreichende Ganzpflanzenerträge erzielt werden. Bereits im derzeitigen Sortiment sind erhebliche Sortenunterschiede zu verzeichnen, dargestellt am Beispiel der Wintertriticale in Abbildung 6.

Die beste Triticale-Sorte erreichte einen Ertrag von ca. 19 t TM/ha. Weitere Versuche mit Getreidesorten- und -artenmischungen sind ebenfalls vielversprechend. Der Vorteil derartiger Mischungen besteht in einer höheren Ertragsstabilität und einer geringeren Anfälligkeit gegenüber pilzlichen Krankheitserregern. Nach bisherigem Kenntnisstand kann zumindest eine Fungizidspritzung eingespart werden. Um die Ganzpflanzenerträge auf den betriebseigenen Standorten grob abzuschätzen, sind die Kornerträge und Stroherträge zu addieren. Bei den Stroherträgen hat sich gezeigt, dass nur ca. die Hälfte bis zwei Drittel des gedroschenen Stroh beim Strohpressen durch die Technik aufgenommen werden. Die Ganzpflanzenerträge stellen sich somit höher dar als landläufig angenommen.

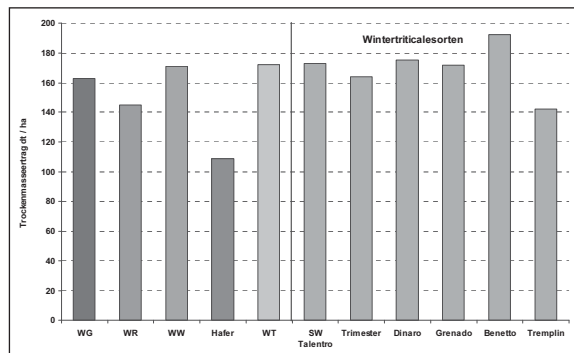


Abbildung 6: Mittlere Ganzpflanzenerträge verschiedener Wintergetreidearten und Wintertriticalesorten am Standort Dornburg 2006/2007.

Die aufgeführten Erträge beziehen sich auf eine Ernte zum BBCH Stadium 78 - 83, das heißt Milch- bis Teigreife. Der Grünschnittroggen mit Erntetermin 5. bis 15. Mai (Grannenspitzen, BBCH 49) erzielte dagegen standort- und witterungsabhängige Erträge von 4 bis 7 t TM/ha. Zwischen der Ernte von Grünschnittroggen und spätem Ganzpflanzengetreide besteht somit eine Zeitspanne von sechs Wochen mit einem Ertragszuwachs von bis zu 10 t TM/ha. Mit dem Anbau von Getreide als Winterzwischenfrucht könnte auch zur Eindämmung des Ackerfuchsschwanzes beigetragen werden, für dessen Bekämpfung das Wirkungsspektrum der Herbizide aufgrund von Resistenzen regional bereits stark eingeschränkt ist (Wolber, 2008). Ackerfuchsschwanz entwickelt sich parallel zu Wintergetreide und saamt etwa beim BBCH-Stadium 75 des Getreides aus. Eine frühere Ernte des Getreides könnte daher eine Möglichkeit zur Verhinderung seiner Reproduktion darstellen. Extrem starker Befall ist allerdings auch im Ganzpflanzengetreideanbau zu bekämpfen, da ansonsten erhebliche Mindererträge zu erwarten sind.

Ein weiterer Vorteil des Wintergetreideganzpflanzenanbaus besteht in der Bodendeckung über Winter und damit der Verringerung der Erosionsgefahr. Zur Minderung der Gefahr von diversen Phosphoreinträgen in Gewässer aus dem Ackerland, ist dies im Rahmen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie eine wirksame Möglichkeit. Da bis 2009 deutschlandweit Maßnahmenprogramme zur Umsetzung der Richtlinie erstellt werden müssen, kann der Energiepflanzenanbau zum Schutz der Grund- und Oberflächengewässer beitragen.

Winterzwischenfrüchte, vor allem Grünschnittroggen, Wickroggen und Landsberger Gemenge oder Ganzpflanzengetreide in Kombination mit den Zweitfrüchten Mais oder Hirse ergeben das Zweikulturennutzungssystem. Die vielfältigen Varianten sind in Abbildung 7 dargestellt.

Dabei handelt es sich nur um eine Auswahl der Kombinationen, allerdings aus Sicht der Autoren um die aussichtsreichsten. Die Erträge der Zweikulturen-

März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Grünschnittroggen		Mais (mittelfrüh)		Winterroggen (GP)					
Landsberger Gemenge		Mais (sehr früh)		Triticale (GP)					
Gerste (GP)		Zuckerhirse / Mais (sehr früh)		Winterweizen (GP)					
Roggen / Triticale (GP)		Zuckerhirse / Sonnenblume (GP)		Wechselweizen (GP)					
Weizen (GP)		(Zuckerhirse)		Wechselweizen (GP)					
				Raps Kornnutzung					
Sommergerste (GP)				Kleegras					
Brache		Sonnenblume (GP)		Wintergerste (GP)					

Abbildung 7: Varianten Zweikulturennutzungssystem (Getreide / Mais / Zuckerhirse).

nutzung liegen in Abhängigkeit vom Standort um 4 bis 7 t TM/ha über dem reinen Hauptfruchtanbau von Mais oder Hirse (Abb. 8).

Die wirtschaftliche Grenze eines derartigen Systems hängt neben den Erträgen von den zusätzlichen Produktionskosten und dem Pachtpreisniveau ab. Prinzipiell gilt, je trockener der Standort, desto früher muss die Zweitfrucht in den Boden. Zu beachten ist dabei allerdings, dass Zuckerhirsen erst ab 12 °C Bodentemperatur keimen, ein sehr früher Saattermin somit keine Vorteile hat. Ungeeignet sind Standorte mit extremer Vorsommertrockenheit und leichte Standorte mit einem geringen Wasserspeichervermögen. Auf diesen Standorten besteht die Gefahr, dass die Erstkultur den Bodenwasservorrat zu sehr beansprucht. Der Zweitfrucht steht dann bei ausbleiben-

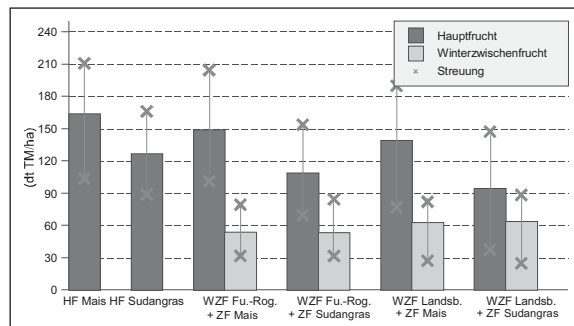


Abbildung 8: Erträge von Mais und Sudangras in Haupt- und Zweitfruchtstellung (Mittelwert von 3 Orten und 2 bzw. 3 Jahren).

den Niederschlägen nicht genügend Wasser für eine zügige Jugendentwicklung zur Verfügung.

Denkbar ist auch das altbekannte System Sommergetreideanbau mit Untersaat Ackergras. Um die Ertragsfähigkeit von Ackergras und Gras - Leguminosenmischung zu ermitteln, erfolgte die Prüfung von mehreren Mischungen auf verschiedenen Standorten Brandenburgs, Thüringens und Niedersachsens. Auf den trockenen Standorten Berge und Dornburg waren die Luzernegrasmischungen den Weidelgräsern überlegen (Abb. 9).

Der Anbau von mehrjährigem Ackerfutter könnte vor allem auf Maisgrenzstandorten an Bedeutung gewinnen. Eventuell spielen zukünftig auch Aspekte der Humusproduktion, der Bodenruhe oder die Unterbrechung von Infektionsketten in der Fruchtfolge wieder eine größere Rolle.

Bei einer Betrachtung der gesamten Energiepflanzenfruchtfolge ist festzustellen, dass auf allen untersuchten Standorten mit der sudangras-mais-betonten Fruchtfolge in Kombination mit Zwischenfrüchten (Fruchtfolge 3), die höchsten Erträge erzielt werden konnten.

Die Unterschiede zwischen den untersuchten Standorten und damit Anbauregionen sind jedoch beträchtlich.

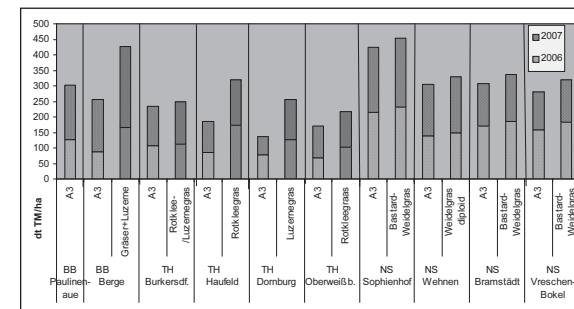


Abbildung 9: Gegenüberstellung von Mischung A3 (Welsches Weidelgras, Bastardweidelgras, Dt. Weidelgras) und der jeweils besten Mischung am Standort - In Thüringen und Berge dominieren die Rotklee- bzw. Luzernegrasmischungen (dunkler dargestellt) an den anderen Standorten die Weidelgrasmischungen.

In Niedersachsen wurde mit einer mehrjährigen Nutzung von Mais, kombiniert mit Winterroggen WZF, ein Hektarertrag von 585 dt TM über 3 Jahre erzielt (Abb. 10). In Brandenburg waren für die leichten Standorte gute Erträge mit den Regionalfruchtfolgen Artenmischung Hafer/Erbse/Leindotter - Wintertraps - Winterroggen WZF - Sudangras (317 dt TM) realisierbar. In Sachsen erzielte die Fruchtfolge Mais -Winterroggen WZF - Kartoffel (Abb. 10) mit 414 dt/ha gute Erträge.

Vor allem auf den trockenen Standorten konnten die Standardfruchtfolgen 2 und 3 überzeugen. Aber auch die Monokultur Mais erbrachte in Thüringen und Baden-Württemberg (Fruchtfolge 7) sehr hohe Erträge.

Für die Versorgung von Biogasanlagen, vor allem wenn sie in Besitz der Landwirtschaft sind, können auch Dauerkulturen neben den Fruchtfolgen durchaus sinnvoll sein. Beides, die Dauerkultur und die Anlage sollen möglichst lange in Betrieb sein. Die seit vier Jahren mit Durchwachsener Silphie an zwei Standorten durchgeführten Versuche brachten Erträge zwischen 18 und 28 t TM pro Jahr ab dem 2. Standjahr. Im Anpflanzjahr wird eine Rosette gebildet, erst ab dem 2. Standjahr schost dann die Pflanze.

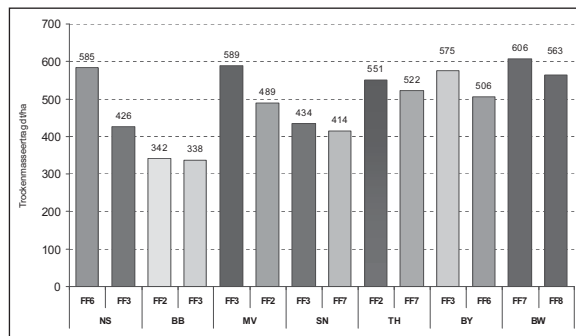


Abbildung 10: Kumulierte Erträge der zwei besten Fruchtfolgen an den einzelnen Standorten des Anlagejahres 2005.

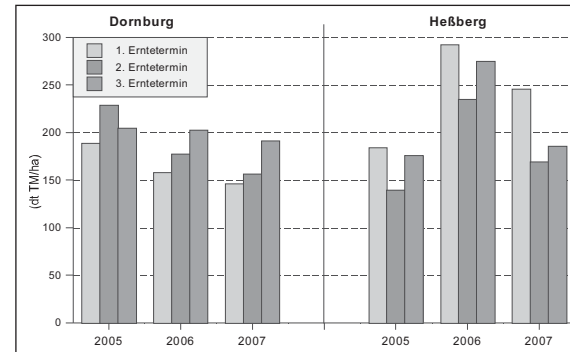


Abbildung 11: Trockenmasseerträge der Durchwachsenen Silphie in Abhängigkeit vom Erntetermin.

Die aufgeführten Erträge (Abb. 11), liegen etwas über den standorttypischen Maiserträgen. Auch die Methanausbeuten sind mit Mais vergleichbar. Zur Zeit werden weitere Herkünfte an verschiedenen Standorten Deutschlands sowie im Praxisanbau getestet. Sollten sich die Ergebnisse in den nächsten Jahren bestätigen, würde neben Mais, den Hirsen und Ganzpflanzengetreide eine weitere interessante Kulturart für Biogasanlagen zur Verfügung stehen.

Fazit:

Auf den Standorten mit ausreichender Wasserversorgung ist und bleibt der Mais die ertragsstärkste Fruchtart. Zuckerhirse kann auf trockenen Standorten eine Alternative bzw. Ergänzung darstellen. Um das witterungsbedingte Anbaurisiko zu streuen, sollte Ganzpflanzengetreide in die Fruchtfolge integriert werden. Das Ertragspotenzial ist bei standortangepasster Arten- und Sortenwahl beachtlich. Dabei sind auch Arten- und Sortenmischungen denkbar. Das Zweikulturennutzungssystem sollte vorrangig aus einer Kombination der aufgeführten Fruchtarten bestehen. Entscheidend für den Ertrag ist der Zeitpunkt der Ernte der Erstfrucht, der wiederum von der Neigung des Standortes zur Vorsommertrockenheit abhängt. Zur Unterbrechung von Infektionsketten sowie zur Auflockerung getreidebetonter Fruchtfolgen

ist die Aufnahme von standortangepassten Ackergras- bzw. Ackergrasleguminosenmischungen in die Fruchtfolge auf den kühleren feuchten Standorten zu überdenken. Des Weiteren sind alle Möglichkeiten

zur Erhöhung der Biogasausbeute aus den bereitgestellten Substraten, wie fachgerechte Silierung, Aufbereitung vor dem Fermentor und Optimierung der Prozessabläufe im Reaktor auszuschöpfen.

Diskussion



RUCKENBAUER, WIEN

Ich bin sehr erstaunt über ihre gigantischen Stroherträge, die Sie erzielt haben. Meine erste Frage ist, unter welchen Stickstoffbedingungen haben Sie das gemacht und zweitens gebe ich Ihnen zu bedenken, dass eine Kalkulation mit Stroherträgen sehr extrem von der Witterung im Frühsommer abhängt. Sie können also Schwankungen bei Stroherträgen haben, die bis zu 20 - 30 % gehen. Zumindest haben wir die Erfahrung hier in Österreich und auch in den trockeneren Gebieten gemacht. Die Variabilität von Stroherträgen ist ein Ding der Kalkulationsgrundlage, also immer ein bisschen gefährlich.

ANTWORT

Wir haben an den Versuchen gemessen, mit der Plane aufgefangen, direkt unter dem Mähdrescher, also ordentlich gemessen in dem Jahr, aber zu den Zahlen, die ich Ihnen gesagt habe, bei Triticale zum Beispiel im Durchschnitt der Jahre, wenn 1 : 1,2 bis 1 : 1,3 steht, deswegen, weil bei uns am Institut seit über 30 Jahre Stroherträge gemessen werden (auch schon zu DDR Zeiten), und das haben wir immer fortgesetzt. Wir kommen immer noch zu diesen hohen Korn:Stroh-Verhältnissen bei Winterung, bei Sommerung nicht, deswegen ist auch der Hafer so schlecht. Der Hafer ist oft in der Natur bei Strohverhältnissen von 1 : 1,6, der ist total eingebrochen. Das stimmt 100%ig nicht. Aber bei Roggen und Wintertriticale sind diese hohen Stroherträge vorhanden. Niedrige Stroherträge hängen sehr viel von

der Wasserversorgung im Frühjahr ab, ganz massiv. Deswegen sind diese Standorte so massiv eingebrochen, aber auf besser versorgten Standorten, die das Wasser im Frühjahr halten können, können wir doch mit hohen Ganzpflanzenerträgen rechnen. Und es gibt viele Standorte im Osten Deutschlands, die haben dann mit der Vorsommertrockenheit zu tun. Wenn wir das Frühjahr noch durchbekommen, wenn die Vorsommertrockenheit erst so in der Regel um den 10. - 15. Juni einsetzt, sind wir mit dem Massewachstum zum größten Teil durch.

GEROWITT, ROSTOCK

Ich möchte auch bei der Strohgeschichte bleiben. Es wurden ja hier schon sehr viele Lanzen dafür gebrochen, wie wichtig das doch ist, dass das Stroh auf dem Acker bleibt für die Humusbilanz. Aus phytomedizinischer Sicht sind wir doch manchmal ganz froh, wenn das Stroh abgefahren wird, weil wir damit auch einige Probleme abfahren. Auch was die Einarbeitung großer Strohmenge angeht, ist es auch manchmal ganz schön kritisch. Ich fand sehr interessant ihre Aussagen, dass sich das sozusagen selbst sortiert, also dass einiges von diesen modernen Mähdreschern so klein gemacht wird, dass es auf dem Acker bleibt. Welche Fraktionen betrifft das, die abgefahren werden können, wenn man das Stroh birgt und die in diesem Prozess da bleiben?

ANTWORT

Da fragen Sie mich zu viel, bei der letzten Frage.

Also alles, was unter die Stoppel durchfällt und liegen bleibt, erwischt natürlich die Presse nicht, die kann nur das nehmen, was auf der Stoppel bleibt. Aber wir haben Strohlänge und Strohmenge gemessen. Ab welcher Strohlänge das einfach auf der Stoppel bleibt. Das kann ich Ihnen jetzt nicht sagen. Wir haben das gemessen, das Stroh also vorher geschnitten, dann per Hand gedroschen und dann nach dem Mährescher wieder gemessen, was da lag. Und da waren in der Regel so 40 bis 45 % des Strohs von den Strohpressen nicht aufgenommen.

Die zweite Frage zum Strohwegfahren.

Das hat natürlich Vorteile, wenn das Stroh gut tief eingearbeitet wird, auch wegen der Mykotoxinbelastung. Vor allen Dingen in Schleswig-Holstein oder bei uns, sind die weizenbetonten Fruchtfolgen und dann noch Körnermais zum Beispiel, dann kann es natürlich ganz problematisch werden. Es geht natürlich nur so viel wegzufahren an Stroh, wie wir eine ausgeglichene Humusbilanz haben. In der Biogasanlage haben wir sie in der Regel. Wir haben jetzt aber auch einmal gerechnet, genau die gleichen Fruchtfolgen wurden als Ganzpflanze in die PCL-Anlage geben. Da wären außer der Fruchtfolge mit Klee-Gras, mit Sammelgras, alle Humusbilanzen chronisch negativ. Massiv negativ! Also das kann man auf keinen Fall machen. An dieser Stelle möchte ich auch dazu anregen, vielleicht auch ein bisschen ganzheitlich zu denken. Wir haben zur Zeit in Thüringen 50 bis 60 % unserer Landwirtschaft auf Minimalbodenbearbeitung stehen, was immer gewünscht wird, Wasser sparen, ökologisch, nicht wendend, Problem – Mykotoxin-. Hat große Überzeugungsarbeit gekostet, die Landwirte dahin zu bekommen. Mit einem Schlag haben wir eine breitläufige Mäusebekämpfung verboten. Sie können jetzt zusehen, jedes Jahr geht die Minimalbodenbearbeitung um 10 % zurück. Alles, was wir in den letzten 10 - 20 Jahren aufgebaut haben, die bodenschonende Bewirtschaftung wird wieder zurückgedreht. Aus einer ganz einfachen Geschichte. Die Landwirte werden der Mäuse nicht Herr. Da hat sich aber jemand durchgesetzt, der das verbieten wollte, hat aber im Grunde genommen nicht an das andere

gedacht. Also nicht unbedingt ganzheitlich gedacht. Ist auch mal eine Diskussion wert.

SCHWARZ, WEIHENSTEPHAN

Sie haben ja ihre hoch interessanten Ausführungen bezüglich der Fruchtfolge im Wesentlichen auf die Ertragssituation der organischen Trockenmasse aufgebaut. Wenn man Ihre Daten natürlich weiter verrechnet und dann Überlegungen anstellt, dies ist ja zwischendurch einige Male von Ihnen gemacht worden in Richtung Humuswirtschaft und ähnliches, aber wenn Sie das weiter rechnen hinsichtlich Düngeeinsatz, den Sie ja womöglich natürlich aus den Gärresten wieder zurückführen, aber ob dann noch zusätzliche Anforderungen sind z.B. hinsichtlich des Pflanzenschutzes um dann auch zu einer ökonomischen Bewertung zu kommen. Können Sie dazu schon was sagen aus ihren Daten? Denn das ist ja letztlich auch eine wesentliche Quintessenz für die Anwendung solcher Fruchtfolgesysteme.

ANTWORT

Ich kann keine gesicherte Aussage machen, weil wir jetzt erst einen Antrag gestellt haben, also nicht wir, sondern unsere bayrischen Partner haben den Antrag gestellt. Wir sind dort nur Kooperationspartner, um große Versuche anzulegen, wo wir mit Gärresten arbeiten wollen. Ich sage ganz ehrlich. Wir haben die letzten drei Jahre gezielt Versuche mit Gärresten gemacht in Richtung Düngewirkung, vor allen Dingen im Stickstoff. Ich traue mich gar nicht zu sagen. Wir haben herausbekommen, bei Stickstoff NBE als Mineräldünger Äquivalent 1. Damit traue ich mich gar nicht an die Öffentlichkeit zu gehen, da man in der Regel sagt, wir haben etwa ein Mineräldüngeräquivalent bei den Gärresten. Aus der Literatur ist ein Ansatz von etwa 70 % bekannt. Deswegen bin ich zurzeit damit vorsichtig. An der Universität Rostock laufen Versuche, wenn man belastete Chargen in die Biogasanlagen hinein gibt, was dann sterilisiert wieder raus kommt. Zu den Ergebnissen liegt noch nichts vor. Prof. Weiland hat auch einige Untersuchungen gemacht. Viel ist da zurzeit zusammengefasst noch

nicht vorhanden. Leider. Humusbilanz haben wir nach REPRO gerechnet. Da sind wir auf die gleichen Werte gekommen, die wir kannten. Also eine positive Humusbilanz.

VON TIEDEMANN, GÖTTINGEN

Zurück zum Pflanzenschutz vielleicht. Sie hatten ja favorisiert von der Trockenmasseproduktion her die Kombination Winterzwischenfruchtgetreide und dann Mais und in trockenen Lagen evtl. dann Sudangras. Meine Frage ist: Welche Fruchtfolge ergibt sich daraus über die Jahre? Das ist ja eine wunderbare Infektkette, die wir da aufbauen. Das muss man klar sagen. Wie nachhaltig kann so etwas sein? Aus Sicht des Pflanzenschutzes hätte ich da erhebliche Bedenken. Ich weiß auch nicht, wo da noch Bodenbearbeitung reinpasst, wendende vor allem. Können Sie dazu was sagen? Haben Sie Erfahrungen damit, das über mehrere Jahre zu machen und welche Probleme treten da auf? Vielleicht müssen wir uns das irgendwann mal beantworten, aber vielleicht haben Sie auch schon Erfahrungen gemacht?

ANTWORT

Diese Fruchtfolge läuft jetzt seit 2005. Da kann man noch keine großen Fruchtfolgeeffekte erwarten. Wir erwarten die ersten Effekte, wenn wir dieses Jahr Winterweizen anbauen, also als Korn und das dann ernten. Mal sehen, wie hoch dann die Belastungen sind an Mykotoxinen und an anderen Krankheiten. Es ist immer etwas schwer, derartige Ergebnisse auf Versuchsfeldern zu erzielen. Wir haben jetzt angefangen, größere Schläge von Landwirtschaftsbetrieben zu untersuchen, die also reine Maisfruchtfolgen fahren oder Winterzwischenfrucht schon seit 5 - 6 Jahren fahren, Winterzwischenfrucht, Mais. Sudangras fährt noch keiner solange. Weiterhin Futterroggen, Grünschnittroggen, Mais. Bisher kommen diese Betriebe noch nach 5 - 6 Jahren ganz gut damit klar. Die meisten Betriebe sagen aber, sie wollen nach drei Jahren den Raps als Körnerfrucht einschalten und das als Blattfrucht. Ich glaube 25 % Blattfrucht wird wieder hinein kommen und dann kommen diese

Betriebe zurecht. Es wäre ja auch nichts anderes, wie unsere klassischen Getreidefruchtfolgen. Wenn wir jetzt mal von Zuckerrübenanbaugebieten weggehen, ist das ja nichts anderes, 20 % Raps und dann fahren wir vielleicht noch 10 oder 20 % Mais. Ist ja in vielen Infektionsketten nicht viel anders als Getreide und der Rest wird mit Getreide gefahren und da ist sogar noch Stroh draußen. Die Erwartungen sind hier weniger Probleme, weil wir keine Strohreste auf dem Feld lassen, also trennen von der Biogasgeschichte her.

HABERMANN, KIEL

Sie haben dargestellt, wie stark der Mais eigentlich in der Biogaserzeugung ist. Haben Sie auch schon Versuche zu unterschiedlichen Sorten? Weil das ja für den Landwirt auch sehr interessant ist.

ANTWORTEN

Zu Sorten sind bei uns im Programm z.Zt. keine Versuche. Weil wir das in der Regel mit der Biogasformel machen und wir haben einige Sorten verglichen aber keine wesentlichen Unterschiede gefunden. Wir können keine Empfehlungen zur Sortenwahl aufgrund von Versuchsergebnissen geben, z.B. diese Sorte „x“ ist jetzt eine von den Inhaltsstoffen her eine reine Energiesorte.

Ich möchte noch etwas zur Ökologie sagen. Da habe ich bisher nichts zugesagt. Wir haben natürlich hier durch unsere Versuche in Müncheberg intensive Erfassung von u.a. Laubkäfer, Käfer und Blindwanzen gemacht und auch gezählt. Es kommt eine ganz triviale Geschichte raus.

Wir haben unsere Fruchtgärten eingeteilt in Getreide, Mais, Zuckerrüben für eine Gruppe und das Ackergras. Wenn sie alles in solo anbauen, geht die Artenvielfalt massiv zurück. Fahren Sie diese Fruchtartengruppe in einer drei- oder vierfeldrigen Fruchtfolge, steigt das massiv an. Alt bekanntes Wissen. Vielfältige Fruchtarten gleich vielfältige Artenvielfalt. Geringe wenige Fruchtfolge wieder geringe Artenzahl.

ANMERKUNG ZUR FRUCHTFOLGE

Es ist eigentlich schade, dass wir keine Sortenversuche haben, um beispielsweise die Mykotoxine zu bekämpfen. Die resistenten Sorten sollten herausgestellt werden. Wie werden eigentlich die jeweiligen Resistenzeigenschaften ausgelöst?

ANTWORT

Dies könnte bei einer normalen Silomaisprüfung mitlaufen. Wir gehen davon aus, dass die meisten Bundesländer jetzt mit Energiemaisprüfungen beginnen. Dies ist jedoch nicht unproblematisch. Sie lösen ja eine künstliche Infektion aus. Dann müssen Sie den Versuch noch einmal wiederholen. Dies sind kostenintensive Versuche. Man kann Infektionsmaterial in diese Sortenversuche einstreuen, um dort eine künstliche Infektion zu erhalten, um dann die Sortenunterschiede ablesen zu können.

Nebenprodukte aus der Bioenergiegewinnung - Perspektiven für die Tierfütterung



1 Einleitung

Die verschiedenen Möglichkeiten der Nutzung und Gewinnung von Bioenergie beeinflussen in unterschiedlichem Maße quantitativ und qualitativ die Verfügbarkeit von Futtermitteln. Bei der Nutzung von Substraten für die Verbrennung können Pflanzen oder Pflanzenteile verwendet werden, die als Futtermittel einen hohen Wert haben (z.B. Getreide). Hier bleiben zwar keine Nebenprodukte zurück, die als Futtermittel von Bedeutung sind. Dem Markt werden aber Futtermittel entzogen. Bei der Fermentation und Gewinnung von Biogas hat sich die Verwendung von Gülle als Substrat bewährt. Nachwachsende Rohstoffe, insbesondere Maispflanzen in silierter Form, spielen als Kosubstrate aber auch eine quantitativ zunehmende Rolle. In mehreren Beiträgen dieser Tagung ist dies erläutert und hervorgehoben worden. Deutlich geworden sind auch die Bemühungen, die Konkurrenz mit dem Nahrungsmittelsektor dadurch zu vermindern, dass Alternativen zur Verwendung von Mais erschlossen werden (andere Pflanzen oder Reststoffe). Rückstände aus der Biogasgewinnung haben für die Tierfütterung keine Bedeutung.

Welche Konsequenzen sich aus der zunehmenden Konkurrenz für die globale Nahrungsmittelversorgung der Menschheit ergeben können, lässt sich derzeit erahnen. Der UN-Sonderbeauftragte für das Menschenrecht auf Nahrung hat daher ein fünfjähriges Moratorium bei der Förderung der Bioenergie gefordert, das mehr Zeit für das Abwägen der Konsequen-

zen und die Erschließung von Ressourcen ließe, die in keiner Konkurrenz mit dem Nahrungsmittelsektor stehen (Ziegler 2007).

Bei der Gewinnung von Treibstoffen sind die Zusammenhänge komplexer. Die Verarbeitung nutzt Substrate wie Ölsaaten, Getreide und andere stärke- und zuckerhaltige Pflanzenteile, die aufgrund ihrer hohen Verdaulichkeit auch für das Tier einen hohen energetischen Wert haben. Aus dem Verarbeitungsprozess resultieren Nebenprodukte, die im Vergleich zum Ausgangssubstrat eine höhere Konzentration von Fraktionen enthalten, die vom Tier, zumindest partiell, noch verwertet werden können. Hieraus resultieren spezifische Herausforderungen für die Futtermittelbewertung und die Tierfütterung, denen sich dieser Beitrag im Speziellen widmet. Der Schwerpunkt wird auf den Nebenprodukten der Ethanolgewinnung liegen.

Nebenprodukte aus der Gewinnung von Rapsöl und Biodiesel sind quantitativ ebenfalls bedeutend. Eine Charakterisierung hinsichtlich des Futterwertes für verschiedene Tierarten ist von anderen Autoren vorgenommen worden, kürzlich z.B. von Südekum (2007). Für diese Futtermittelgruppe hat es sich bewährt, dass die Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen (UFOP) e.V. mit ihren Fachkommissionen seit vielen Jahren aktuelle Forschungsthemen identifiziert, ihre Bearbeitung unterstützt, und den Transfer von Wissenszuwachs über die relevanten Futtermittel in die Praxis koordiniert.

2 Nebenprodukte der Bioethanolgewinnung

Als Koppelprodukte aus der Vergärung stärke- oder zuckerhaltiger Pflanzenteile sind Schlempen grundsätzlich bereits lange bekannt. Mengenmäßig hat ihre Bedeutung mit der Ausweitung der großtechnischen Ethanolgewinnung stark zugenommen. Die Positivliste für Futtermittel enthält „Schlempe“ als „Nebenerzeugnis, das bei der Alkoholgewinnung durch Destillation aus Maische von Getreide und/ oder anderen stärke- oder zuckerhaltigen Stoffen anfällt...“ sowie „Getreideschlempe“ mit der entsprechenden Einschränkung (Normenkommission 2007). Eine weitergehende Differenzierung in der Bezeichnung sieht die Positivliste nicht vor. Sie verlangt jedoch, dass das verwendete Ausgangsmaterial und der Gehalt an Rohprotein angegeben werden. Weizen ist das dominierende Ausgangsmaterial in Europa, in den USA ist es Mais.

Schlempe kann frisch verfüttert oder mittels Silierung konserviert werden. Die Einführung von Trocknungsverfahren für Schlempen hat die Einsatzmöglichkeiten in der Fütterung erweitert und die Verwendung von Schlempen in der Mischfutterherstellung ermöglicht. Die getrockneten Produkte werden international üblicherweise als distillers dried grains with solubles (DGGs) bezeichnet.

Schlempen werden überwiegend in der Rinderfütterung eingesetzt. Wegen des relativ hohen Proteingehaltes sind getrocknete Produkte aber auch als Futtermittel für Nichtwiederkäuer interessant, insbesondere dann, wenn der relativ geringe Gehalt an ME dem Einsatz nicht entgegensteht. Der DLG-Arbeitskreis Futter und Fütterung arbeitet auf der Grundlage der bislang vorliegenden Daten an Empfehlungen für den praktischen Einsatz von Schlempen bei verschiedenen Tierarten. Diese Empfehlungen werden auf dem üblichen Verbreitungsweg abrufbar sein¹. An der Beschreibung des Futterwertes und seiner Variation wird aber weiterhin mit verschiedenen Tierarten wissenschaftlich gearbeitet. Steigt der Anteil dieser Futtermittel in den Rationen weil die anfallenden

Mengen größer werden, wird die Kenntnis der Details des Futterwertes umso wichtiger. Hierbei hat das Rohprotein sowohl für Rinder als auch für Schweine und das Geflügel eine besondere Bedeutung.

Die Eigenschaften der Schlempen als Futtermittel hängt von den für die Fermentation verwendeten Ausgangsmaterialien, den bei der Fermentation zugesetzten Substanzen und weiteren Details des Produktionsprozesses, insbesondere der Trocknung, ab. Für die Produktion in Europa sind nach Delporte (2007) drei verschiedene Verfahren bei der Verarbeitung von Weizen von Bedeutung: (1) Nach Vermahlung des ganzen Korns, Hydrolyse, Fermentation und Destillation werden alle verbleibenden Rückstände getrocknet und pelletiert. (2) Im Unterschied zum ersten Verfahren wird für die Hydrolyse und anschließende Fermentation nur der Mehlkörper des Weizenkorns verwendet. Die zuvor abgetrennten Schalen werden mit den Rückständen der Fermentation wieder gemischt und zusammen getrocknet. (3) In der Vorbehandlung werden die Kleberproteine und Schalen vom Mehlkörper getrennt. Während die Schalenbestandteile den Rückständen der Destillation vor der Trocknung wieder zugesetzt werden, wird die kleberreiche Fraktion separat weiterverarbeitet. Schlempe aus einem solchen Prozess hat daher einen geringeren Gehalt an Rohprotein (ca. 20 %) als aus den beiden anderen Prozessen. Für den mittleren Westen der USA beschreiben Robinson et al. (2008) drei verschiedene Verfahren der Verarbeitung von Mais, die sich in ähnlicher Weise in der Vorbehandlung des Korns (Abtrennung von Schale und Keimling) oder in der Fermentation der Stärke (roh oder nach Erhitzung gelatinisiert) unterscheiden.

Getrocknete Schlempen aus der Verarbeitung von Weizen und Mais konnten eine Mischung aus Sojaextraktionsschrot und Rapskuchen bei moderatem Leistungsniveau (ca. 26 kg Milch/d) ohne Beeinflussung der Milchleistung und Milchhaltsstoffe ersetzen (Urdl et al. 2006). Silierte Roggenpressschlempe beeinflusste die Leistung nicht (ca. 30 kg Milch/d),

¹<http://www.futtermittel.net>

wenn sie einer Ration zu 20 % der Trockensubstanz im Austausch gegen Gerste, Rapsextraktionsschrot und Weizenkleie zugesetzt wurde (Alert et al. 2007). Auch bei einem hohen Leistungsniveau (39 kg Milch/d) kam es nicht zu Unterschieden in der Leistung, wenn 13 % der Trockensubstanz der Ration entweder aus Weizen-DGGS oder Rapsextraktionsschrot bestanden (Engelhard et al. 2007). Bei einem relativ hohen Ersatz von Rohprotein aus Sojaextraktionsschrot durch DGGS aus Mais (ca. 30% des Rohproteins der Ration) stellten Kleinschmit et al. (2006) einen signifikanten Anstieg in der Milchleistung, aber auch einen Rückgang im Eiweißgehalt der Milch fest. Unterschiede zwischen den drei in dieser Untersuchung verwendeten DGGS-Herkünften traten nicht auf. Diese Daten aus Fütterungsversuchen verdeutlichen ein großes Potenzial für den Einsatz in der Milchkuhfütterung von Schlemphen auch aus der heutigen Produktion. Sie zeigen aber auch die Notwendigkeit für eine bessere Charakterisierung des Proteinwertes der Schlemphen.

3 Proteinwert für Milchkühe

Dass der ruminale Abbau von Rohprotein aus DGGS relativ gering ist, ist bereits länger bekannt (Firkins et al. 1984). Für die Trockensubstanz von DGGS aus Mais und Weizen beschrieben Gruber et al. (2005) einen geringen Abbau. Die DLG-Futterwerttabellen weisen für getrocknete Schlemphen unterschiedlichen Ursprungs einen Anteil von im Pansen nicht abbaubaren Rohprotein (UDP) von 35 bis 50 % des Rohproteins aus (DLG 1997). Für Schlemphen aus der heutigen europäischen Bioethanolerzeugung gibt es zum UDP-Anteil kaum Informationen. Für den Einsatz in der Fütterung, insbesondere der Milchkuhfütterung, ist aber die Kenntnis über die mögliche Variation zwischen Chargen wichtig, insbesondere bei hohen Anteilen von DGGS in der Futtermittelration.

Bei einem Vergleich von 5 verschiedenen US-amerikanischen DGGS-Partien mit Sojaextraktionsschrot zeigte sich, dass der UDP-Anteil in DGGS insgesamt höher war als im Sojaextraktionsschrot, zwischen den verschiedenen DGGS-Partien aber

signifikante und teils erhebliche Unterschiede im UDP-Anteil bestanden (Kleinschmit et al. 2007). Dieser hohe UDP-Anteil könnte als positiv im Sinne der Aminosäurenversorgung der Milchkuh gesehen werden. Allerdings wurde in der derselben Untersuchung ermittelt, dass die Verdaulichkeit des UDP im Dünndarm bei DGGS mit 59 bis 77% geringer war als im Sojaextraktionsschrot (87%). Für vier der untersuchten DGGS-Partien war der Anteil an dünndarmverdaulichem UDP mit durchschnittlich 43% des XP nicht mehr signifikant verschieden von dem des Sojaextraktionsschrotes (40% des XP). UDP-Anteile in dieser Größenordnung bringen es mit sich, dass die Versorgung mit dünndarmverdaulichen Aminosäuren deutlich durch Unterschiede im Aminosäuremuster zwischen den Futtermitteln beeinflusst sein kann. Rohprotein aus DGGS ist arm an Lysin. Ein teilweiser Ersatz von Sojaextraktionsschrot durch DGGS kann daher dazu führen, dass die Versorgung mit Lysin zum limitierenden Faktor für die Milchproteinbildung wird (Kleinschmit et al. 2007). Die Zulage einer Mischung von Lysin (20 g/d) und Methionin (6 g/d) in geschützter Form bewirkte bei Zulage zu einer DGGS-haltigen Ration einen Anstieg der Milchleistung um 5% und in der Milcheiweißleistung um 6%, während die Zulage ohne Einfluss bei einer Ration auf Basis von Sojaextraktionsschrot war (Nichols et al. 1998). Dieses Ergebnis stützt die Hypothese, dass bei Einsatz von DGGS die Versorgung mit einzelnen Aminosäuren zum begrenzenden Faktor für die Milchleistung werden kann.

Keine Informationen liegen bislang darüber vor, ob die Einbeziehung von DGGS in der Ration die Menge der am Dünndarm verfügbaren Aminosäuren mikrobiellen Ursprungs beeinflusst. Zwar haben bereits Firkins et al. (1984) Untersuchungen zur Effizienz der bakteriellen Proteinsynthese im Pansen von Ochsen mit nicht getrockneter und getrockneter Schlempe durchgeführt. Diese Untersuchungen lassen aber keine Rückschlüsse auf die mikrobielle Effizienz im Vergleich mit anderen Futtermitteln zu.

Die Unterschiede im Proteinwert von DGGS-Partien für die Milchkuh können also beträchtlich sein.

Ob sich die Variation den Details des Produktionsprozesses oder den Rohstoffen zuordnen lässt, und ob diese Variation auch unter den Verhältnissen der europäischen Produktion relevant ist, bleibt zu prüfen. Fest steht, dass die Einsatzwürdigkeit von DGGS nicht allein anhand der Ergebnisse einer Rohproteinanalyse beurteilt werden kann.

4 Proteinwert für Schweine und Geflügel

Für den Einsatz von DGGS als Proteinquelle bei Schweinen und Geflügel ist neben der Aminosäurezusammensetzung des Rohproteins und dem niedrigen Gehalt an Lysin die praecaecale Verdaulichkeit der Aminosäuren wichtig. Die wenigen bislang mit Schlempen aus europäischen Produktionsanlagen durchgeführten Untersuchungen reichen nicht aus, um den Proteinwert für Schweine und Geflügel hinreichend sicher zu beschreiben. Weitere Untersuchungen sind geboten, insbesondere wenn Schlempen in höheren Anteilen in den Rationen Berücksichtigung finden sollen. Die bislang bekannten Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden.

Mit DGGS aus Weizen ermittelten Hackl et al. (2007) Werte für die praecaecale Verdaulichkeit beim Schwein von 69 % (Lysin), 67 % (Methionin) und 82 % (Threonin). Diese Werte waren um 17 bis 30 Prozentpunkte geringer als die in derselben Untersuchung für Weizen ermittelten. In einer Untersuchung mit 5 verschiedenen Partien von DGGS aus Mais stellten Fastinger und Mahan (2006) mit Schweinen fest, dass die praecaecale Verdaulichkeit des Lysins erstens mit im Durchschnitt 51 % deutlich geringer war als die Verdaulichkeit anderer Aminosäuren, und zweitens sich zwischen den DGGS-Partien signifikant unterschied (38-62%). Bei der praecaecalen Verdaulichkeit der Energie gab es hingegen keine signifikanten Unterschiede. Die Autoren vermuten einen Einfluss unterschiedlicher Trocknungsbedingungen insbesondere auf das Lysin. Diese Hypothese war auch dadurch gestützt, dass die DGGS-Partien mit der geringeren Lysinverdaulichkeit dunkler gefärbt waren. Stein et al. (2006) berichten aus einem Ver-

gleich von 10 DGGS-Partien über eine ähnlich große Variation in der Lysinverdaulichkeit beim Schwein von 44 bis 63 %.

Die bislang vorliegenden Werte zur Aminosäurenverdaulichkeit beim Geflügel zeigen ein weniger konsistentes Bild als beim Schwein. Es ist davon auszugehen, dass zusätzlich zu der durch das Futter bedingten Variation ein erheblicher Einfluss der Methode vorliegt. Bei Messungen mit ausgewachsenen Hähnen und restriktiver Fütterung wurden Werte für die Verdaulichkeit des Lysins von im Durchschnitt 70 % für DGGS aus Mais (Batal und Dale 2006) und 38 % für DGGS aus Weizen (Gady 2007) ermittelt. Die Variation in der Verdaulichkeit zwischen verschiedenen Partien war hoch, und in der Untersuchung von Batal und Dale (2006) zeigte sich, ähnlich wie in den Untersuchungen mit Schweinen (Fastinger und Mahan 2006), eine abnehmende Verdaulichkeit des Lysins mit zunehmender Dunkelfärbung der Mais-DGGS. In Untersuchungen unseres Institutes mit Broilern ergaben sich höhere Werte für die praecaecale Aminosäurenverdaulichkeit von Weizen-DGGS, insbesondere für Lysin (Kluth et al., unveröffentlicht). Das Niveau in der Verdaulichkeit war dabei um etwa 5 Prozentpunkte geringer als in ähnlich angelegten Versuchen mit Soja- und Rapsextraktionsschroten (Kluth und Rodehutschord 2006; Rodehutschord et al. 2004). In derzeit laufenden Versuchen mit Broilern wird die praecaecale Verdaulichkeit für weitere DGGS-Partien mit unterschiedlicher Herkunft untersucht.

Auch andere Fraktionen können in ihrem Wert für das Tier durch den Verarbeitungsprozess beeinflusst werden. In einer Untersuchung mit 10 verschiedenen Partien von DGGS aus Mais ermittelten Pedersen et al. (2007) mit Schweinen eine durchschnittliche Verdaulichkeit des Phosphors von 59 %, wobei die Einzelwerte von 50 bis 68 % schwankten. Körnermais hat hingegen eine Verdaulichkeit von etwa 20 % (Düngelhoef et al. 1994). Vermutlich bewirkt der Fermentationsprozess auch eine Hydrolyse von Phytin, so dass ein höherer Anteil von Phosphor für das Tier absorbierbar wird (Pedersen et al. 2007).

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Für die Einschätzung von Schlemphen als Proteinquellen in der Fütterung können abschließend folgende Schlussfolgerungen gezogen werden.

- Die Variation im Proteinwert ist, unabhängig von der Tierart, hoch. Der Proteinwert hängt von den verwendeten Rohwaren und den Details des Verarbeitungsprozesses ab. Diese sind im Zeitverlauf und zwischen Produktionsanlagen verschieden. Für die Planung von Futtermischungen und Rationen muss die Variation bekannt und vorhersagbar sein. Die Hersteller sollten bestrebt sein, auch die bei der Ethanolherstellung anfallenden Nebenprodukte zu standardisieren und die zur Beschreibung des Futterwertes notwendigen Versuche durchzuführen oder zu initiieren. Bei getrockneten Schlemphen scheint der Trocknungsprozess eine wesentliche Determinante für den Proteinwert zu sein.
- Die Notwendigkeit für eine differenzierte Bewertung steigt mit einem mengenmäßig zunehmenden Anfall von Schlemphen.
- Die geringe ruminale Abbaubarkeit des Rohproteins aus getrockneten Schlemphen ist für den Einsatz bei Milchkühen im Grundsatz positiv. Der Prozess sollte aber so optimiert werden, dass diese positiven Eigenschaften nicht durch eine verminderte Dünndarmverdaulichkeit des unabgebauten Futterrohproteins kompensiert werden. Bei hohen Einsatzmengen von Schlemphen in der Milchkuhration kann die Anflutung von Lysin am Duodenum zum limitierenden Faktor für die Milchproteinleistung werden.
- Die praecaecale Verdaulichkeit der Aminosäuren aus getrockneten Schlemphen ist bei Schweinen und beim Geflügel geringer als bei anderen bedeutenden Rohproteinquellen. Neben diesen Unterschieden in der Verdaulichkeit erfordert der sehr niedrige Gehalt an Lysin in der Futteroptimierung besondere Aufmerksamkeit.

Literaturverzeichnis

- Alrt, H.-J., Fröhlich, B., Hiendl, J. & Zeyner, A. (2007): Einsatz von Roggenpressschlempe als TMR-Komponente bei Milchkühen. In: Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung, 28./29.3.2007, Fulda, 36-38
- Batal, A. B. & Dale, N. M. (2006): True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. J. Appl. Poult. Res. 15, 89-93.
- Delporte, C. (2007): Bioethanol in Western Europe: Plants and Coproducts 2008-2010. Presented at the pre-conference on biofuel coproducts, 16th European Symposium on Poultry Nutrition. Strasbourg, 26th August 2007, Proceedings on CD.
- DLG (1997): DLG-Futterwerttabellen Wiederkäuer, 7. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.
- Düngelhoef, M., Rodehutsord, M., Spiekers, H. & Pfeffer, E. (1994): Effects of supplemental microbial phytase on availability of phosphorus contained in maize, wheat and triticale to pigs. Anim. Feed Sci. Techn. 49, 1-10.
- Engelhard, T., Helm, L. & Kluth, H. (2007): Vergleich der Fütterungseigenschaften von Trockenschlempe und Rapsextraktionsschrot. Versuchsbericht. <http://isa-st23.sachsen-anhalt.de/llg/infothek/dokumente/Trockenschlempe2007.pdf>, zugegriffen am 18. Mai 2008
- Fastinger, N. D. & Mahan, D. C. (2006): Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs. J. Anim. Sci. 84, 1722-1728.
- Firkins, J. L., Berger, L. L., Fahey, G. C., Jr. & Merchen, N. R. (1984): Ruminant nitrogen degradability and escape of wet and dry distillers grains and wet and dry corn gluten feeds. J. Dairy Sci. 67, 1936-1944.
- Gady, C. (2007): Variability and nutritional values of DDGS. Presented at the pre-conference on biofuel coproducts, 16th European Symposium on Poultry Nutrition. Strasbourg, 26th August 2007, Proceedings on CD.
- Gruber, L., Stögmüller, G., Taferner, K., Haberl, L., Maierhofer, G., Steiner, B., Steinwider, A., Schauer, A. & Knaus, W. (2005): Protein- und Kohlenhydrat-Fractionen nach dem Cornell System sowie ruminaler Trockenmasseabbau *in situ* von energie- und proteinreichen Kraftfuttermitteln. Übers. Tierern. 33, 129-143.
- Hackl, W., Pripke, A., Hennig, U. & Zeyner, A. (2007): Determination of the praecaecal digestibility of crude protein and amino acids in wheat-based dried distillers' grain with solubles relative to wheat. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 16, 107 [Abs.].
- Kleinschmit, D. H., Anderson, J. L., Schingoethe, D. J., Kalscheur, K. F. & Hippen, A. R. (2007): Ruminant and intestinal degradability of distillers grains plus solubles varies by source. J. Dairy Sci. 90, 2909-2918.
- Kleinschmit, D. H., Schingoethe, D. J., Kalscheur, K. F. & Hippen, A. R. (2006): Evaluation of various sources of corn dried distillers grains plus solubles for lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 89, 4784-4794.
- Kluth, H. & Rodehutsord, M. (2006): Comparison of amino acid digestibility in broiler chickens, turkeys, and Pekin ducks. Poult. Sci. 85, 1953-1960.

- Nichols, J. R., Schingoethe, D. J., Maiga, H. A., Brouk, M. J. & Piepenbrink, M. S. (1998): Evaluation of corn distillers grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81, 482-491.
- Normenkommission für Einzelfuttermittel im Zentrallausschuss der Deutschen Landwirtschaft (Hrsg.) (2007): Positivliste für Einzelfuttermittel (Futtermittel-Ausgangserzeugnisse), 6. Auflage, http://www.futtermittel.net/pdf/positivliste_6d.pdf, zugegriffen am 17. Mai 2008.
- Pedersen, C., Boersma, M. G. & Stein, H. H. (2007): Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85, 1168-1176.
- Robinson, P. H., Karges, K. & Gibson, M. L. (2008): Nutritional evaluation of four co-product feedstuffs from the motor fuel ethanol distillation industry in the Midwestern USA. *Anim. Feed Sci. Techn.* Online early, doi:10.1016/j.anifeeds.2008.01.004.
- Rodehutschord, M., Kapocius, M., Timmler, R. & Dieckmann, A. (2004): Linear regression approach to study amino acid digestibility in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 45, 85-92.
- Stein, H. H., Gibson, M. L., Pedersen, C. & Boersma, M. G. (2006): Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84, 853-860.
- Südekum, K.-H. (2007): In: P. C. Garnsworthy und J. Wiseman (Hrsg.). *Recent Advances in Animal Nutrition: Co-products from biodiesel production*. Nottingham University Press, Nottingham, pp 201-219.
- Urdl, M., Gruber, L., Häusler, J., Schauer, A. & Maierhofer, G. (2006): Einsatz von getrockneten Getreideschlempen (Starprot) in der Milchviehfütterung. In: *Forum angewandte Forschung in der Rinder- und Schweinefütterung*, 5./6.4.2006, Fulda, 75-78
- Ziegler, J. (2007): In: United Nations General Assembly document A/62/289: The right to food. Report of the Special Rapporteur on the right to food. <http://www.righttofood.org/A62289.pdf>, zugegriffen am 17. Mai 2008

Diskussion



WENK, ZÜRICH

Gibt es Hinweise für die Anreicherung von unerwünschten Inhaltsstoffen in diesen Nebenprodukten, wie es möglicherweise Mykotoxine oder ähnliche Stoffe sein könnten? Ich habe eine zweite kurze Frage zu den Schlempen. Wie groß ist eigentlich der Anteil des Proteins, das aus dem vergorenen Material stammt und wie viel könnte mikrobielles Protein sein? Wie stehen hier die Verhältnisse? Und schließlich eine Bemerkung aus unseren eigenen Erfahrungen. Rapskuchen hat bei uns praktisch keine Bedeutung wegen der Produktqualität. Insbesondere bei Schweinen.

ANTWORT

Das ist natürlich so, dass aufgrund des hohen Fettgehaltes letztlich auch beim Schwein dann Restriktionen zum Ende der Mast bestehen, weil dann tatsächlich die Versorgung mit einzelnen Fettsäuren relevant werden kann. Bezüglich der Frage, was aus mikrobiellen Beitrag kommen könnte bei dem Protein, das wir in der Schlempe haben, bin ich ehrlich gesagt überfragt. Es ist ein interessanter Punkt. Ich kann mir nicht vorstellen, dass es quantitativ eine sehr große Bedeutung haben kann, aber das ist jetzt wirklich nur aus dem Bauch heraus eine Abschätzung der Verhältnisse.

SCHWARZ, WEIHENSTEPHAN

Die eine Frage ist noch nicht ganz beantwortet worden. Die Frage mit den Mykotoxinen, ob es eine Anreicherung gibt. Und das zweite ist, ob es während

des Fermentationsprozesses Zusätze gibt, die dann praktisch in der Fütterung eine Rolle spielen, also im Verfahren, im Prozess an sich zusätzlich noch, die relevant sind. Also zumindest in der Vergangenheit, gab es da Hinweise, dass das möglicherweise der Fall sein kann, z.B. bei Trockenschlempen.

ANTWORT

Es ist einiges bekannt. Ich kenne die Details aus den Produktionsprozessen natürlich auch nicht. Ich weiß aber aus den Gesprächen gerade zu Beginn der Entwicklung, dass insbesondere in der Anfangsphase z. B. sehr hohe Natriumgehalte durchaus relevant gewesen sind. Nicht unbedingt bei dem Einsatz beim Wiederkäuer, aber beim Geflügel. Da scheint etwas zu sein, das jedoch mittlerweile standardisiert ist. Bei der Verarbeitung des Rapses und beim Glycerin, über das haben wir heute nicht gesprochen, ist z. B. die Frage, welche Substanzen da zugesetzt werden, um beim Verarbeitungsprozess maßgeblich auch die Qualitäten des Glycerins zu beeinflussen.

Ich hatte vergessen die Frage mit den Mykotoxinen zu beantworten. Auch da muss ich sagen, ich habe keine näheren Informationen. Ich könnte mir vorstellen, dass die Bioethanolhersteller durchaus bei der Auswahl der Weizen- oder Getreidepartien natürlich auf bestimmte Qualitätskriterien achten werden, gerade dann wenn der Fermentationsprozess dadurch beeinflusst wird.

VETTER, JENA

Eine Ergänzung. Ich möchte die Erfahrungen vom Südzucker Werk Zeitz wiedergeben. Die haben die Grenzwerte auf die Hälfte runtergesetzt, wie sie normalerweise sind, weil Sie sagen, Sie bekommen Anreicherungen im DGS von 1 : 2,5 bis 3 durch den Verarbeitungsprozess.

ANTWORT

Wie bei den anderen Fraktionen auch.

MOSENTHIN, STUTTGART

Gibt es schon Berechnungen zur Preiswürdigkeit der Schlemphen im Vergleich zu Rapsschrot bzw. Sojaextraktionsschrot und gibt es da auch Unterschiede zwischen den einzelnen Tierarten? Wenn man dies bei der jetzigen Marktsituation betrachtet.

ANTWORT

Ich bin überzeugt, die gibt es. Habe ich aber leider nicht parat. Ich mag vielleicht ein bisschen arrogant erscheinen, aber ich gestatte mir den Luxus, dass ich nicht über die aktuelle und sicher teilweise täglich oder wöchentlich veränderte Preissituation informiert bin. Was ich weiß ist, dass sich diese Schlemphen einer sehr großen Beliebtheit erfreuen und sozusagen den Herstellern tatsächlich unter der Presse weggerissen werden, so dass ich einfach mal annehme, dass es sich auch tatsächlich rechnet.

BECKER, GÖTTINGEN

Eine Frage zum Rapsschrot. Aus züchterischer Sicht könnte man da schon noch eine Menge machen. Man arbeitet seit langem, allerdings in sehr kleinem Umfang daran, z.B. um den Rohfasergehalt zu senken. Das ist auch nicht ganz einfach. Den Glukosinolatgehalt weiter zu senken, wäre eigentlich nicht schwierig. Das wird züchterisch nicht gemacht, weil eigentlich in Deutschland niemand daran Interesse hat. Das Problem ist, es ist schwer zu erkennen, ob irgendjemand aus der Futtermittelindustrie bereit wäre, für so ein Schrot wirklich mehr zu bezahlen. Man müsste es für die Ölmühle dann auch irgend-

wie getrennt erfassen. Das ist sicherlich nicht ganz einfach. Meine Frage ist, ist es wirklich ein Problem? Man könnte ja sagen, man macht eben Rapsschrot zum Verfüttern an die Kühe, dann kriegen die Schweine was anderes. Können Sie sich vorstellen, dass es irgendwann mal dazu kommt, dass wirklich jemand bereit wäre, für ein extrem glukosinolatarmes Rapsschrot einen Zuschlag zu bezahlen?

ANTWORT

Die Realität ist ja so, dass der größte Teil des Rapschrotes tatsächlich in die Milchkuhfütterung oder in die Rinderfütterung geht und das hängt eben mit den Restfasergehalten zusammen. Ich weiß natürlich auch, dass es Forschungsprojekte gibt, die sich eben einer Verminderung des Schalenanteils widmen. Mein Informationsstand war bislang immer der, dass es bei der Züchtung eben doch unter Umständen einen Zielkonflikt geben kann bezüglich des Ölertrages, aber da lasse ich mich gern eines Besseren belehren. Die Hauptfrage ist eigentlich. Was wird mit dem Soja mittelfristig passieren? Wir können den Wert des Rapsproteins nicht losgelöst von den alternativen Proteinquellen sehen, die zur Verfügung stehen. Das Rapsprotein an sich ist ein hochwertiges Protein, sowohl für das Schwein als auch für das Geflügel. Je nachdem wie sich die Sojapreise entwickeln, denke ich, wird es auch zunehmend attraktiver werden, an Verfahren zu arbeiten. Ich habe auch von Verfahren gehört, die eben nicht auf züchterischem Wege, sondern durch weitere Behandlung des Rapsextraktionsschrotes daraufhin wirken, diese Gehalte an Glukosinolaten weiter zu reduzieren. Denn das ist der hauptbegrenzende Faktor eigentlich für das Schwein, so dass ich mir durchaus vorstellen kann, dass es sehr lukrativ werden kann, dass dieses Rapsschrot, dieses Rapsprotein in deutlich höheren Anteilen letztlich auch ins Schweinefutter fließt. Ich weiß nicht, ob jemand aus der Mischfutterindustrie hier ist. Ich glaube nicht. Für mich ist das im Wesentlichen eine Frage, was passiert global mit den Sojamärkten? Und nicht nur vor dem Hintergrund der Frage Einsatz von GMO-freien Futtermitteln hier bei uns, sondern vor

allen Dingen auch vor dem Hintergrund der Frage der globalen Entwicklung bei der Proteinnachfrage.

WÜRZNER, WIEN

Vielleicht kurz und ganz allgemein zum Einsatz von Rapskuchen und Rapsschrot. Da haben wir schon vor 20 und mehr Jahren viele Untersuchungen gemacht, damals vor dem Hintergrund, Sojaextraktionsschrot zu ersetzen und da haben wir bei Schweinen und Geflügel Grenzen festgestellt, das ist unbestritten. Es ist also auch nicht die Notwendigkeit, die zu überschreiten. Beim Rind wissen wir, da kann man noch höher gehen und Soja praktisch gänzlich ersetzen. Ich wollte noch fragen. Sie haben als Forderung aufgestellt, dass Laboranalysen nicht genügend beachtet werden und jetzt komme ich zu den Schlemphen, die in größeren Mengen anfallen werden. Ich glaube, dass die Laboranalyse inkl. Aminosäureanalysen sicher als Grundlage für die qualitätsmäßige Einschätzung der Schlemphen ausreichen werden. Ich glaube aber nicht, dass man sie laufend am Tier untersuchen kann, wenn in einer Kampagne die Schlempe einmal anfällt. Dann glaube ich nicht, dass die Verarbeiter im Prozess oder bei der Verarbeitung hier die Koppelprodukte besonders berücksichtigen werden. Vielleicht die Zusätze. Das war ja auch zuerst die Frage bei der Fermentation. Es sind ja Zusätze notwendig und wir haben erfahren, dass in den USA auch Antibiotika eingesetzt werden. Die europäischen Hersteller, von Deutschland weiß ich es und von Österreich, eine große Anlage geht demnächst in Betrieb, die verwenden angeblich Hopfenextrakt oder Hopfensäure für die Stabilisierung. Ob dies dann einen Einfluss auf die Koppelprodukte hat, kann man noch nicht sagen. Rein theoretisch wahrscheinlich nicht. Aber, dass eine gewisse Wirkung da ist, ist natürlich möglich. Glauben Sie wirklich, dass man das fordern kann von den Verarbeitern, dass sie auf die Schlemphen Rücksicht nehmen werden? Ich glaube, dass sich das eher über den Preis regeln wird, ob ein Mischfutterwerk die gesamten Schlemphen abnehmen wird. Ich denke, wenn es preiswert ist, werden sie es nehmen. Das ist ja ein guter Eiweißersatz für die Wiederkäuerfütterung.

ANTWORT

Natürlich gebe ich ihnen Recht. Letztlich wird es der Preis regeln. Ich bin schon der Meinung, dass diejenigen, die den allergrößten Teil beim Rapsschrot auch letztlich aufnehmen, durchaus Forderungen stellen sollten. Ich bin auch der Meinung, dass diejenigen, die diese Koppelprodukte anbieten, in der Pflicht sind, uns mit Informationen zu versorgen, die wir benötigen, um diese Futtermittel zielgerecht einsetzen zu können. Solange wie wir nur relativ geringe Mengen gehabt haben, insbesondere bei der Schlempe und wenn wir in wenigen Prozentanteilen das in der Ration enthalten haben, da können wir nicht viel falsch machen und da haben sie ja auch völlig Recht, wenn sie sagen, die Laboranalysen sind natürlich zunächst erst einmal die erste wichtige Information. Aber wenn wir hier große Mengen haben und wenn wir eine Hochleistungskuh haben, dann sieht die Situation anders aus und dann müssen wir auch zusätzliche Informationen fordern. Dass wir nicht im großen Stil mit fistulierten Kühen, vielleicht sogar noch mehrfach fistulierten Kühen, diese Messungen machen können, das ist natürlich völlig klar, aber wir müssen an diesen Methoden weiter arbeiten und wir müssen auch mit diesen aufwendigen Techniken zunächst einmal Messungen machen, um dann an den Punkt zu kommen, dass wir vielleicht diese In-vitro-Verfahren, die wir zum Teil ja schon haben, auch für diese Futtermittelkategorie validieren können. Das ist der Zwischenweg, den wir gehen sollten. Mir kommt es schon darauf an, klar zu machen, dass diejenigen, die diese Koppelprodukte anbieten, auch in der Pflicht sind, die entsprechenden Informationen mit bereitzustellen und mit zu erarbeiten.

SÜDEKUM, BONN

Ich erlaube mir mal, zu kommentieren, statt zu fragen. Das, was Du gesagt hast, hinsichtlich der Forderungen, die zu stellen sind, das möchte ich ausdrücklich unterstützen. Bevor es aber diesbezüglich wirkliche Fortschritte gibt oder weitere Fortschritte, halte ich zwei Dinge für ganz entscheidend. Du hast im Zusammenhang mit den Herausforderungen ja

gesagt, entweder anlagenspezifische Informationen über die Futtermittel oder eine Standardisierung der Verfahren. Ich glaube, dass der erste Weg bei den Schlemphen der sein muß, den man beschreiten wird, weil eben die Herstellungsverfahren sich insbesondere in der Trocknung der Schlemphen ja sehr stark unterscheiden. Teilweise wird ausschließlich mit der Fermentationswärme getrocknet, also bei relativ niedrigen Temperaturen, teilweise aber bei sehr hohen Temperaturen. Unsere französischen Nachbarn sind genau diesen Weg bereits gegangen. Die geben die Futterwerte für die verschiedenen Tierarten vor, im Wesentlichen ja Weizenschlempe, spezifisch für den Herstellungsort an und ich glaube, das muss auch bei uns der Weg sein, um dann zusätzlich mit verfeinerten Methoden noch das Ganze besser abzusichern. Ganz am Anfang steht noch was ganz anderes. Wir alle und insbesondere diejenigen, die mit Futtermitteln handeln und sie verarbeiten, müssen den Begriff Schlempe vergessen. Es muss im Minimum Weizenschlempe heißen oder eine Mischweizengerstenschlempe oder eben eine Maisschlempe. Du hast es ja auch gezeigt. Die unterscheiden sich ja auch in ihrer Zusammensetzung so stark, dass es nicht genügt. Ich war vor einigen Wochen zu diesem Thema auf einer Veranstaltung in England. Dort gibt es Schlempe. Und wenn die aus einer schottischen Whiskydestillerie kommt, ist das natürlich ein anderes Material, als wenn es mit dem Schiff aus den USA kommt, und ich denke, da dürfen wir nicht locker lassen. Das muss erfüllt sein, damit wir überhaupt eine Chance haben, dieses Produkt seinem geschätzten Wert entsprechend vernünftig einsetzen zu können.

ANTWORT

Das heißt z. B. auch, dass wir bis in die Positivliste hineinsehen sollten, dass wir da eine Differenzierung hinbekommen bei der Normenkommission.

SPIEKERS, GRUB

Es sind da eben verschiedene Dinge angesprochen worden. Eine ganze Reihe von diesen Untersuchungen sind ja gelaufen und das auch länderübergreifend

sowohl innerhalb Deutschlands als auch mit Österreich zusammen. Und da sind ja auch eine ganze Reihe von Verdaulichkeitsbestimmungen und sonstigen Dingen gemacht worden. Für den einen Punkt, die Frage mit den Mykotoxinen, die evtl. drin sind. Die Untersuchungen zeigen, dass eben eine Anreicherung stattfindet. Wir haben das gleiche ja auch beim Lein, da ist die Situation auch gegeben. Die Anforderungen an den Weizen müssen eher höher sein. Was will man sonst einsetzen. Die andere Frage ist jetzt die Information, vom DLG- Arbeitskreis Futter und Fütterung erstellen wir zur Zeit gerade Stellungnahmen zum Futterwert und zum Einsatz von diesen Futtermitteln und die Information, die Herr Rodehutsdord hatte, halt entsprechend den Nutzern zur Verfügung zu stellen. Das muss eigentlich in Kürze der Fall sein, in drei Wochen haben wir unsere Sitzung und da ist es dann unter www.futtermittel.net einzusehen. Eine konkrete Frage habe ich schon noch. Da gerade die Schlempe einen relativ geringen Lysingehalt hat. Denn, wenn wir zukünftig verstärkt Schlemphen einsetzen, müssen wir dann konkret auch auf Basis einzelner Aminosäuren die Rationsplanung bei der Milchkuh durchführen oder müssen wir einfach die Einsatzmengen beschränken, damit wir keine Probleme haben.

ANTWORT

Wir müssen ganz klar sagen: Die Vorstellung, die wir tatsächlich über den Bedarf an Dünndarm verfügbarem Lysin oder anderen Aminosäuren haben und insbesondere die Frage, wie viel dann vom Mikrobenprotein auch da ankommt, können wir noch nicht hinreichend genau quantifizieren. Es ist zumindest meine Meinung, um allgemeine Versorgungsempfehlungen auf der Basis zu geben. Ich bin der Meinung, dass es tatsächlich darauf hinaus läuft, dass zur Vermeidung solcher extremen Effekte man eben übermäßigen Einsatz einzelner Futtermittel und ich meine da ist jetzt die DGGS wegen des Lysins ein besonders extremes Beispiel, aber so lange, wie wir hier über Einsatz in der Größenordnung von 10 bis 15 % reden, gehe ich davon aus, dass wir solche

Limitierungen nicht bekommen. Ich habe das hier aufgezeigt mit diesen Versuchsdaten, die ja bewusst auch mit der Proteinversorgung mehr ins Extrem gegangen sind, um aufzuzeigen, worauf wir aber achten

müssen. Und dass eben ein Futterwert, den wir für eine 25- oder 30-Liter-Kuh machen etwas anderes ist als für eine 40-Liter-Kuh.

Standortvorzüglichkeiten der Biogasproduktion

Analyseoptionen anhand von verschiedenen
Standortmodellierungen



1 Einleitung und Zielsetzung

Die Notwendigkeit des verstärkten zukünftigen Einsatzes regenerativer Energien ist mittlerweile zur Selbstverständlichkeit avanciert. Offen ist jedoch noch die Frage, welche Arten regenerativer Energien besonders geeignet erscheinen und mit welcher Intensität an verschiedenen Orten regenerative Energien ausgebaut werden sollten. Die Biogasproduktion erscheint u. a. aufgrund Ihrer vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten in der Bioenergieschiene als vorteilhaft und ist damit in den Fokus von Landwirten sowie Energieproduzenten und -konsumenten gerückt. Auch die potenzielle überdurchschnittliche Energieeffizienz sowie die Möglichkeit, ein hohes Wertschöpfungspotenzial in den ländlichen Räumen zu generieren sind weitere Gründe für den auch von der Politik induzierten Ausbau der Biogasproduktion auf Basis nachwachsender Rohstoffe (Nawaro). Darüber hinaus bietet das Biogas die Option der Lagerung und des Spitzenlasteinsatzes. Allerdings zeigte sich in der Vergangenheit, dass allein die dezentrale Nutzung von Biogas nicht immer eine ausreichende Energie- sowie Umwelteffizienz und flexible Nutzbarkeit gewährleistet. Auch dieser Aspekt hat dazu geführt, dass die Biogasproduktion und die in diesem Zusammenhang gewährte Förderung über die Einspeisevergütung stark kritisiert wird (vgl. dazu das jüngste Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats Agrarpolitik beim BMELV). Als Alternative neben den kleineren, dezentralen Anlagen werden deswegen auch größere Biogasanlagen mit Einspeisungspotenzial als Ergänzung

im Energiemix avisiert, wenngleich sie nicht per se eine bessere Energie- und Umwelteffizienz versprechen. Die Einspeisung bietet allerdings die Option, einer hohen Energieeffizienz bei voller Verwendungsflexibilität des Energieträgers.

Eine in Deutschland und vor allem international expandierende Biogasproduktion mit Einspeisungsoption ist nur dann akzeptabel, wenn sie nicht oder wenig in Konkurrenz zu bestehenden Wertschöpfungsketten der Food-Produktion tritt. Darüber hinaus sollte Biogas bzw. Methan zu angemessenen Kosten produziert werden. Neben der Verfügbarkeit von angemessenen Standorten (z. B. Einspeisungsoption im Gas- oder Stromnetz, Nutzbarkeit der Wärme sowie Baugenehmigung oder Akzeptanz der Anlagen bei der Bevölkerung) sowie den Herstellungskosten der Anlage spielen dabei auch Substratsicherheit sowie der Substratpreis eine bedeutende Rolle. Bei Biogasanlagen, die auf der Basis nachwachsender Rohstoffe betrieben werden sollen, machen die Substratpreise inkl. der Transportlogistik ca. 30 bis 50 % und mehr der laufenden Kosten der Biogasproduktion aus. Substratsicherheit und damit zusammenhängende Substratpreise bestimmen somit im erheblichen Umfang die Standortwahl und haben eine hohe Planungspriorität. Problematisch ist die Substratverfügbarkeit auch dann, wenn in den regionalen Bodenmärkten etablierte (expandierende) Bodennutzer mit hohen Wertschöpfungspotenzialen im Anbau vorzufinden sind. Wenn an gleicher Stelle die Nawaro-Biogas-

produktion auftritt, kann es zu Substratkonkurrenzen kommen, die z. B. sowohl für die Anbauer von Food als auch für die Biogasproduktion zu verminderten Renditen führen kann. Aber auch die Viehhaltung kann zur Konkurrenz im Bodenmarkt avancieren, wenn eine hohe Viehdichte mit Veredlungsproduktion vorliegt. An dieser Stelle müssen die Entsorgungsmöglichkeiten der Gärreste berücksichtigt werden. Aus gegenwärtiger Perspektive bedürfen überdurchschnittlich große Nawaro geführte Biogasanlagen mit Einspeisungsoption und elektrischen Leistungen von 1,5 MW und mehr bei jährlichen Substratmengen von über 30.000 t eine gute Entsorgungslogistik, die im Kontext einer rechtlich-naturwissenschaftlich angemessenen Nährstoffversorgung der Böden besonders in Veredlungsregionen eine Herausforderung darstellen kann. In eben diesen Regionen ist jedoch gleichzeitig die Vorzüglichkeit der Biogasanlagen aus dem Blickwinkel günstig verfügbarer Gärsubstrate in Form von tierischen Exkrementen hoch. Spätestens an diesem Punkt zeigen sich bereits Unterschiede bei den internationalen Strukturen. Während in Deutschland für einzelne Regionen diese Fragestellung virulent ist, dürfte sie für viele andere Länder mit vergleichsweise geringen regionalen Konzentrationen der Viehhaltung eine weniger bedeutende Rolle spielen.

Schließlich sind bei einer Standortanalyse für die Biogasproduktion auch die bislang nicht oder wenig internalisierten externen Effekte zu berücksichtigen. Dazu zählen z. B. die Treibhausgasbilanz der Biogasproduktion aber auch die sonstigen Auswirkungen auf den Natur- bzw. Umweltschutz. Für die Legislative, im Kontext eines optimalen Fördersystems, als auch für überregional agierende Investoren, wie z. B. Energieversorger ist somit eine überregionale Standortanalyse essentiell. Deren Ziel sollte zunächst darin bestehen, die für die Zielregion (z. B. ein Bundesland, Deutschland oder andere Länder) maßgeblichen First beste Standorte zu evaluieren. D.h., ein bedeutender Aspekt der Biogasproduktion ist ein im Vorfeld durchgeführter überregionaler Standortvergleich, der die oben, nicht abschließend genannten Zielsetzungen

berücksichtigt. Zu diesem Zweck können interregional vergleichbare Standortmodelle einen signifikanten Beitrag leisten.

2 Ansätze für Standortmodellierungen der Biomasseproduktion

Wenngleich die gegenwärtige Preishausse auf den Agrarrohstoffmärkten sowie die Diskussion um die CO₂-Vermeidungskosten der Nawaro-Biogasproduktion die Vorzüglichkeit von Nawaro-Biogasanlagen erheblich einschränkt, führen zukünftig nicht auszuschließende wieder moderate Agrarrohstoffpreise und/oder höhere Energie- bzw. Erdgaspreise zur Notwendigkeit, eine angemessene nationale und regionale Strategie zur Platzierung von Biogasanlagen (ggf. mit Einspeisungspotenzial) zu entwickeln, ohne in massive Konkurrenz zur Food-Produktion sowie zum Umwelt- und Naturschutz zu treten. Auch wenn Abfallstoffe zukünftig wieder verstärkt in den Fokus der Biogasproduktion gelangen, wird der additive Einsatz von Nawaro möglicherweise eine signifikante Vorzüglichkeit behalten können. Dies trifft nicht allein auf die in Deutschland überdurchschnittlich stark etablierte Biogasproduktion zu, bei der bereits viele Standortfragen durch bereits existierende Biogasanlagen obsolet geworden sind. In Anbetracht der erheblichen Potenziale in anderen Ländern, sowohl für die Nawaro- als auch für die Abfallschiene, sollten vorab übergeordnete Standortanalysen Anwendung finden können. Durch eine effiziente Standortwahl können Synergien für den Netzbetreiber sowie für den Anlagenbetreiber gewährleistet werden (sofern der Anlagenbetreiber nicht deckungsgleich mit dem Netzbetreiber ist). Gleichzeitig wird den Anforderungen weiterer Stakeholder, wie z. B. der Legislative im Kontext einer effizienten Förderung, Rechnung getragen.

Mit dem Wissen über das Anforderungsprofil stellt sich die Frage, welche Modelle für die Ermittlung von First best Standorten für die Biogasproduktion bzw. -einspeisung sinnvoll sein können. Dabei sind sowohl quantitative als auch qualitative Parameter

wie Naturalertrag maßgeblicher Feldfrüchte, Witterungseinfluss sowie Klimaeinwirkung, zukünftige Ertragspotenziale, Umweltschutzfaktoren oder auch Logistikkosten zu berücksichtigen. Ein Vergleich existierender Landnutzungsmodelle im Hinblick auf ein geeignetes Standortanalysemodell für Biogasanlagen mit Einspeiseoption soll der Aufgabenstellung entsprechen. Darauf aufbauend sind Optionen der Modifikation oder der Entwicklung neuer Modellsysteme zu prüfen.

Evaluierung bestehender Modellsysteme

Die Suche nach Erklärungsansätzen und Prognosemöglichkeiten der (zukünftigen) Landnutzung beschäftigt die moderne Standortforschung seit über 40 Jahren (Weinschenk/Henrichsmeyer 1966). Verschiedene Standortfaktoren können dabei Berücksichtigung finden. An dieser Stelle sei beispielhaft die Aufstellung von verschiedenen Standortfaktoren gemäß Breuer (2008) genannt, die für eine Standortanalyse berücksichtigt werden könnten.

Tabelle 1 deutet die Vielfalt ökonomischer Wirkungszusammenhänge an. Eine Landnutzung in Abhängigkeit von sich verändernden Rahmenbedingungen wird somit kaum ohne eine detaillierte Modellierung abzuschätzen sein (Odening/Balman 1997: 371 f.). Komplexe Optimierungsmodelle sind in der Lage, mehrere Standortfaktoren für die Ermittlung von räumlichen Gleichgewichten der landwirtschaftlichen Produktion zu ermitteln. Dazu zählen sowohl erwerbswirtschaftliche als auch umweltpolitische Zielsetzungen. Einige in Deutschland entwickelte Modelle, die der Unterstützung der normativen Standortforschung dienen sollen, werden im Folgenden im Sinne der Zielsetzung vorgestellt. Dabei werden nur Modelle berücksichtigt, die einen direkten Raumbezug anstreben und die sich auf ressourcenökonomische und umweltpolitische Fragestellungen fokussieren. Diese Modelle können in Abgrenzung zu allgemeinen Agrarsektormodellen, deren Untersuchungsschwerpunkt auf agrarmarktpolitischen Analysen liegt, auch als Landnutzungsmodelle bezeichnet werden.

Tabelle 1: Klassische Standortfaktoren.

Standortfaktoren
Einsatzbezogene Standortfaktoren
<input type="radio"/> Material, Rohstoffe
<input type="radio"/> Zulieferunternehmen
<input type="radio"/> Kredite
<input type="radio"/> Fremddienste (Wartung, Reparatur, Ausbildung)
<input type="radio"/> Transportbedingungen, Verkehrsanbindungen
<input type="radio"/> Flächenangebot
<input type="radio"/> Werkseinrichtungen, Anlagen
<input type="radio"/> Arbeitsmarktbedingungen, Personal
Durchsatzbezogene Standortfaktoren
<input type="radio"/> Klimatischen Bedingungen
<input type="radio"/> Geologische und topologische Bedingungen
<input type="radio"/> Politische und soziologische Bedingungen
<input type="radio"/> Technische Bedingungen
<input type="radio"/> Agglomerationseffekte (positiver und negativer Art)
Ausstoßbezogene Standortfaktoren
<input type="radio"/> Absatzmarkt
<input type="radio"/> Absatzkontrolle
<input type="radio"/> Konkurrenzsituation
<input type="radio"/> Staatliche Absatzhilfen
<input type="radio"/> Entsorgungsbedingungen

Quelle: Breuer gemäß Schweitzer, Behrens und Krätke, 2008

Alle in Übersicht 1 aufgeführten Landnutzungsmodelle verfolgen einen komparativ-statischen Optimierungsansatz, d.h. es werden Gleichgewichtszustände, die jeweils bei unterschiedlichen Werten für die Standortfaktoren berechnet werden, miteinander verglichen, um die Auswirkungen bezüglich der Veränderungen der abhängigen variablen Landnutzungsmuster und Nutzungsintensitäten der Richtung und dem Umfang nach zu bestimmen“ (Kuhlmann et al. 2002: 357). Weitere Gemeinsamkeiten der Modelle

liegen in einigen modelltheoretischen Annahmen wie bspw. der Risikoneutralität und der vollständigen Information der Landnutzer.

Differenzierungsmerkmale der Modelle

Das offensichtlichste Differenzierungskriterium der Modelle besteht in der Subsystemgrenze, die als räumliche Grundeinheit der Verfahren verstanden werden kann (Roedenbeck 2004: 120). Auf dieser Basis werden bspw. die Verwaltung natürlicher Standortfaktoren sowie die Bilanzierungen durchgeführt. So finden die Berechnungen auf der Ebene von Regionshöfen (RAUMIS, Modell Kraichgau), auf Betriebsebene (MODAM) oder auf der Basis

schlagspezifischer Berechnungen (ProLand) statt. Auch die Zielgrößen unterscheiden sich dabei. Während ProLand die Bodenrente maximiert, wird bei MODAM der Gesamtdeckungsbeitrag tatsächlicher Betriebe maximiert. Für RAUMIS und Kraichgau wurden die Optimierungsprogramme auf die jeweilige Aggregationsstufe der Regionshöfe ausgelegt. Auch bei der Ermittlung der Naturalerträge sowie der Fruchtfolgerestriktionen werden unterschiedliche Wege begangen, die letztlich unterschiedliche Resultate bei einem identisch unterstellten Standort vermuten lassen. Bedeutend ist dabei die Frage, ob und inwieweit diese Modelle für die Standortanalyse von (Nawaro-) Biogasanlagen geeignet sein können.

Übersicht 1: Eigenschaften ausgewählter Modelle zur Modellierung der Landnutzung.

	RAUMIS	Kraichgau (LMK)	MODAM	ProLand
Abkürzung steht für	Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem	Landschaftsmodellierung Kraichgau	Multiple-Objektive Decision Support Tool for Agroecosystem Management	Prognosis of Landuse
Modellverbund	Modellverbund des vTI/ FAL-Modellverbund	Beinhaltet mehrere Module (Modul Ökonomie soll landwirtschaftliche Produktion abbilden)		ITEM (Integrated Tool for Economic and Ecological Modelling)
Zielfunktion	modifizierte Wertschöpfung maximieren	Gesamtdeckungsbeitrag des Nahbereichs maximieren	Gesamtdeckungsbeitrag maximieren	Bodenrente maximieren
Vermeidung von Überspezialisierung	Positive Mathematische Programmierung	Positive Mathematische Programmierung	Fruchtfolgerestriktionen	Technisch mögliche Fruchtfolgen werden vordefiniert
Räumliche Subsystemgrenze	Regionshöfe	Regionshöfe bzw. Nahbereiche	Schläge oder Regionshöfe	Raster oder Polygone
Ertragsdaten	Bodennutzungshaupterhebung und Ernteberichterstattung, Verwendung von Trendertträgen, abhängig vom Stickstoffeinsatz	Statistisch Ertragsdaten ergänzt durch Befragungen, teilweise als Ertragsfunktion in Abhängigkeit des Stickstoffeinsatzes, teilweise Durchschnittswerte	Schlagspezifische Schätzung durch Expertenmodell in Abhängigkeit von Bodenqualität und Niederschlagsmengen	Auf Rasterebene linear-limitational geschätzt nach Wasserverfügbarkeit, Solarenergie und genetischem Potenzial
Vorwiegende Zielrichtung der Analysen	Darstellung wahrscheinlicher historischer zukünftiger Entwicklungen (Prognose) des Agrarsektors sowie mittelfristige Wirkungsanalysen mit Blick auf die landwirtschaftliche Produktion, den Faktoreinsatz im Agrarsektor, das landwirtschaftliche Einkommen und die Agrar-Umwelt-Beziehungen	Landnutzungsänderungen sollen unter daraus resultierenden Nachhaltigkeitsgesichtspunkten transparent gemacht und beurteilt werden; ökonomische Kenngrößen und ausgewählte Umweltindikatoren werden explizit abgebildet	Konsequenzen für das Agrarökosystem, für landwirtschaftliche Betriebe und die aus einer veränderten Nutzung resultierenden sozioökonomischen Effekte verdeutlichen; Anlass für die Modellentwicklung war die Evaluierung von Auswirkungen durch Ausweisung von Naturschutzgebieten und durch Umstellung landwirtschaftlicher Betriebe weg vom konservativen Landbau	Generierung ökonomischer Kenngrößen sowie Allokation von Landnutzungssystemen insbesondere in peripheren Regionen mit ungünstigen natürlichen Voraussetzungen

Quelle: Eigene Darstellung nach Henrichsmeyer et al. (1996), Cypris (2000), Weinmann (2002), Weinmann et al. (2006), Kächele (1999), Kächele/Zander (1999), Dabbert et al. (1999), Roedenbeck (2004).

Eignung der Modelle zur Beantwortung der Fragestellung

Neben der Ermittlung der betriebswirtschaftlichen Vorzüglichkeit des Anlagenbetreibers wäre mit Blick auf den (politisch gewünschten) Ausbau der Biogasproduktion auch eine umfangreichere Betrachtung von Externalitäten, Auswirkungen auf den ländlichen Raum oder den Anforderungen der Energieversorger Rücksicht zu nehmen. Vor diesem Hintergrund ist eine ausschließliche Prognose der zukünftigen Landnutzung im Sinne der Fragestellung evtl. nicht ausreichend zielführend. Darüber hinaus weisen die Landnutzungsmodelle auch einige Nachteile auf, die sich aufgrund der komplexen Modellstrukturen nicht einfach beheben lassen. Bspw. ist bis auf RAUMIS keines der Modelle bisher für eine deutschlandweite Analyse eingesetzt worden. Eine Übertragbarkeit der übrigen Modelle auf andere Regionen wird zwar von den Modellentwicklern diskutiert und für positiv erachtet, fraglich ist jedoch, ob und wann dies möglich erscheint. Für Modelle, die nicht auf statistische Daten zurückgreifen, erscheint eine kurz- oder mittelfristige Umsetzung wenig wahrscheinlich.

Bei Modellen, die Kreisebenen mit einer durchschnittlichen Regionshofgröße von ca. 50.000 ha verwenden, ist ebenfalls fraglich, ob der Abbildungsgrad ausreichend exakt ist. Allerdings werden alle zu generierenden Modelle, zumindest in Deutschland, mit dem Handicap leben müssen, dass Ertragsdaten lediglich für großflächig skalierte Einheiten (z. B. auf Landkreisebene) als Durchschnittswerte verfügbar sind. Zu prüfen wäre an dieser Stelle, ob sich die Ertragsermittlungsverfahren von Modellsystemen wie ProLand oder MODAM mit geringem Aufwand deutschlandweit verwenden lassen.

Als einziges Modell hat RAUMIS bisher versucht, den Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen im Modell zu berücksichtigen (Gömann et al. 2007). Die Veränderung des Modells resultierte hier im Wesentlichen auf der Implementierung eines Energiemaisverfahrens. Annahmegemäß wird für den Mais deutschlandweit ein einheitlicher Preis gezahlt. Dadurch entsteht in Abhängigkeit des Preises für

Energiemais und der sonstigen Marktfruchtpreise eine mehr oder weniger starke Verschiebung der Landnutzung in Richtung Energiemais. Unterschiede in der Vorzüglichkeit des Energiemaisanbaus in den einzelnen Landkreisen können dabei sichtbar werden. Für eine Standortevaluierung ist dieses Ergebnis wahrscheinlich nicht ausreichend, da sich die Maisanbaufläche auf den gesamten Landkreis verteilen kann. Bedeutende Parameter wie Transport- und Entsorgungskosten werden nicht berücksichtigt. Darüber hinaus können reine Landnutzungsmodelle nur dann maßgeblich für eine Standortanalyse sein, wenn Biogassubstrate außerhalb von Nawaro weitgehend ignoriert werden. Ansonsten ist eine Modellerweiterung zwingend erforderlich oder ein anderer Modellansatz wünschenswert (vgl. dazu auch Röder, 2007).

3 Scoringmodelle für eine Standortanalyse Biogas

Im Folgenden wird die Verwendung von Scoringmodellen als möglicher alternativer Ansatz zur Standortevaluierung für die Biogasproduktion und -einspeisung skizziert.

Ausgangspunkt ist eine großflächige Standortevaluierung für die Biogasproduktion ohne oder mit Einspeisungsoption, die grundsätzlich eine GIS-basierte Analyse erfordert, damit optionale Standorte mit vorhandenen Gasnetzen verschnitten werden können. Darüber hinaus erfolgt keine betriebswirtschaftliche Analyse aus der Perspektive von Landwirten, die schwerpunktmäßig die Rentabilität ihres einzig vorhandenen Standortes analysieren. Vielmehr ist der Ausgangspunkt die Betrachtung aus dem Blickwinkel der Legislative, die bestimmte, politisch motivierte Produktionsmengen und/oder Fördersysteme avisiert oder ortsunabhängige Investoren, wie z. B. Energieversorger, die in Anbetracht ihrer Unternehmenspolitik eine konkrete Menge produzieren möchten, deren optimale Herkunft bzw. Standorte jedoch noch nicht kennt. Dafür ist die Ermittlung von First und Second best Standorten erforderlich, ohne zunächst mikroregionale, individuelle Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Zu Letzterem zählen z. B. die Bereitschaft der Landwirte, sich an Biogas-

projekten als Substratlieferant und/oder Mitbetreiber zu beteiligen oder die Bereitschaft der Bevölkerung und Verwaltungseinheiten, die Biogasproduktion zu unterstützen bzw. zu tolerieren. Sofern derartige Daten für das Auswertungsgebiet bekannt sind, können auch diese berücksichtigt werden.

Scoringmodelle gehören zu den numerischen Bewertungsverfahren und sind in der Lage, eine Vielzahl sowohl quantitativer als auch qualitativer Kriterien in ein Bewertungsproblem mit einzubeziehen und hierfür eine nachvollziehbare Lösung zu finden (Scharnweber 2005: 28, 66 f.; Janker 2004: 101 ff.). Dadurch besteht hinsichtlich der Fragestellung die Möglichkeit der Synopse von ansonsten schwer miteinander vergleichbaren Standorten. Grundsätzlich sollte die Anwendung des Scoringmodells, je nach Datenver-

fügbarkeit, auf möglichst kleinräumiger Ebene erfolgen. In der in Tabelle 1 aufgeführten Form werden im Scoringmodell Einflussfaktoren auf Gemeindeebene parametrisiert und auf gleichfalls parametrisierbare Rangfolgen abgebildet. Dadurch können auch nicht oder nur schwer monetärisierbare Faktoren mit in die Evaluierung einbezogen werden.

In der Tabelle 2 sind die Gemeinden samt statistischer Kennnummer (in Deutschland ist dies der Regionalschlüssel) und dem dazugehörigen Landkreis aufgeführt. Auf der linken Seite der Tabelle befinden sich exemplarische, nicht abschließend genannte bzw. erforderliche Kriterien, nach denen die Gemeinden bewertet werden können. So sind in dem Beispiel acht Hauptkriterien „Substratpreis ab Halm“ (gegebenenfalls in die Subkriterien Ackerland

Tabelle 2: Möglicher Aufbau eines Scoringmodells.

	Regionalschlüssel	01235467		01235468	
	Kreis	Musterkreis 1		Musterkreis 1	
	Gemeindenname	Mustergemeinde 1		Mustergemeinde 2	
	Gewichtung	Punktzahl	Punktzahl gew.	Punktzahl	Punktzahl gew.
Substratpreis ab Halm	20%	85		48	
Gewichteter Punktwert		17		10	
Logistikkosten der Beschaffung	13%	45		53	
Gewichteter Punktwert		6		7	
Gärrestentsorgung	11%	20		70	
Gewichteter Punktwert		2		8	
Spezielle regionale Konkurrenz Sonderkulturen und BGA	15%	43		100	
Gewichteter Punktwert		6		15	
Wasserschutz	10%	80		20	
Gewichteter Punktwert		8		2	
Naturschutz	10%	80		60	
Gewichteter Punktwert		8		6	
Sonstige Restriktionen des Umweltschutzes, die über die ordnungsgemäße Landwirtschaft hinausgehen	6%	60		90	
Gewichteter Punktwert		4		5	
Verfügbarkeit von Wirtschaftsdünger und Abfallstoffen	15%	55		0	
Gewichteter Punktwert		8		0	
Scoring-Index	100%	59		53	

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Janker (2004: 121).

und Grünland zu differenzieren), „Logistikkosten der Beschaffung“, „Gärrestentsorgung“, „Spezielle regionale Konkurrenz Sonderkulturen und BGA“, „Wasserschutz“, „Naturschutz“, „sonstige Restriktionen des Umweltschutzes, die über die ordnungsgemäße Landwirtschaft hinausgehen“ sowie „Verfügbarkeit von Wirtschaftsdünger und Abfallstoffen“ eingeteilt. Sie können je nach Datenverfügbarkeit noch in weitere Subkriterien unterteilt werden. Darüber hinaus sind, je nach Datenverfügbarkeit, weitere Kriterien denkbar. Die Gemeinden erhalten für jedes Kriterium eine Punktzahl, welche ihre Güte in Relation zu anderen Gemeinden darstellt. Eine Gemeinde kann hier jeweils Punkte zwischen null und einhundert erreichen, wobei die beste der betrachteten Gemeinden bezüglich des jeweiligen Kriteriums hundert und die schlechteste null Punkte bekommt. Als Beispiel bedeuten bei den monetären Kriterien geringe Kosten in der Substratbeschaffung entsprechend hohe Punktzahlen in dem Scoringmodell. Ob sich eine Gemeinde bezüglich eines Kriteriums in einem guten, mittleren, oder schlechten Bereich befindet, kann zur Steigerung der Übersicht durch die Ampelfarben grün, gelb und rot gekennzeichnet werden (Stopp light chart). Die Farbkennzeichnung erfolgt nach dem Differenzierungsmerkmal oberes, mittleres und unteres Drittel des jeweiligen Kriteriums. Die Berechnung bzw. Zuteilung der Punktzahlen erfolgt anhand quantitativ erfassbarer bzw. berechneter Faktoren.

Kriterien wie z. B. die spezielle regionale Konkurrenz der Sonderkulturen und BGA bilden keinen monetären Wert ab. Eine Quantifizierung der Auswirkungen hoher Konkurrenz erscheint dabei schwierig, so dass bei der Festlegung der Gewichtung subjektive Einflüsse berücksichtigt werden. Gleiches gilt z. B. für Kriterien wie Wasser- und Naturschutz.

Nach der Ermittlung der Punktzahlen und der Gewichtung der einzelnen Kriterien werden die Gesamtpunktzahlen jeder Gemeinde, also die Scoringindices, ermittelt. Aus der Summe der gewichteten Punktzahlen der Kriterien entsteht der Scoringindex der jeweiligen Gemeinde. Durch ihn werden die Güte der Gemeinde im Vergleich zu anderen sowie der Ab-

stand des Index von der maximal erreichbaren Punktzahl abgebildet (Janker 2004: 120). Das oben gezeigte Beispiel weist die Mustergemeinde 1 mit 59 Punkten im Vergleich zu Mustergemeinde 2 mit 53 Punkten als zunächst besseren Standort für den Bau einer Biogasanlage aus. Ob sie als First best Standort in Bezug auf das verwendete Bewertungsverfahren mit der gewählten Gewichtung zu bezeichnen ist, kann nur unter Berücksichtigung der geplanten Größe der Anlage sowie der Ergebnisse aller in die Standortevaluierung einbezogenen Gemeinden entschieden werden. Die Gewichtung einzelner Kriterien kann einerseits als offene Flanke oder Schwachstelle der Methodik gesehen werden. Woran soll man sich orientieren und inwieweit ist nach einer Festlegung der Gewichtung diese noch intersubjektiv nachprüfbar? Andererseits kann man diese Flexibilität des Scoringmodells auch als Vorteil bezeichnen. Je nach Art des überregionalen Auswertungsmuster und nach Charakteristik der Stakeholder kann die Gewichtung angepasst werden. So ist nicht auszuschließen, dass in manchen Großräumen Deutschlands, die als Gesamtheit vergleichend evaluiert werden sollen, eine überdurchschnittlich hohe Gewichtung des Substratpreises ab Halm gewählt wird, weil wirtschaftliche Gesichtspunkte aus der Sicht der Stakeholder opportun erscheinen. Dagegen könnte z. B. in anderen Ländern als Evaluierungsraum der Natur- und Umweltschutz eine überdurchschnittlich hohe Gewichtung erfahren. Die Gewichtung kann somit immer auf das Anforderungsprofil angepasst werden, unabhängig vom Ziel einer Einspeisung oder dezentralen Nutzung des Biogases. Entscheidend ist, dass die Gewichtung für alle Betriebe bzw. auszuwertende Kleinstregionen innerhalb eines Betrachtungsraumes gleich ist, sei es dass es sich um ein Bundesland, um eine gesamte Nation oder um darüber hinaus gehende Auswertungseinheiten handelt. Letztlich müssen die Art sowie die Gründe der Gewichtung transparent gemacht werden.

4 Schlussfolgerungen

Es wurde gezeigt, dass bestehende Landnutzungsmodelle in ihrer heutigen Form als Mittel zur Evalu-

ierung von Standorten für die Biogasproduktion nur eingeschränkt verwendbar sein könnten. Hinsichtlich der Fragestellung wären spezifischere Modelle als Ergänzung oder als Zusatzbestandteile bestehender Modelle sinnvoll, um den umfangreichen Anforderungen an Standorte und an eine nachhaltige Biogasproduktion nachzukommen.

Zu diesem Zweck wurde ein Scoringmodell skizziert, das mehrere Faktoren in parametrisierter Form einbezieht, gewichtet und daraus für jeden Standort (z. B. eine Gemeinde) einen Scoringindex ermittelt, der die Güte des Standortes im Vergleich zu den anderen betrachteten Standorten darstellt. Das Scoringmodell hat dann Anwendungsstärken, wenn es darum geht, Transparenz in Entscheidungsprozesse zu bringen und Flexibilität im Kontext des Anforderungsprofils der Stakeholder zu zeigen. Die Darstellung der einzelnen Punktzahlen über GIS wäre hierbei eine Möglichkeit, die standortspezifischen Vor- und Nachteile hervorzuheben.

Bei der Interpretation des Scoringmodells ist jedoch zu beachten, dass das Verfahren Zusammenhänge evtl. unberücksichtigt lassen könnte oder verzerrt darstellt. So besteht bei Berücksichtigung von nicht monetären Kriterien – ohne die sich die Frage nach Scoringmodellen nicht mehr stellt – z. B. Unsicherheit in der Gewichtung der Faktoren. Sie sollte mit den wesentlichen Stakeholdern (Legislative, Investoren, Landnutzern und Sonstige) abgestimmt werden. Weiterhin ist zu klären, ob lineare oder nicht-lineare Zusammenhänge zwischen Kriterienausprägungen vorliegen, so dass eine Addition und Gewichtung von Punktwerten einzelner Kriterien eine Scheingenauigkeit suggerieren könnten. In einem Bewertungsmodell sollten die verwendeten Kriterien möglichst überschneidungsfrei, d.h. unkorreliert sein, um die Objektivität und Transparenz dadurch nicht weiter zu verringern (Janker 2004: 87). Problematisch ist im vorliegenden Kriterienkatalog z. B. die Beziehung zwischen „Spezielle regionale Konkurrenz Sonderkulturen und BGA“ sowie „Substratpreis ab Halm“. Die möglichen Interdependenzen sollten bei der inhaltlich-mathematischen Differenzierung der Kriterien

sowie Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Nicht berücksichtigte Einflussfaktoren können ebenfalls zu einer Scheingenauigkeit des Scoringmodells führen.

Für die reale Investition in die standortgebundene Biogasproduktion sollte in jedem Fall eine umfassende Standortevaluierung vorgeschaltet werden (z. B. in Form einer Kapitalwertanalyse). Das Scoringmodell kann lediglich bei der Wahl guter Standorte aus der Gesamtheit aller verfügbaren Standorte hilfreich sein.

Auch für andere Länder als Deutschland könnte ein Scoringmodell im Vergleich zu klassischen Landnutzungsmodellen sinnvoll sein, da erstens das flächendeckende, Nawaro-basierte deutsche Einspeisevergütungsmodell nicht maßgeblich ist und somit der Einsatz Boden ungebundener Abfallstoffe relevanter sein kann. Die beschriebenen, reinen Landnutzungsmodelle wären dabei nicht ausreichend exakt, wobei eine Integration in Landnutzungsmodelle denkbar sein kann. Zweitens ist die statistische Datenlage anderer Länder bezüglich der Land- bzw. Acker- und Ertrags- und Strukturdaten liegen z. T. in veränderter Form vor. Ein flexibles Scoringmodell könnte diesem Aspekt ausreichend Rechnung tragen und bestehende Modelle ergänzen.

Literaturverzeichnis

- Breuer, T. (2008): Biokraftstoffe als Entwicklungschance für den ländlichen Raum. Regionalökonomische Analyse am Beispiel Nordrhein-Westfalens, <http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss-online>, Zugriff am 14.5.2008.
- Cypris, C. (2000): Positive Mathematische Programmierung (PMP) im Agrarsektormodell RAUMIS. In: Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e. V., Nr. 313, Bonn.
- Dabbert, S./ Herrmann, S./ Kaule, G./ Sommer, M. (1999): Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung – Methodik, Anwendung und Übertragbarkeit am Beispiel von Agrarlandschaften. Berlin.
- Gömann, H./ Kreins, M./ Breuer, T. (2007): Deutschland – Energie-Corn-Belt Europas? In: Agrarwirtschaft, Jg. 56, H. 5/6, S. 263-271.

- Henrichsmeyer, W./ Cypris, C./ Löhe, W./ Meudt, M./ Sander, R./ Von Sothen, F./ Isermeyer, F./ Schefski, A./ Schleef, K.H./ Neander, E./ Fasterding, F./ Helmke, B./ Neumann, M./ Nieberg, H./ Manegold, D./ Meier, T. (1996): Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BML (94 HS 021). Vervielfältigtes Manuskript, Bonn/Braunschweig.
- Howitt, R. E. (1995): Positive Mathematical Programming. In: American Journal of Agricultural Economics, Bd. 77, H. 2, S. 329-342.
- Janker, C. G. (2004): Multivariate Lieferantenbewertung – Empirisch gestützte Konzeption eines anforderungsgerechten Bewertungssystems. Wiesbaden.
- Kächele, H. (1999): Auswirkungen großflächiger Naturschutzprojekte auf die Landwirtschaft – Ökonomische Bewertung der einzelbetrieblichen Konsequenzen am Beispiel des Nationalparks „Unteres Odertal“. In: Agrarwirtschaft Sonderheft 163, Bergen/Dumme.
- Kächele, H./ Zander, P. (1999): Der Einsatz des Entscheidungshilfesystems MODAM zur Reduzierung von Konflikten zwischen Naturschutz und Landwirtschaft am Beispiel des Nationalparks „Unteres Odertal“. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e. V., Bd. 35, S. 191-198, Münster-Hiltrup.
- Kuhlmann, F./ Möller, D./ Weinmann, B. (2002): Modellierung der Landnutzung – Regionshöfe oder Rasterlandschaft? In: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 80, S. 361-392, Münster-Hiltrup.
- Odening, M./ Balmann, A. (1997): Probleme einer Politikoptimierung – Konsequenzen für die Konstruktion von Agrarsektormodellen. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e. V., Bd. 33, S. 371-383, Münster-Hiltrup.
- Reodenbeck, I. A. E. (2004): Bewertungskonzepte für eine nachhaltige und umweltverträgliche Landwirtschaft – Fünf Verfahren im Vergleich. In: BIOGUM-Forschungsberichte FG Landwirtschaft Nr. 8, Hamburg.
- Röder, N. (2007): Entwicklung und Anwendung eines agentenbasierten Landnutzungsmodells unter besonderer Berücksichtigung der BetriebsleiterEinstellung. Dissertation, München.
- Scharnweber, H. (2005): Lieferantenbewertung in kleinen und mittleren Unternehmen. Tönning u. a.
- Weingarten, P. (1995): Das „Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland“ (RAUMIS). In: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 73, S. 272-302, Münster-Hiltrup.
- Weinmann, B. (2002): Mathematische Konzeption und Implementierung eines Modells zur Simulation regionaler Landnutzungsprogramme. In: Agrarwirtschaft Sonderheft
- Weinmann, B./ Schroers, J. O./ Scheridan, P. (2006): Simulating the effects of decoupled transfer payments using the land use model ProLand. In: Agrarwirtschaft, Jg. 55, H. 5/6, 248-256.
- Weinschenk, G./ Henrichsmeyer, W. (1966): Zur Theorie und Ermittlung des räumlichen Gleichgewicht der landwirtschaftlichen Produktion. In: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 44, S. 201-242, Hamburg und Berlin.
- Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik (beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik.
- Zander, P. M. (2003): Agricultural Land Use and Conservation Options. Wageningen.

Diskussion



BERG, BONN

Was sind die Standorteinflüsse und was sind auch die räumlichen Allokationswirkungen, die von unterschiedlichen Förderinstrumenten ausgehen. Ich teile Ihre Analyse, nicht indessen Ihre Schlussfolgerung. Die Analyse gipfelt darin, dass Sie in dem einem Dia gezeigt haben, offensichtlich führt die Förderpolitik zu gewissen Fehlsteuerungen. Wissen wir das nicht längst? Haben wir das nicht vorher gewusst? Worin unterscheidet sich eigentlich das EEG mit seiner Preisgarantie von 3 1/2 Jahrzehnten verfehlter EU-Agrarpolitik, die auch immer auf Preisgarantien basierte. Letztlich waren es die Preisgarantien für Milch bzw. Milchprodukte, die uns dann in die Quotenregelung geführt haben und damit auch all die Folgen und Probleme gezeigt haben, die wir jetzt haben, aus diesem Instrument wieder rauszukommen. Und nun tun wir mit einem Energieeinspeisungsgesetz genau dasselbe und wundern uns hinterher, wieso es zu Fehlallokationen kommt. Als hätten wir das nicht vorher gewusst. Was dann die Folge ist, dass Sie sagen, jetzt brauchen wir mehr Steuerung. Nämlich jetzt müssen wir Standortanalysen machen. Die muss eigentlich jeder machen, der mal plant, eine wirtschaftliche Aktivität räumlich anzusiedeln. Aber jetzt wollen wir das von oben herab machen und dann die Bürokratie eskalieren lassen. Auch das unterscheidet sich dann durch nichts in dem, was wir im Zuge von Jahrzehnten EU-Agrarpolitik erlebt haben. Von daher teile ich nicht Ihre Schlussfolgerung und sage nein. Die ganze Richtung ist völlig falsch angelegt.

Natürlich wollen wir alternative Energiequellen. Wir brauchen natürlich Alternativen und wir brauchen Innovation und es macht eine Menge Sinn, öffentliche Mittel einzusetzen, um Anreizsysteme zu schaffen, um Anreiz zu geben, Innovation zu entwickeln. Wir wissen beide auch, dass das einzige sichere Förderinstrument an dieser Stelle Investitionsförderung heißt. Das ist das Einzige, was sich flexibel gestalten lässt, um die Innovation zu fördern. Ansonsten darf ich das, den Kräften des Marktes und den kreativen Fähigkeiten der Akteure überlassen, was sich dabei herausstellt. Konkurrenzen zwischen der Verwendung hat es ja auch immer gegeben. Das was wir jetzt haben in der Verwendungskonkurrenz eines Substrates für Nahrungsmittelerzeugung oder Energieproduktion hatten wir vorher auch, indem wir den Weizen entweder für die Tierfütterung einsetzen konnten oder für Backwaren. Es hat immer diese Richtungen gegeben, wenn die Zahlungsbereitschaften bei den Nachfragern so war, dass wir vermehrt Weizen produziert haben oder vermehrt A-Weizen oder umgekehrt und es gab Standorteignungen für das eine und für das andere. Ich glaube, das ist gar nicht das entscheidende Problem. Das können wir den Kräften des Marktes überlassen, denn die werden die Zahlungsbereitschaften generieren an der einen oder anderen Stelle. Was das eigentliche Problem ist, dass in diesem Energiebereich so schlimm wie in keinem anderen die Förderinstrumente, die die Politik setzt, genau diese Marktkräfte unterminiert und Verzerrungen hervorbringt, die dann zu Allokationen führen,

die nie so stattgefunden hätten, wenn es diese Förderpolitik nicht gegeben hätte und an allen möglichen andere Stellen – Stichwort Umwelt – zu Problemen führt. Von daher sollte aus der Sicht der Ökonomie die einzige logische Konsequenz sein, den Politikern immer wieder vorzuanalysieren, vorzulegen, ob die Erfahrungen der Vergangenheit sagen, ihr seid völlig auf dem Holzweg. Es geht nicht darum, da noch die zweitbeste Lösung zu generieren und vorzuschlagen, sondern man muss auch dagegenstellen und sagen, das ist völlig falsch.

ANTWORT

Vielen Dank für Ihre Anmerkungen. Ich teile ihre Ansicht fast uneingeschränkt. In meinen Ausführungen ging es nicht darum, was ist ein Ziel und was ist politisch gegeben. Auch wenn ich das selbst nicht billige, versuche ich, aus dieser Situation das Bestmögliche zu machen. Und das ist letztlich mein Ausgangspunkt.

Nach dem Motto, ich verziehe mich jetzt nicht in die Ecke und bin beleidigt, weil man nicht das macht, was ich eigentlich für gerechtfertigt empfinde, sondern ich stelle mich der neuen Situation und versuche, daraus das Bestmögliche zu machen. Und wir haben in der Agenda Klimaschutz und Versorgungssicherheit stehen. Und die Politik will offenbar immer noch das mit allen oder fast allen Mitteln durchsetzen. Ich bin ganz Ihrer Meinung, das erneuerbare Energiegesetz hat hier zu massiven Fehlallokationen geführt, mit den Problemen, die wir gesehen haben, so dass ich der Meinung bin, man muss jetzt über ein neu zu novillierendes EEG nachdenken, aber nicht nur darüber wie kann ich vielleicht die Einspeisevergütung neu justieren, sondern überhaupt könnte die gesamte Einspeisevergütung in Frage gestellt werden. Vielleicht auch mal die Frage verstärkt aufgreifen, mit allen Für und Wider, die damit verbunden sind. Sollte ich nicht versuchen, das Ganze vielleicht über Ausschreibungsverfahren zu regeln, wenn ich weiß, ich will eine bestimmte Menge haben, stehe ich vor Versorgungssicherheit, aber der Markt soll es regeln, zu welchem Preis es zustande kommt. Wenn ich eine

Ausschreibung mache, dann brauche ich ein manifestes Vorbild, sonst kann ich keine Ausschreibung machen. Ich brauche Informationen über das Produkt. Ich muss es in jeder Beziehung charakterisieren können. Das ist im Übrigen genau das gleiche Problem, wie bei der Investitionsunterstützung. Dann muss ich auch die Technik verstehen. Wir haben uns gestern unterhalten, wie soll ich die Wissenschaft fördern? Wenn z. B. ein Wissenschaftler sagt, um einen Punkt der hiesigen Tagung aufzugreifen, ich entwickle eine Technik zum Methanschutz, der bei der Einspeisung zu 100 % vermeidet, das klingt toll und ist ein schönes Ziel. Und ich fördere diese Technik, ich weiß aber nicht, was am Ende rauskommt. BTL-Produktion ist genau das gleiche. Auch die Investitionsunterstützung ist problembehaftet. Ich brauche mehr Informationen, um das beurteilen zu können. Beim Ausschreibungsverfahren ist das gleichermaßen so. Und das, was ich hier mache ist letztlich, ein Kriterium zu liefern, um überhaupt Ausschreibungen ins Kalkül zu ziehen, damit ich die Ausschreibungsbedingungen auch tatsächlich definieren kann. Habe ich das nicht, brauche ich mit diesem Instrument gar nicht erst anzufangen. Und ich kann damit die Biogasproduktion in die Räume hineinsteuern, die aus politischer, gesellschaftlicher und vielleicht auch wirtschaftlicher Sicht eben noch gerade akzeptabel sind. Es ist demnach in Deutschland eher problematisch, da der Kuchen schon ziemlich weit aufgeteilt ist und wenn die Anlage einmal steht, dann steht sie. Auch wenn zwischendurch jemand Insolvenz anmeldet, dann würde es jemand anders geben, der die Steinwände aufgebaut hat und der ein Verständnis für Substratmärkte hat. Der übernimmt nicht einfach die Anlage und bleibt da stehen, der produziert, solange zumindest der Investor meint, günstig produzieren zu können. Verstehen Sie bitte vor diesem Hintergrund meine Motivation.

JUNGE, KIEL

Ich habe eine Frage und eine Anmerkung. Die Frage ist, wie modellieren Sie eigentlich die Zukunft in diesen Modellen? Denn es können ja durchaus durch

andere politische oder wie auch immer motivierte marktbedingte Änderungen in den Vorzüglichkeiten zu drastischen Änderungen im Anbauprofil kommen. Hier ein Beispiel. Ich bin ihr Nachbarbetrieb. Sie haben eine Biogasanlage und sage, ich habe keine Lust mehr, zu pflügen. Ich stell zwar noch 200 Hektar als Umtriebsweide hin. Das muss ich mir im Moment noch nicht genehmigen lassen. Kann ich tun und Ihnen fehlen 200 Hektar in Ihrer räumlichen Analyse in direkter Nähe. Das würde in Ihrem Modell sicherlich Auswirkungen haben in der Standortanalyse und in der Standortvorzüglichkeit. Dies könnten in den neuen Bundesländern auch 500 oder 1.000 Hektar sein, die Ihnen plötzlich fehlen. Außerdem könnten es auch andere Dinge sein, die dort im Umfeld passieren. Das heißt. Ich kann noch nicht einmal den Weizenpreis für die nächsten fünf Wochen voraussagen. Wie Sie die Flächennutzung dann modellieren, das ist Ihr Problem in der Zukunft. Haben Sie da einen Ansatz, das überhaupt ins Kalkül zu ziehen? Die Anmerkung. Was erwarten Sie in Deutschland, wenn dieses, was Sie gemacht haben, als Förderpolitik oder vielleicht sogar als Genehmigungspraxis umgesetzt würde? Was erwarten Sie da für ein Genehmigungswerk und was würde das bedeuten für die Länge der Genehmigungsverfahren?

ANTWORT

Was die Modellierung der Zukunft anbetrifft. Ich habe überhaupt nicht den Anspruch, die Zukunft zu modellieren. Ich mache eine rein statische Analyse, im Zweifelsfall noch komparativ statisch, indem ich sage, das ist jetzt Statusquo und ich mache das im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse. Was verändert sich, wenn sich der Weizenpreis um 20 % verändert. Wie verändert sich die Vorzüglichkeit im Weizenbau. Ich kann und will die Zukunft nicht abbilden, sondern ich muss vom jetzigen Statusquo ausgehen und deswegen auch mein Plädoyer für die zweistufige Vorgehensweise, überhaupt erst einmal potentielle Räume zu identifizieren und dann direkt in diesen Raum hineingehen und mit den Stakeholdern absprechen,

von der Genehmigung bis zur Bevölkerung, inwieweit funktioniert das überhaupt. Dazu gehört natürlich auch das Gespräch, falls ich ein externer Investor der Energieversorgung sein sollte, mit Substratlieferanten. Wenn ich vernünftig herangehe, dann muss ich ein faires Modell finden, was den Substratlieferanten ausreichend Flexibilität lässt, aber auch mir Handlungsspielraum gibt. Dabei muss ich, soweit ich das irgendwie kann, ausschließen, dass direkt in der Nachbarschaft die 100-Hektar-Kurzumtriebsanlage angebaut wird. Ob Ihnen das gelingt, sei dahin gestellt. Ich denke Graf zu Eltz ist ein gutes Beispiel dafür, wie man sinnvolle Substratpolitik betreiben kann. Man kann nicht gegen sein Umfeld arbeiten, man muss es immer mit dem Umfeld machen und alle müssen letztlich daran partizipieren können. Wenn Ihnen das gelingt und ich habe dafür gute Beispiele in der Praxis kennengelernt, dann brauchen Sie keine Angst vor Kurzumtriebsanlagen zu haben. Was die Genehmigungspraxis anbetrifft, so bin ich ganz Ihrer Meinung und ich traue mich mal zu sagen, wir wollen keine dicken Genehmigungsverfahren. Wenn ich jetzt vom Tendersverfahren spreche, also von Ausschreibungspolitik, dann bedeutet das, dass ich tatsächlich Ausschreibungskonvolute habe. Da stehen relativ konstruktive Bedingungen drin, wann was wie zu passieren hat in der Produktion und natürlich in welchem Umfang. Was eine Schwierigkeit bedeutet für den Kleininvestor, weil erhebliche Transaktionskosten bei diesen Verfahren entstehen und ich muss entscheiden, was ist mir lieber. Ist es die Einspeisevergütung mit ihren Vor- und Nachteilen oder ist es das Tendersverfahren mit seinen Vor- und Nachteilen. Ich möchte letztlich kein Ergebnis erzielen, sondern die Diskussion erst einmal einfach so ergänzen, weil ich nicht den Eindruck habe, dass das überhaupt der Falle ist. Ich will auch keine Konvolute. Am besten eine Seite, wo alles drauf steht, „Bierdeckel“.

BREUSTEDT, KIEL

Ich habe drei Anmerkungen. Zur dynamischen Komponente des Modells. Natürlich hast Du den

Anspruch, dass es zukunftsgerichtet ist, denn die Entscheidung ist ja zukunftsgerichtet. Wenn diese ganzen Umweltüberlegungen, muss man sich ja überlegen, wie soll das über die gesamte Laufzeit der Anlage sein. Wenn es eine gute Entscheidung sein soll, muss sie zumindest den Anspruch haben, dass der Statusquo mit den Daten hineingeht, eine gute Prognose für die Zukunft liefert. Der Anspruch ist vermutlich schon da. Zu dem Scoringmodell. Die Gewichte, die man einzelnen Variablen beimisst, impliziert eine bestimmte Zielfunktion. Nun sind da aber zwei ganz unterschiedliche Variablen drin. Einmal unternehmerische und einmal mehr oder weniger gesellschaftliche/politische. Die würde ich nicht zusammenmischen wollen. Da würde ich eher vorschlagen, das in zwei getrennten Modellen zu machen, um dann einmal zu sagen, gut, in den politischen, in den Umweltmodellen. Daraus leiten wir nachher vielleicht so etwas wie Vorranggebiete ab. Aber die Investitionsentscheidung würde ich völlig isoliert den unternehmerischen Variablen überlassen und da die Umweltvariablen gar nicht erst rein bringen, sondern nachher über den Genehmigungsprozess dem Unternehmen nur erlauben, in bestimmten umweltvernünftigen Regionen eine Investition vorzunehmen. Politik in ein Modell packen. Das Dritte. Vielleicht sollte man das Rasenmäherprinzip im EEG aufgeben, das regionale Rasenmäherprinzip. Ich möchte dazu einen Aspekt anbringen. Vermutlich wird es die Mitnahmeeffekte reduzieren. Aber es wird automatisch dazu führen, dass die anderen Aspekte, vor allen Dingen die Wahl des besten Standortes verschlechtern wird.

Wenn ich den Unternehmer einschränke in seiner Standortwahl wird er nicht mehr automatisch den besten Standort finden, d. h., wenn ich nur als Kriterium nehme: Produktionskosten Weizen, Produktionskosten Silomais, verschlechtert eine regional unterschiedliche Förderung diese Standortentscheidung.

ANTWORT

Was die Zukunft anbetrifft, so war das explizit eine Antwort auf die Frage, ob ich die Weizenpreise vor-

hersehen kann. Diesen Anspruch stelle ich nicht. Bei den anderen Punkten muss ich bei einer Investitionsentscheidung, die 20 Jahre oder weiter reicht, diesen Punkt integrieren. Alles andere würde unangemessen sein. Was die zwei Modelle anbetrifft, Politik und Wirtschaft, so haben wir auch darüber nachgedacht und dies auch durchaus ins Kalkül gezogen, indem wir, das, was wir hier letztlich sehen. Dies haben wir versucht in das wirtschaftliche Modell hineinzubringen. Man muss sich das dann so vorstellen, dass wir dieses hier herauslösen und es steht dann eine andere Tabelle daneben, wo die einzelnen Punkte Wasserschutz, Umweltschutz u.s.w. drin sind, da steht dann, für die einzelne Gemeinde grün, gelb oder rot. Dann haben wir zumindest die Erleichterung, dass wir nur in drei Stufen skallieren müssen und die Betrachter des Modells, die sich selbst entscheiden müssen, wie wollen sie diese politischen und gesellschaftlichen Punkte für sich werten. Das Modell lässt eine große Bandbreite zu. Es hat ein hohes Maß an Flexibilität. Einerseits Schwächen, aber gleichzeitig auch wieder Stärke. Besondere Stärke für die, die sich für eine Standortanalyse letztlich interessieren. Was Einspeisevergütung anbetrifft und das Rasenmäherprinzip. Das ist schwieriger, den wirklich optimalen Standort zu finden, aber auch hier hängt es von den Ausschreibungsbedingungen ab. Denn die Ausschreibungsbedingungen sollten sich nicht zwangsläufig auf eine Gemeinde fixieren, sondern die kann auch, je nach dem, was die Rahmenbedingungen zulassen, um dem Landkreis und den Investoren dann immer noch ausreichend Spielraum zu geben. Die Ausschreibungsbedingungen müssen so gut sein, dass ich die Hoffnung haben kann, immer noch den bestmöglichen Standort zu finden.

KALM, KIEL

Diese einzelnen Punkte, die Sie aufgeführt haben, sind die eigentlich unabhängig voneinander oder bestehen zwischen diesen Korrelationen, wie dies u.a. in der Tierzucht gefunden wurde? Wir entwickeln auch ähnliche Indices, achten aber darauf, ob und welche

Korrelationen zwischen den einzelnen Gruppen/Merkmalen bestehen, die positiv oder negativ sein können.

ANTWORT

Ein wichtiger Punkt und der ist auch nicht ganz unproblematisch, man muss versuchen, diese Bereiche so scharf getrennt wie möglich voneinander zu machen und sie sollten so wenig wie möglich miteinander korreliert sein. Wenn sie miteinander korreliert sind, dann muss man auch wissen, wie sie korreliert sind. Wenn sie hier z. B. Verfügbarkeit von Wirtschaftsdüngern und Abfallstoffen sehen, dann wissen wir, das scheint hier durchaus eine Korrelation zu sein. Da muss man aber die Art der Korrelation wissen, man sollte für den Raum das speziell identifizieren. Bei Gärrestentsorgung und Verfügbarkeit von Wirtschaftsdüngern können wir mit Sicherheit davon ausgehen, dass dies negativ korreliert sein wird. Wenn wir nur eine leichte Gewichtung haben, hier exemplarisch ist das nicht der Fall, dann habe ich noch geringstmögliche Probleme. Dann habe ich keine großen Verzerrungen in der Aussagekraft. Sie haben Recht. Das ist ein systemimmanentes Problem. Man sollte versuchen, es mathematisch zu lösen.

KIRCHMAYR, WIEN

Wir haben in den letzten Tagen dieser sehr interessanten Veranstaltung sehr viel darüber diskutiert und gesprochen, dass die Bioenergieproduktion die Lebensmittelproduktion zu verdrängen scheint. Ich möchte hier gern noch einen weiteren Aspekt der Biogastechnologie zur Diskussion bringen. Wenn man sich die Flächen in den alpinen und prealpinen Bereichen in Österreich ansieht und die Tierbesatzdichte in diesen Gebieten zusammenzählt, dann kann man jetzt schon klar konstatieren, dass etwa 10 bis 15 % der Flächen in diesen Bereichen nicht mehr durch Tiere gedeckt sind, d. h. die produzierte Biomasse auf diesen Flächen erst einmal übrig bleibt. Wenn man weiterhin in diese Gebiete auf Urlaub fahren möchte, dann muss man sich ganz klar überlegen, ob Biogastechnologie nicht auch ein Instrument der

Regionalförderung darstellt, um auch diese Flächen, bzw. auch diese Massen weiter zu verarbeiten.

ANTWORT

Wir haben uns auch die österreichische Landnutzung angeschaut. Vom Grundsatz her kann man etwas Ähnliches auch auf Österreich übertragen. Aber eines der Hauptprobleme, mit denen wir uns konfrontiert sahen, war erstens der Naturalertrag für Grünland. Es gibt eine sehr gute Analyse diesbezüglich, aber dennoch bereitet es uns Schwierigkeiten, bei einem derartigen Faktor, den wir auch nur halbwegs erfassen können, eine vernünftige Analyse aufzubereiten. Denn wir sehen das genauso wie Sie, das Grünland ist und kann eine sehr bedeutende Quelle der Biomasse und daraus resultierend auch Bioenergieproduktion sein. Daran muss man schlicht und ergreifend noch ein bisschen mehr arbeiten. Ein weiteres Problem ist der Punkt der Logistikkosten der Beschaffung. Das ist einmal ökologiebedingt und zum anderen auch transportentfernungsbedingt, was nicht ausschließt, dass da ein großes Potential sein könnte. Aber ich denke und das wissen Sie auch, es gibt mittlerweile viele Institutionen in Österreich, die sich dieser Fragestellung angenommen haben.

HERRMANN, BERLIN

Ich möchte in dieser Diskussionsrunde einmal einen anderen Aspekt einbringen. Es ist ja letztendlich auch das EEG geschaffen worden, um energiepolitisch zu steuern und das ist ja der erste Ansatz gewesen. Und das ist ja das, warum das Rasenmäherprinzip in diesen Verfahren am Anfang eingesetzt worden ist. Ich kann mich noch gut daran erinnern, jeder durfte eine Windmühle bauen, wo er wollte. Mittlerweile haben wir in der Novelle 2004 die Referenzverträge hineinbekommen. Es war eine Richtlinie. Es muss zumindest neutral sein. Das ist der Punkt, der jetzt hier wieder greift. Man muss also überlegen, ob man eine Standortkonkurrenz zu Nahrungsmitteln in die Bewertung des EEG jetzt hineinbringt, das wäre zu überlegen. Aber das Wichtigste, was an erster Stelle steht, ist die Erreichung der Energiemengen, die die

deutsche Volkswirtschaft braucht. Wir wollen mehrere 1.000 MW Kernenergie ablösen möglichst mit erneuerbaren Energien. Das ist das politische Ziel, dass das technisch nicht funktioniert, weiß wohl jeder selbst. Fast jeder Ingenieur kann sich das ausrechnen, dass das nicht funktioniert. Aber man will bestimmte Mengen regenerativer Energien in diesen Markt hinein bringen. Die Öffnung einer Welle für den freien Energiemarkt 2009, die jetzt kommt, ist der erste Schritt dahin. Wir haben jetzt Marktpreise im Energiemarkt, die jenseits von Gut und Böse sind, bis € 1.000 pro MW d. h., jede regenerative Energie wird marktfähig. Es gibt genug Marktteilnehmer, die versuchen, regenerative Anlagen unter ihre Fittiche zu bekommen, um sie marktfähig zu machen. Sie fahren durch die Lande von einer Biomasseanlage zur anderen und bringen damit natürlich auch den Preisdruck, eine sichere Förderung, die soll diesen Bereich anschieben und zukünftige Marktpreise, wenn wir in Zukunft Energiepreise um € 200 haben pro MWh, dann ist Biomasse marktfähig und kann natürlich auch größere Einzugsgebiete bewirtschaften. Große Anlagen wie Benkun rechnen sich an der Stelle dann auch mit entsprechenden Einzugsgebieten.

Das ist ein Punkt, den sollte man bei der Standortwahl nicht außer Acht lassen. Auch ein Problem der Standortwahl größerer Anlagen wird die Nutzbarkeit der Energie vor Ort sein. Die elektrischen Nutzer oder die Gasnutzer müssen entsprechend vor Ort auch mit den Netzen ausgebaut sein oder ein Netz muss vorhanden sein. Sonst kommen wir auch wieder an den Punkt, volkswirtschaftlichen Unsinn zu treiben. Ich baue eine Biomasseanlage irgendwo in die Landschaft, weil es vielleicht landwirtschaftlich günstig ist, kann aber diese Energie, die ich produziere nicht abführen, weil dort erst einmal ein Netz gebaut werden muss. Es müssen Versorgungseinrichtungen gebaut werden, um diese Energie entsprechend abzuführen. Das ist ein Argument, das sollte man bei der Standortwahl auf lange Sicht auch mit einbeziehen, um volkswirtschaftlich sinnvolle Effekte zu bekommen.

ANTWORT

Um den letzten Punkt als erstes aufzugreifen. Wenn wir eine Modellierung machen, dann gilt grundsätzliches, diese ist erst einmal offen. Das ist nicht abschließend gemeint. Sie können den Aspekt versuchen zu integrieren, von dem Sie meinen er wirkt ergänzend und ist wenig korreliert mit den bereits zuvor genannten Punkten. Was den Vergleich Windkraft anbetrifft und Biomasseproduktion und ob und wie weit eine Einspeisevergütung analog umsetz-, einsetz- und implementierbar ist, dann kann man folgendes sagen. Bei Windkraft und Einspeisevergütung habe ich das Problem, dass ich in Konkurrenz zur Tierproduktion trete. Wir haben also eine neue Komponente, die wir hier einführen. Wir sollten bei der Einspeisevergütung auch eher nachdenken, dass wir natürlich auch gerade bei der Biogasproduktion Vorteile haben, dass wir in einem hohen Maße viele Biogasanlagen haben, die den technischen Fortschritt möglicherweise beschleunigen, denn Probleme bei den Biogasanlagen wie Substratknappheit führen letztlich dazu, dass besonders die Technik forciert wird, die effizient sein kann. Das mag die Nachteile bei weitem nicht aufwiegen, aber man muss beides mal gegenüberstellen. Ich bin ganz fasziniert davon, wie innovativ Biogasproduzenten vor Ort sind und wie sie langsam mit dem System wachsen und Substrate auswechseln und die Technik verbessern. Das ist ein nicht unerhebliches Potential, was dabei entsteht und ich glaube, wir sind an dieser Stelle schon sehr viele Schritte weiter gekommen. Die Biogasproduktion ist heute sehr viel effizienter als vor 10 Jahren. Das ist immer zu berücksichtigen, wenn ich Vor- und Nachteile gegeneinander abwäge.

ISERMEYER, BRAUNSCHWEIG

Mir ist noch nicht klar geworden, auf welcher Ebene unserer Gesellschaft mit diesem Modell nach Ihrer Einschätzung gearbeitet werden sollte. Soweit ich die Arbeitsteilung in der Gesellschaft bisher verstehe, ist es so, dass die Energiepolitik, auch die Technologiepolitik, auf der Ebene des Bundes vor Ort ist und es kam in der letzten Wortmeldung auch schon heraus, der Bund möchte gern aus energie- und klimapoliti-

schen und auch technologiepolitischen Gründen regenerative Energien fördern. Herr Berg hat dazu gesagt, das könnte man besser über Ausschreibungen bzw. Investitionsförderung machen. Dem neige ich auch zu. Aber ich kann auch verstehen, dass der Bund gesagt hat, gut, wir machen es über das EEG. Das heißt also, nicht die Investition wird gefördert, sondern die Dauerproduktion mit allen Problemen. Wenn wir das jetzt mal gar nicht werten, sondern einfach stehen lassen, dann hat der Bund damit eigentlich seine Schuldigkeit getan. Und dann ist es eine gute Praxis, dass dann erst einmal alle Unternehmen der Republik mit diesem Signal versorgt werden und dass die ganze Frage der Nutzungskonkurrenz letztlich auf der Ebene der Unternehmen entschieden wird. Das ist nun mal das Risiko, was ein Unternehmer hat, sowohl in der Milch-, in der Schweine- und in der Getreideproduktion oder auch in der Biogasproduktion. Er muss mit dem regionalen Wettbewerb umgehen und ich weiß nicht, ob es klug ist, da im Sinne ihrer Scoringpunkte zwischen zu funken. Nun zeigt natürlich auch die Erfahrung, dass, wenn verschiedene Unternehmer dann gleich gerichtet auf Biogas und Milch gehen, dass es zu lokalen Nährstoffproblemen führt, vielleicht auch Landschaftsproblemen.

Deswegen haben wir Genehmigungsbehörden. Die Genehmigungsbehörden müssten aber nach meinem Verständnis wirklich auf der Landes- und der Vor-Ort-Ebene ansetzen und sollten sich nur auf ihren Teil konzentrieren, nämlich auf die Frage, Landschaftsbild, Nährstoffgeschichten u.s.w. Ich habe ein wenig die Befürchtung, dass so ein allumfassendes Scoringmodell letztlich die Interessen des Bundes, also Klimatechnologiepolitik u.s.w., und die Aufgaben der Unternehmer und die Aufgaben der Genehmigungsbehörden in einen Brei rührt und da weiß ich nicht ganz, ob es wirklich nach vorne führt.

ANTWORT

Das ist auch nicht meine allererste Intention und ich versuche auch kein weltexternes Modell zu schaffen. Was für mich eher in Frage kommt im Sinne

einer Genehmigungspraxis ist eher so was. Das ist nicht direkt das Scoringmodell, sondern, dass sich die Genehmigungsbehörden anschauen, wie sieht das in unserem Raum aus. Wie viel kWh sind pro Hektar etabliert. Das wäre ein Ausgangspunkt für eine Genehmigungspraxis, aber vielleicht auch noch unter Berücksichtigung vieler anderer Kriterien. Für mich ist bei dem Scoringmodell wichtig, eher über den Förderaspekt nachzudenken auf der einen Seite, wenn ich über das Tenderverfahren nachdenke oder aus der Blickrichtung von Energieversorgern schaue, damit Sie nicht so eine Grätsche machen wie wir es jetzt in der Praxis erleben, dass, wenn Sie an Recklinghausen vorbeifahren, drei große Silohaufen sehen können soweit der Horizont reicht. Daneben ist eine Baustelle, die ausgehoben ist, aber schon seit einem Jahr ungefähr brach liegt. Der Energieversorger hat erkannt, Brachflächenfehlerscheidung an diesem Ort zu haben, hat aber leider die Substratbeschaffung für fünf Jahre kontraktiert und so kommt jetzt noch ein vierter und fünfter Haufen dazwischen, ohne dass da eine weitere Biogasanlage entsteht. Das halte ich für sehr fragwürdig und das hätte sich der Energieversorger fragen können, wenn er angemessener an die Sache herangegangen wäre.

WAGNER, HALLE

Abgesehen davon, dass ich nicht verstanden habe, warum ein Landwirt ausgerechnet die lukrativste Frucht aus der Fruchtfolge verdrängen sollte, nämlich Winterweizen. Wenn man über die Silomaisproduktion nachdenkt, könnte ich auch nur noch unterstreichen, was Herr Berg gesagt hat, vor so einem bürokratischen Moloch zu warnen. Was spricht denn ihrer Meinung nach dagegen, einfach zu sagen, in die EEG reinzuschreiben, 30 bis 40 % Gülle sind Voraussetzung dafür, dass ich eine Biogasanlage genehmige. Und dann haben wir auch gleichzeitig diese Nahrungskonkurrenz ausgeschaltet. Dann kann nämlich keiner mehr seine Kühe abschaffen, um eine Biogasanlage zu bauen. Das wäre doch alles viel einfacher. Was spricht Ihrer Meinung nach dagegen?

ANTWORT

Dagegen spricht z. B. eine höchst übliche Verwendungsflexibilität zu haben und vielleicht auch die Biogaseinspeisung zuzulassen, nämlich eine Biogasanlage zu haben, die güllebasiert fährt. Da müsste ich über Viehbestände im vierstelligen Bereich nachdenken, die haben wir halt nicht sehr häufig. Ich denke, es ist

auch viel mehr, die anderen Reststoffe ins Kalkül zu ziehen und dort, wo es möglich ist Zwischenfrüchte anzubauen etc., dass man mit dem Ziel der geringst möglichen Verdrängung von food-relevanten Hauptfrüchten möglichst nahe kommt. Das kann einer der Motivationspunkte sein.

Bioenergieproduktion und Ernährungssicherung



1 Einleitung: Problemfeld und Ziele

In den späten 1970er Jahren begann in Brasilien die kommerzielle Erzeugung von Bioethanol, in den USA etwa zehn Jahre später. Ziel war es, die Abhängigkeit von den Erdölimporten für die Kraftstoffproduktion zu verringern. Während in Brasilien Zuckerrohr das Ausgangsmaterial für die Bioethanolherstellung war und ist, verarbeiten die US-amerikanischen Raffinerien vor allem Mais. In Europa begann die Produktion von Biokraftstoffen deutlich später, hier erfolgte zunächst eine Konzentration auf die Erzeugung von Biodiesel. Die Nachfrage nach Dieselmotoren stieg in Europa wegen der größeren Zahl an Kraftfahrzeugen, die mit Dieselmotoren betrieben wurden, sehr schnell an. Dazu kamen steuerliche Vorteile und beträchtliche Subventionen. Zu einer Sonderentwicklung kam es in Europa, hier vor allem in Deutschland, im Bereich der Stromerzeugung aus Biogas.

Die schnelle Ausweitung der Bioenergieproduktion wurde zum einen ausgelöst durch den so genannten Stern-Report (Stern 2007): *The Economics of Climate Change*, der die ökonomischen Folgen der globalen Erwärmung behandelte, zum anderen durch die Szenarien des *Intergovernmental Panel of Climate Change* (2007), die im Jahr 2007 in Paris und Bangkok vorgelegt wurden. Geradezu hektische Reaktionen in den Medien und auch bei politischen Entscheidungsträgern waren die Folge. Hier ist an das G8-Treffen in Heiligendamm und den Klimagipfel in Bali zu erinnern. Bemerkenswert ist, dass insbesondere auch seitens der Politik fast ausschließlich die positiven

Wirkungen der Bioenergieproduktion im Hinblick auf den drohenden Klimawandel herausgestellt werden, mögliche Auswirkungen auf die Erzeugung von Futter- und Nahrungsmitteln demgegenüber gar nicht oder nur randlich erwähnt werden.

Ziele dieses Beitrages sind es:

- Die Ursachen für den gegenwärtig zu beobachtenden Boom in der Erzeugung von Bioenergie zu skizzieren,
- die globalen Strukturen der Bioenergieproduktion nachzuzeichnen, wobei insbesondere auf die Situation in den USA und der EU eingegangen werden soll, und den damit verbundenen Flächenbedarf zu bestimmen,
- die gegenwärtige Situation in Deutschland zu analysieren und kritisch zu hinterfragen, ob die in jüngster Zeit von der Politik vorgelegten Zielvorstellungen überhaupt realisierbar sind,
- die positiven und negativen Wirkungen der sich abzeichnenden Ausweitung der Bioenergieproduktion gegenüberzustellen und mögliche Auswirkungen auf die Ernährungswirtschaft aufzuzeigen.

2 Ursachen für den gegenwärtigen Boom in der Bioenergieproduktion

Die seit einigen Jahren zu beobachtende Ausweitung der Erzeugung von Bioenergie lässt sich auf vier steuernde Faktoren zurückführen. Erst ihr Zusammenspiel erklärt die hohen Steigerungsraten und das Ausblenden möglicher Negativwirkungen.

- *Politisch-strategischer Aspekt:* Durch die Steigerung der Erzeugung von Biokraftstoffen soll insbesondere die Abhängigkeit der Industriestaaten von Öl- und Gasimporten verringert werden. Dieser Aspekt ist von entscheidender Bedeutung in den USA und hat zum *Renewable Fuels Standard (2005)* bzw. dem *Energy Independence and Security Act (2007)* geführt.
- *Ökologischer Aspekt:* Die Ausweitung der Bioenergieproduktion kann zum Klimaschutz beitragen und das Risiko der globalen Erwärmung verringern. Dieser Aspekt wird vor allem in Europa betont und hat seinen Niederschlag in den Klimaschutzplänen der EU-Kommission vom Januar 2008 gefunden.
- *Ökonomischer Aspekt:* Die Erzeugung von Bioenergie-Pflanzen eröffnet den Landwirten neue Einkommensquellen. Berufständische Organisationen sowohl in den USA als auch in Europa weisen darauf hin, dass der Landwirt als Energiewirt eine neue wirtschaftliche Basis erhält.
- *Psychologischer Aspekt:* Der Landwirt hat als Erzeuger von nachwachsenden Rohstoffen eine veränderte gesellschaftliche Wertschätzung erfahren. Er wird nicht mehr als Umweltverschmutzer oder Massentierhalter diskriminiert, sondern stärker in seiner Rolle als Erzeuger nachwachsender Rohstoffe und Klimaschützer gesehen.

Die genannten Aspekte wurden z. B. in einem Beschluss des schleswig-holsteinischen Landtages vom 12. 11. 2004 aufgegriffen. Dort heißt es (Drucksache 15/3743):

Die Bioenergie in all ihren Facetten leistet einen Beitrag zu einer umwelt-, agrar- und energiepolitisch sinnvollen Alternative zu der konventionellen, auf begrenzten fossilen Energieträgern beruhenden Energiewirtschaft. Ihre verstärkte Nutzung ebnet uns den Weg, um zunehmend unabhängiger von Atomstrom und von Mineralöl zu werden. Sie ermöglicht eine Diversifikation der landwirtschaftlichen Produktion. Engagierte Land- und Forstwirte können sich als Energiewirte in einem zukunfts- und wachstumsträchtigen Markt ein zweites, wirtschaftlich starkes Standbein schaffen.

Es ist offensichtlich, dass eine solche Feststellung mögliche Auswirkungen auf andere Zweige der agrarischen Produktion, insbesondere die Veredelungswirtschaft, gar nicht im Blickfeld hat. In der folgenden Analyse wird deshalb der Frage nachzugehen sein, welche ökonomischen Konsequenzen aus der gegenwärtig zu beobachtenden schnellen Ausweitung der Bioenergieproduktion resultieren.

3 Strukturen der globalen Bioenergieerzeugung

Bei der Erzeugung von Bioenergie muss man grundsätzlich zwischen der Produktion von Bioethanol, Biodiesel und Biogas unterscheiden. Bioethanol wird nahezu ausschließlich aus Getreide und Zuckerrohr erzeugt. Im Jahr 2007 wurden weltweit 40,3 Mio. t Ethanol erzeugt, hierfür wurden ungefähr 107 Mill. t Getreide benötigt. Bis 2010 wird ein Anstieg der Produktion auf 55,3 Mio. t und bis 2015 auf 67 Mio. t prognostiziert (Schumacher 2006). Der Bedarf an Ackerfläche wird von etwa 10 Mill. ha im Jahr 2007 auf 15 Mill. ha im Jahr 2015 ansteigen.

Tabelle 1: Die zehn führenden Staaten in der Ethanolproduktion

Staat	Produktion (1.000 t)	% der Welterzeugung
USA	15.558	38,6
Brasilien	13.411	33,3
China	3.037	7,5
Indien	1.499	3,7
Frankreich	750	1,9
Deutschland	603	1,5
Russland	512	1,3
Kanada	457	1,1
Spanien	365	0,9
Südafrika	306	0,7
10 Staaten	36.448	90,5
Welt	40.281	100,0

(Quelle: Renewable Fuels Association, Ethanol Industry Outlook 2007)

Aus Tabelle 1 kann man entnehmen, dass die USA und Brasilien in der Ethanolproduktion mit einem Anteil von nahezu 72 % an der Welterzeugung eine dominierende Rolle einnehmen. Größere Mengen werden in Europa nur in Frankreich und Deutschland hergestellt.

Tabelle 2: Prognose des globalen Verbrauchs an Biodiesel bis zum Jahr 2010

Jahr	Verbrauch (1.000 t)	Davon in der EU (1.000 t)	Anteil der EU (%)
2005/06	5.055	4.100	81,2
2006/07	8.267	5.713	69,0
2007/08	14.082	7.347	52,2
2008/09	17.990	8.362	46,5
2009/10	20.906	9.296	44,5
Zunahme	15.851	5.196	–

(Quelle: Schumacher 2006)

Biodiesel wird gegenwärtig überwiegend aus Ölpflanzen (Raps, Sonnenblumen, Sojabohnen, Palmöl) erzeugt. Die EU erreichte im Wirtschaftsjahr 2005/06 einen Anteil von über 81 % am Weltverbrauch (Tabelle 2). Die hohen Zuwachsraten in den USA und Südostasien haben den Anteil der EU an der globalen Produktion in den folgenden Jahren deutlich sinken lassen.

Es ist davon auszugehen, dass die für den Anbau der Ölpflanzen benötigte Ackerfläche von 3,2 Mill. ha im Jahr 2005/06 auf 13,3 Mill. ha im Jahr 2010 ansteigen wird. Für die Erzeugung von Ethanol und Biodiesel dürfte folglich im Jahr 2010 eine Anbaufläche von insgesamt 27 bis 28 Mill. ha benötigt werden.

Biogas wird aus der anaeroben Vergärung von organischem Material (z.B. Energiepflanzen, Mist, Gülle, Schlachtabfälle, Klärschlamm) gewonnen. Wenngleich aus dem Biogas auch Kraftstoff erzeugt werden kann, wird es zumindest in Europa vor allem für die Gewinnung von elektrischem Strom über die Verbrennung in Blockheizkraftwerken verwendet. Weltweit führend in der Technologie ist Deutschland, hier sind gegenwärtig auch die meisten Biogasanlagen in Betrieb. Über den Bedarf an Ackerflächen für das Betreiben von Biogasanlagen liegen auf globaler Ebene keine Daten vor.

4 Bioenergieerzeugung in den USA und der EU

In einem zweiten Schritt soll die Entwicklung der Bioenergieproduktion in den USA und der EU einer genaueren Analyse unterzogen werden. Diese beiden Regionen wurden ausgewählt, weil zu erwarten ist,

dass die Ausweitung der Anbauflächen für Bioenergie-Pflanzen weitreichende Auswirkungen auf die Mischfutterpreise und damit auf die Produktionskosten in der tierischen Veredelung und letztlich auf die Kosten für Nahrungsmittel haben wird.

4.1 Bioenergieerzeugung in den USA

In den USA ist die Erzeugung von Bioethanol und Biodiesel zwischen 1980 und 2005 von 0,5 Mill. t auf etwa 16,5 Mill. t angestiegen. Bis 2012 soll nach den Regelungen des vom US-Kongress verabschiedeten *Energy Policy Act* aus dem Jahr 2005 eine Ausweitung auf 23,2 Mio. t erfolgen. Präsident Bush hatte in seiner *State of the Union Address* (23. 1. 2007) sogar gefordert, bis 2017 das Produktionsvolumen gegenüber 2012 noch einmal zu verfünffachen. Dieser Wert wurde inzwischen durch den *Energy Independence and Security Act*, der im Dezember 2007 vom US-amerikanischen Kongress verabschiedet und vom Präsidenten unterzeichnet wurde, abgelöst. In diesem Gesetz sind neue Zielmarken festgelegt worden. Im Jahr 2022 sollen 36 Mrd. Gallonen Biokraftstoffe erzeugt werden. Das entspricht einem Produktionsvolumen von 111,5 Mio. t. Davon sollen 46,4 Mio. t auf konventionelle Biokraftstoffe und 65,1 Mio. t auf Biokraftstoffe der 2. Generation entfallen. Ob eine solche Steigerung angesichts der gegenwärtig schon benötigten Mengen an Mais (Tabelle 3) für die Erzeugung von Ethanol überhaupt realisierbar ist, wird zunehmend in Zweifel gezogen. Schon der *Energy Policy Act* von 2005 hatte zu einer Flut von Neuanträgen für die Errichtung von Ethanolraffinerien und Biodieselfabriken geführt. Nach Angaben der *Renewable Fuels Association* (2007) waren im März 2007 in den USA 134 Ethanolraffinerien in Betrieb, 80 Neuanlagen im Bau, sieben vorhandene wurden erweitert. Die Fertigstellung dieser Anlagen wird das Produktionsvolumen mehr als verdoppeln und damit auch den Bedarf an Mais schnell ansteigen lassen. Nach Angaben von Westcott (2007) wurden im Wirtschaftsjahr 2005/06 bereits 14 % der Maisernte von der Bioethanolindustrie verwendet. Der Anteil des Bioethanols am Kraftstoffverbrauch der USA lag allerdings nur bei 3,5 %.

Da im Jahr 2007 nach Angaben von Collins (2006) bereits 20,0 % der Maisernte in Bioethanolfabriken verarbeitet wurden, lässt sich die vorgesehene Ausweitung der Biokraftstoffproduktion nur durch eine schnelle Erhöhung der Anbauflächen für Körnermais und Ölpflanzen realisieren. Westcott (2007) schätzt, dass im Wirtschaftsjahr 2016/17 31 % der US-amerikanischen Maisernte notwendig sein werden, um 7,5 % des Kraftstoffverbrauchs zu produzieren. Die Folge wird ein schneller Anstieg der Marktpreise für Mais sein. Das Landwirtschaftsministerium der USA schätzte im Februar 2007, dass im Wirtschaftsjahr 2009/10 auf dem US-Markt der Höchststand des Marktpreises mit etwa 3,75 \$/bushel (etwa 15 \$/dt) erreicht würde. Diese Vorausschätzung erwies sich aber schon gegen Ende des Jahres 2007 als deutlich zu niedrig.

Wegen der ähnlichen Standortansprüche wird im Landwirtschaftsministerium der USA davon ausgegangen, dass sich die Anbaufläche für Sojabohnen beträchtlich verringern wird. Da gleichzeitig ein Anstieg der Biodieselproduktion von etwa 250.000 t im Jahr 2005 auf 6,6 Mill. t im Jahr 2008 prognostiziert wird, gegenwärtig sind etwa 65 neue Produktionsstätten im Bau, muss folglich die für die Veredelungswirtschaft in den USA und den Export bereitstehende Menge deutlich zurückgehen. Dies wird weitreichende Konsequenzen für die Produktionskosten in der Veredelungswirtschaft, insbesondere der Geflügelhaltung, und die Handelsströme haben. Aus Tabelle 3 kann man entnehmen, dass nach Schätzungen des Landwirtschaftsministeriums in den USA die Maisproduktion bis zum Jahr 2010 um 22 % zunehmen, die Sojabohnenerzeugung jedoch um 13 % abnehmen wird, um dann erst wieder im Wirtschaftsjahr 2016/17 etwa den Wert von 2006/07 zu erreichen. Die Exporte werden um 9 % bzw. 26 % zurückgehen, was vor allem im Hinblick auf die Proteinversorgung Versorgungsengpässe und steigende Marktpreise zur Folge haben dürfte. Erschwerend kommt noch hinzu, dass einige der gentechnisch veränderten Sorten bei Mais und Sojabohnen noch keine EU-Zulassung haben. Dies hat z. B. schon dazu geführt, dass aus den USA

kein Corngluten mehr eingeführt wird und diese Futtermittelkomponente nahezu vom EU-Markt verschwunden ist (Schumacher, 2008).

Tabelle 3: Erwartete Entwicklung der Produktion von Mais und Sojabohnen in den USA sowie der Exportvolumina zwischen 2006/07 und 2016/17 (Index: 2006/07 = 100)

Jahr	Produktion Mais	Export Mais	Produktion Sojabohne	Export Sojabohnen
2006/07	100	100	100	100
2010/11	122	91	87	74
2013/14	127	94	95	75
2016/17	131	96	102	76

(Quelle: USDA, Agricultural Projections to 2016)

Als Zwischenergebnis lässt sich für die USA festhalten. Die Umsetzung des *Energy Independence and Security Act* wird:

- bei Ölpflanzen allein bis 2012 einen zusätzlichen Flächenbedarf von 2,1 Mio. ha zur Folge haben, um die dann vorgesehene Menge von 3,3 Mio. t Biodiesel erzeugen zu können,
- bis zum Wirtschaftsjahr 2016/17 zu einer Verdoppelung der konventionellen Bioethanolproduktion führen und dann über 30 % der Maisproduktion nutzen; kritische Stimmen erwarten sogar, dass bis zu 50 % der Ernte eingesetzt werden müssen, um die Zielvorgaben zu erfüllen, wenn es nicht gelingt, die eingerechneten Produktionssteigerungen zu erreichen.

4.2 Bioenergieerzeugung in der EU

In der EU wurden im Jahr 2006 insgesamt etwa 7,6 Mio. t Biokraftstoffe erzeugt, davon entfielen 4,9 Mio. t oder 64,6 % auf Biodiesel (Tabelle 4). Deutschland nahm mit einem Produktionsvolumen von 3,3 Mio. t eine absolute Spitzenstellung ein, gefolgt von Frankreich, Italien und dem Vereinigten Königreich. Prognosen des Landwirtschaftsministeriums der USA gehen davon aus, dass die Bioethanol- und Biodieselherzeugung in der EU im Jahr 2007 einen Umfang von 8,6 Mill. t erreichen wird (USDA 2006). Das würde einem Anteil am gesamten Kraftstoffverbrauch von etwa 3,2 % entsprechen.

Tabelle 4: Biodiesel- und Bioethanolherstellung in ausgewählten Staaten der EU (2006)

Staat	Biodiesel (1.000 t)	Ethanol (1.000 t)	Gesamt (1.000 t)	Anteil (%) an EU (27)
Deutschland	2.662	604	3.266	43,1
Frankreich	743	750	1.493	19,7
Italien	447	27	474	6,3
Ver. Königreich	192	220	412	5,4
Spanien	99	76	175	2,3
Polen	116	41	157	2,1
Österreich	123	2	125	1,7
Tschechische Rep.	107	-	107	1,4
Portugal	91	-	91	1,2
Slowakei	82	-	82	1,1
Dänemark	80	15	95	1,1
Griechenland	42	-	42	0,6
EU (27)	4.890	2.680	7.570	100,0

(Quelle: F. O. Licht; European Biodiesel Board)

In der EU Verordnung 2003/30/EU ist als zu erreichender Anteil der Biokraftstoffe am Gesamtkraftstoffverbrauch im Jahr 2010 ein Zielwert von 5,75 % festgelegt worden. Der Rat der EU hat 2007 eine Zielmarke von 10 % für den Anteil der Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch für das Jahr 2020 beschlossen. In den Tabellen 5 und 6 sind Szenarien entwickelt worden, die aufzeigen, welche Konsequenzen diese Zielmarken für den Bedarf an Ackerflächen haben werden, einmal abgesehen von der Tatsache, dass in einigen osteuropäischen und auch südeuropäischen Mitgliedsländern dieser Anteil gar nicht erreichbar sein wird.

Tabelle 5: Szenario für die Biokraftstoffherzeugung und den Bedarf an Ackerflächen in der EU (27) im Jahr 2010

Szenario 2010
Biokraftstoffherzeugung: 24 Mio. t Perspektive: 50 % Eigenerzeugung in der EU, 50 % Importe Angestrebter Anteil der Biokraftstoffe: 5,75 %
Gesamtbedarf an Ackerflächen: 15-18 Mio. ha Anteil an der verfügbaren Ackerfläche der EU (27): 13-15 % Bei 50 % Eigenerzeugung: 8,25 Mio. ha = 7-8 % der Ackerfläche der EU (27)
Herkunft der benötigten Flächen: 4 Mio. ha aus der Flächenstilllegung 3 Mio. ha neu kultivierte Flächen 1,25 Mio. ha ehemalige Zuckerrübenflächen (neue Zuckermarktordnung)

(Quelle: USDA, FAS: GAIN Report E 36122; eigene Ergänzungen)

Um im Jahr 2010 die gesetzte Zielmarke zu erreichen, sind neben einem Importanteil von 50 % bei der gegenwärtig verfügbaren Technologie 7-8 % der verfügbaren Ackerflächen der EU (27) notwendig. Nach Angaben der EU-Kommission wird es möglich sein, Stilllegungsflächen und ehemalige Anbauflächen für Zuckerrüben für den Anbau der Bioenergiepflanzen zu verwenden, sehr viel schwieriger dürfte es allerdings sein, 3 Mio. ha neu zu kultivieren, ohne in größerem Umfang Wälder zu roden, Grünland umzubrechen bzw. geschützte Gebiete anzugreifen.

Der vom Rat der EU beschlossene Anteil von 10 % wird sich nicht so leicht erreichen lassen, denn dies würde, wie man aus Tabelle 6 entnehmen kann, etwa 13-14 % der in der EU (27) vorhandenen Ackerfläche in Anspruch nehmen. Der Anteil würde noch deutlich ansteigen, wenn es wegen der weltweit zu beobachtenden Zuwendung zu Biokraftstoffen nicht möglich sein sollte, 50 % des Bedarfs aus Drittländern zu importieren.

Tabelle 6: Szenario für die Biokraftstoffherzeugung und den Bedarf an Ackerflächen in der EU (27) im Jahr 2020

Szenario 2020
Zielmarke: 10 % Anteil der Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch
Gesamtbedarf an Ackerflächen: 28-30 Mio. ha Anteil an der verfügbaren Ackerfläche der EU (27): 25-27 % Bei 50 % Eigenerzeugung: 15 Mio. ha = 13-14 % der Ackerfläche der EU (27)

(Quelle: eigene Berechnungen)

Der Rat der EU hat sich ganz offensichtlich nicht mit der Frage auseinandergesetzt, welche Auswirkungen eine solche Ausweitung der Erzeugung von Biokraftstoffen auf die Futter- und Nahrungsmittelproduktion sowie die Kosten für Nahrungsmittel haben könnte. Eine Verwendung von Ackerflächen in dieser Größenordnung wird unausweichlich tief greifende Verwerfungen in der Veredelungswirtschaft und der Nahrungsmittelproduktion zur Folge haben.

Einen ersten Eindruck von den zu erwartenden Kostensteigerungen für Futtermittelkomponenten vermittelte die Entwicklung der Marktpreise für Futtermittel, Körnermais und Sojaschrot in Deutschland

zwischen Januar 2005 und Dezember 2007. Die Auswirkungen zeigten sich insbesondere in der Schweinemast, wo wegen der Überversorgung des Marktes bei gleichzeitig steigenden Futtermittelpreisen hohe Verluste auftraten. Zu Beginn des Jahres 2008 trat bei Vollkostenrechnung pro Mastschwein ein Verlust von 16 € auf. Die Broilermast war wegen der günstigen Futtermittelnutzungsraten und einer stabilen Marktsituation weniger betroffen.

Die wichtigsten Ergebnisse dieses Analyseschrittes lassen sich in folgender Weise zusammenfassen:

- Durch die Ausweitung der Bioenergieproduktion ist es zu einem schnellen Anstieg der Weltmarktpreise für Futtermittel gekommen. Davon betroffen sind nahezu alle Staaten mit einer leistungsfähigen Veredelungswirtschaft.
- Die steigenden Produktionskosten haben zu einer Welle von Preissteigerungen bei pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln geführt.
- Das Konfliktfeld: *food* ↔ *feed* ↔ *fuel* ist zu einer globalen Herausforderung geworden.

5 Bioenergieerzeugung in Deutschland

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass Deutschland innerhalb der EU eine führende Position in der Erzeugung von Bioethanol und Biodiesel einnimmt (vgl. Tabelle 4). Auf die Sonderentwicklung im Bereich der Erzeugung von Biogas wird noch einzugehen sein. Zunächst soll der Frage nachgegangen werden, welchen Umfang bislang der Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland hat und welcher Flächenbedarf aus einer Umsetzung der gegenwärtig geltenden EU-Verordnung (2003/30/EU) sowie der Biokraftstoffpolitik der Bundesregierung resultiert.

Aus Tabelle 7 kann man entnehmen, dass im Jahr 2007 auf etwa 2,0 Mio. ha Ackerfläche nachwachsende Rohstoffe angebaut wurden. Davon entfielen 1,8 Mio. ha oder 86,6 % auf Energie- und 13,4 % auf Industriepflanzen. Unter den Energiepflanzen nahmen Raps und andere Ölpflanzen mit 1,1 Mio. ha eine dominierende Position ein. Nachwachsende

Rohstoffe besetzten 17,2 % der gesamten Ackerfläche Deutschlands.

Die EU hat in Verordnung 2003/30/EU festgelegt, dass bis zum Jahr 2010 5,75 % des gesamten Kraftstoffbedarfs durch Biokraftstoffe ersetzt werden sollen. Tabelle 8 zeigt, dass zur Umsetzung dieser Verordnung in Deutschland etwa 21,2 % der Ackerfläche benötigt werden, davon entfallen 1,5 Mio. ha auf den Raps- und 1,0 Mio. ha auf den Getreideanbau. Ob die Anbaufläche für Raps, die z. Z. bereits 1,0 Mio. ha umfasst, in diesem Umfang ausgeweitet werden kann, ist fraglich.

Tabelle 7: Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland im Jahr 2007

Rohstoff	ha	Anteil (%)
Industriepflanzen		
Industriestärke	128.000	6,3
Industriezucker	22.000	1,1
Technisches Rapsöl	100.000	4,9
Technisches Sonnenblumenöl	8.500	0,4
Technisches Leinöl	3.100	0,1
Faserpflanzen	2.000	0,1
Heil- und Färbepflanzen	10.000	0,5
Industriepflanzen gesamt	273.600	13,4
Energiepflanzen		
Raps für Biodiesel/Pflanzenöl	1.120.000	54,8
Zucker und Stärke für Ethanol	250.000	12,2
Pflanzen für Biogas	400.000	19,6
Sonstiges	1.000	0,0
Energiepflanzen gesamt	1.771.000	86,6
Nachwachsende Rohstoffe gesamt	2.044.600	100,0

(Quelle: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe)

Um die angestrebte Biodieselerzeugung im notwendigen Maß zu erhöhen, müssten über die im Inland erzeugte Rapsernte noch zusätzlich etwa 20 % eingeführt werden. Das angestrebte Produktionsvolumen dürfte kaum zu erreichen sein, so dass eher von höheren Ethanolanteilen bzw. -importen auszugehen ist. Es ist nämlich zu berücksichtigen, dass die Aufhebung der steuerlichen Vorteile zu geringerer Nachfrage nach Biodiesel geführt hat und die Kapazitäten der Raffinerien nur noch z. T. ausgelastet sind. Wenn es bei der gegenwärtigen Regelung bleibt, dürfte sich

Deutschland schwer tun, den von der EU geforderten Anteil von 5,75 % zu erreichen, es sei denn, dass es zu einer schnellen Ausweitung der Kapazitäten in der Ethanolherstellung kommt. Dies ist jedoch angesichts der deutlich gestiegenen Getreidepreise kaum zu erwarten.

Tabelle 8: Ackerflächenbedarf in Deutschland zur Umsetzung der EU Verordnung 2003/30/EU

	Biodiesel	Ethanol	Gesamt
Produktion (Mio. t)	2,35	2,56	4,91
Ackerflächenbedarf (Mio. ha)	1,5	1,0	2,5
% der verfügbaren Ackerfläche	12,8	8,4	21,2
% der Rapszerzeugung	119,0	-	-
% der Getreidezerzeugung	-	14,5	-

(Quelle: Henke und Klepper 2006)

Unbeeinflusst von dieser Entwicklung hat die Bundesregierung gegen Ende des Jahres 2007 Leitlinien für ihre Biokraftstoffpolitik verabschiedet. Dabei wurden als Zielmarken festgelegt, dass bis zum Jahr 2020 etwa 20 % des Kraftstoffbedarfs durch Biokraftstoffe und 10 % der elektrischen Energie durch Biogasanlagen bereitgestellt werden sollen. Diese Zielmarken wurden allerdings im Gefolge der Entscheidung der EU-Kommission, dass in Deutschland bis 2020 erneuerbare Energien einen Anteil von 18 % am Gesamtenergieverbrauch erreichen müssen, wieder in Frage gestellt. Eine endgültige Festlegung der auf Kraftstoffe bzw. elektrische Energie entfallenden Anteile wurde noch nicht getroffen.

Das Bundesumweltministerium hatte in der so genannten Leitstudie 2007 (Ausbaustrategie Erneuerbare Energien) als Wachstumspotenzial für die Stromerzeugung aus Biogas einen Anteil am gesamten Stromverbrauch von 10,3 % und für Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch von 16,5 % ermittelt (BMU 2007).

Auf der Basis der in dieser Leitstudie genannten Wachstumspotenziale und der Zielmarken der Bundesregierung zur Bioenergiepolitik haben das Kieler Institut für Weltwirtschaft und Prof. Numrich (Uni-

versität Paderborn) den Flächenbedarf ermittelt, der für diese Umsetzung dieser Zielmarken notwendig sein würde.

Tabelle 9: Flächenbedarf zum Erreichen der für 2020 gesetzten Zielmarken des BMU in der Kraftstoff- und Stromerzeugung aus Biomasse

	Ackerflächenbedarf (Mio. ha)	Anteil (%) an der Ackerfläche*
Biokraftstoffe (Kieler Institut für Weltwirtschaft)	4,7	39,5
Strom aus Biogas (Prof. Numrich, Univ. Paderborn)	1,3	10,9
Gesamt	6,0	50,4

* bezogen auf die Ackerfläche von 11,9 Mio. ha (ZMP 2006, S. 40)
(Quelle: topagrar Heft 7, 2007)

Wie man aus den Daten in Tabelle 9 entnehmen kann, müsste bei Einsatz der jetzt verfügbaren Technologie etwa die Hälfte der deutschen Ackerfläche verwendet werden, um die Zielmarken von 20 % Biokraftstoffe und 10 % Strom aus Biogas zu erreichen. Es dürfte offensichtlich sein, dass dies völlig unrealistisch ist. Selbst wenn es gelingen sollte, bis 2020 die so genannte BtL-Technologie zur Anwendungsreife zu bringen und damit zu einer Reduzierung des Flächenbedarfes zu gelangen, werden ohne umfangreiche Importe, insbesondere von Ethanol, die gesetzten Ziele beim Biokraftstoff nicht zu erreichen sein. Hier wiederholt sich das bereits bei den USA erkannte Problem. Der Flächenaufwand, um nur einen vergleichsweise geringen Anteil am gesamten Kraftstoffbedarf aus Biomasse zu erzeugen, erfordert einen unverhältnismäßig hohen Einsatz von Ackerflächen, der dann für die Produktion von Brotgetreide und Futtermitteln nicht mehr zur Verfügung steht.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat in einer Potenzialabschätzung für das Jahr 2020 die absolute Grenze für den Anbau von Bioenergiepflanzen in Deutschland mit 3,4 Mio. ha angegeben. Dies entspräche schon etwa einer Verdoppelung der Anbauflächen des Jahres 2007 (vgl. Tabelle 7). Abschließend heißt es:

Wenn der Biomasseanbau dennoch auf mehr als 3,4 Mill. ha ausgedehnt wird, dann nur auf Kosten der Nahrungsmittelproduktion. Das heißt aber auch: Deutschland müsste mehr Nahrungsmittel importieren und der Export von hochwertigen Agrarprodukten könnte nicht weiter ausgedehnt werden.

Ist eine Realisierung der Stromerzeugung von 10 % im Jahr 2020 aus Biogasanlagen realistisch? Im Jahr 2007 waren in Deutschland 3.711 Biogasanlagen in Betrieb. Sie verfügten über eine installierte elektrische Leistung von 1.271 MW. Damit hatten Sie einen Anteil von 1,3 % am gesamten Strombedarf Deutschlands. Für das Betreiben dieser Anlagen wurden laut Angaben der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe im Jahr 2007 etwa 400.000 ha Silomaisflächen benötigt, was einem Anteil von 3,4 % an der Ackerfläche entsprach (vgl. Tabelle 7). Allerdings kann der Flächenbedarf entsprechend der vorherrschenden Witterungsbedingungen von Jahr zu Jahr stark schwanken, weil je nach Niederschlagsaufkommen die Hektarerträge sehr unterschiedlich ausfallen.

Um einen Anteil von 10 % am Strombedarf im Jahr 2020 zu erreichen, müsste eine installierte elektrische Leistung von etwa 5.600 MW erreicht werden, was etwa dem Viereinhalbfachen der gegenwärtig installierten Kapazität entspräche.

Der Fachverband Biogas hatte in einer Presseinformation (15. 11. 2006) auf der EuroTier 2006 sogar prognostiziert, dass bis 2020 in Deutschland 9.500 MW elektrische Energie in deutschen Biogasanlagen installiert sein würden. Die dann vorhandenen Anlagen würden 76 Mrd. kWh Strom erzeugen und damit einen Anteil von 17 % an der deutschen Stromerzeugung erreichen. Dabei vergaßen Sie allerdings, darauf hinzuweisen, dass etwa 4 Mio. ha Ackerflächen für den Silomaisanbau benötigt würden, was mehr als ein Drittel der deutschen Ackerfläche bedeuten würde. Solche Zielzahlen sind völlig unrealistisch, weil sie auf der einen Seite eine drastische Steigerung der Nahrungsmittelimporte und auf der anderen Seite das Ende der überwiegenden Zahl der deutschen Veredelungsbetriebe zur Folge hätten. Sicherlich kann

man auch davon ausgehen, dass die gesellschaftliche Akzeptanz einer solchen Entwicklung nicht gegeben ist, denn sie würde eine „Vermassung“ der Ackerflächen bedeuten. Ganz offensichtlich hat man auch nicht bedacht, welche ökologischen Folgen aus einer solchen Ausweitung resultieren würden.

Weniger optimistisch wurde vom BMU in der ersten Boomphase der Errichtung von Biogasanlagen deren Beitrag zur Stromerzeugung gesehen. So ging es in der bereits erwähnten Leitstudie 2007 davon aus (S. 32), dass die Stromerzeugung aus Biogas von 3 TWh/a im Jahr 2005 nur auf 16 TWh/a im Jahr 2020 gesteigert werden könnte. Damit würde dann aber erst ein Anteil von 2,8 % an der Bruttostromerzeugung der Bundesrepublik Deutschland erreicht. Der Anteil des aus Biomasse erzeugten Stroms an der Bruttostromerzeugung Deutschlands wurde für 2020 auf 6,2 % geschätzt. Allein diese Werte machen deutlich, dass selbst diese Zuwachsraten letztlich zu einer Stromerzeugung führen würden, die noch weit von der Zielmarke von 10 % Strom aus Biogas entfernt wären.

Die Entwicklung der jüngsten Zeit hat erkennen lassen, dass es auf keinen Fall zu einer Ausweitung von Biogasanlagen kommen wird, wie vom Fachverband Biogas prognostiziert, weil zum einen die Rentabilität einer großen Zahl von Biogasanlagen aufgrund der Kostenentwicklung für Silomais bereits nicht mehr gegeben ist und zum anderen das notwendige Investitionskapital, das der Biogasverband selbst auf 7,6 Mrd. € schätzte, nicht mehr verfügbar sein dürfte. Die Zuwachsraten sind gegenwärtig nur noch gering, allerdings sind die Anlagen, die projektiert werden, deutlich größer als in den 1990er Jahren und zu Beginn dieses Jahrzehnts. Zu einer neuerlichen Steigerung im Bau von Biogasanlagen könnte es durch die Veränderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes kommen. Allerdings dürften die projektierten Zuwachsraten ebenso wenig erreicht werden wie der Anteil an der Stromerzeugung im Jahr 2020.

Der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft

und Verbraucherschutz hat im November 2007 ein umfangreiches Gutachten zur *Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung* vorgelegt. Darin setzt er sich sehr kritisch mit der gegenwärtigen Bioenergiepolitik der Bundesregierung, insbesondere der Subventionspolitik auseinander. Dabei sind einige der Ergebnisse des Gutachtens und der Empfehlungen an die Politik im Zusammenhang dieser Analyse von besonderem Interesse. In der Zusammenfassung heißt es u. a.

- Die weltweite Knappheit an Ackerflächen führt dazu, dass bei steigenden Erdölpreisen auch die Preise für Bioenergie steigen und infolgedessen auch das gesamte Agrarpreinsniveau mit nach oben gezogen wird.
- Bei knappen Ackerflächen führt eine großflächige Ausdehnung der Bioenergie zwangsläufig dazu, dass bisher nicht ackerbaulich genutzte Flächen in Kultur genommen werden (Grünlandumbruch, Waldrodung) bzw. die Bewirtschaftung der Flächen intensiviert wird. Das verursacht erhöhte CO₂- und N₂O-Emissionen mit der Folge, dass die Ausdehnung der Bioenergieerzeugung auf Ackerflächen im Endeffekt sogar kontraproduktiv für den Klimaschutz sein kann.
- Würde man den gegenwärtigen Bioenergie-Mix auf 30 % der landwirtschaftlichen Fläche ausdehnen, so ließe sich mit der dort erzeugten Energie lediglich 2,3 % des Endenergieverbrauchs Deutschlands decken.
- Bei einer Verbreitung der Bioenergieerzeugung in Ackerbauregionen sind per saldo schwach positive Beschäftigungseffekte zu erwarten, allerdings nicht in allen Fällen. Wenn hingegen die Förderung der Bioenergie zu einer Verdrängung der Tierproduktion führt, sind die Beschäftigungssalden für die betroffenen ländlichen Räume eindeutig negativ.

Der Beirat empfiehlt ein grundlegendes Überdenken der deutschen Bioenergiepolitik. Bei den Kraftstoffen sollte wegen der geringen Wettbewerbsfähigkeit stärker auf Importe aus den Staaten gesetzt werden, die Biodiesel und Bioethanol deutlich günstiger erzeugen

können. Bei der Stromerzeugung aus Biogas sollte eine Abkehr von der gegenwärtig dominierenden Nutzung von Silomais eingeleitet werden, weil Anlagen ohne Wärmekopplung weniger als die Hälfte der ihnen zugeführten Energie verwenden, aber wertvolle landwirtschaftliche Flächen binden. Hier sollten nur noch Anlagen genehmigt werden, die auf Güllebasis mit angeschlossener Kraftwärmekopplung arbeiten. Darüber hinaus sollten verstärkt Anlagen errichtet werden, die Strom aus der Verbrennung von Hack-schnitzeln (Waldrestholz) bzw. Stroh gewinnen, weil diese keine landwirtschaftlichen Nutzflächen binden.

Insgesamt wird eine Umprofilierung deutscher Agrarregionen zugunsten der Energieerzeugung und zulasten der Nahrungsmittelproduktion wegen der weitreichenden Konsequenzen abgelehnt. Es heißt dazu (S. 186):

- Es entstünde eine zunehmende Versorgungslücke im Nahrungsmittelbereich, während auf der anderen Seite der Beitrag der Agrarwirtschaft zur Energieversorgung insgesamt nach wie vor gering ausfiele.
- Die Agrarproduktion würde auf eine Produktlinie ausgerichtet (Energie), die geringe Wertschöpfungspotenziale aufweist, im Vergleich zur Tierhaltung weniger Arbeitsplätze im ländlichen Raum schafft und im Endeffekt durch einen scharfen Kostenwettbewerb gekennzeichnet ist.

Diese Aussagen sind eindeutig, es bleibt abzuwarten, ob die Bundesregierung daraus die Konsequenzen zieht und ihre Bioenergiepolitik ändert, die in der gegenwärtigen Ausrichtung weder ökonomisch noch ökologisch sinnvoll ist.

6 Schlussfolgerungen

Wenn man nach der vorangehenden Analyse die positiven und negativen Auswirkungen der Ausweitung der Bioenergieproduktion gegenüberstellt, gelangt man zu folgendem Ergebnis.

Als positive Auswirkungen lassen sich festhalten:

- Sie kann die Importabhängigkeit der Industriestaaten von den Erdöl exportierenden Staaten verringern.
- Sie kann zu einer Minderung der Bedrohung der globalen Erwärmung beitragen.
- Sie wird neue Technologien initiieren, z. B. BtL (*biomass to liquid*) und FFV (*flexible fuel vehicles*).
- Sie kann zu einer Erhöhung der landwirtschaftlichen Einkommen führen, zumindest bei den Betrieben, die Energiepflanzen anbauen.
- Sie wird neue Arbeitsplätze in der Zulieferindustrie für Biogasanlagen schaffen.

Dem stehen folgende negative Auswirkungen gegenüber:

- Sie wird zu einer Reduzierung der Anbauflächen für Brot- und Futtergetreide führen.
- Die Verknappung der Rohstoffe für Futtermittel wird zu einer Erhöhung der Produktionskosten in der Veredelungswirtschaft führen.
- Dadurch bedingt wird es zu einer Erhöhung der Kosten für Nahrungsmittel kommen, was insbesondere die Menschen in den Entwicklungsländern mit niedrigen Einkommen treffen wird.
- In den Zentren der Veredelungswirtschaft kann es zu einem „Kampf um die Fläche“ kommen, was sich in höheren Land- und Pachtpreisen sowie in einer abnehmenden Wettbewerbsfähigkeit der Tierproduktion niederschlägt.
- Sie kann durch Rodung Waldrodungen, insbesondere tropischer Regenwälder (z. B. für Plantagen von Ölpalmen), Grünlandumbruch, Bodenverdichtung, Grundwassergefährdung und Ausbreitung von Pflanzenkrankheiten in Monokulturen schwerwiegende ökologische Probleme hervorrufen.

7 Perspektiven

Welche Perspektiven zeichnen sich ab? Man kann davon ausgehen, dass es in den kommenden Jahren zu einer Ausweitung der Bioenergieproduktion kommen

wird. Neben den bereits genannten politisch-strategischen Aspekten, die weiterhin in den USA eine große Rolle spielen und im *Energy Independence and Security Act* (2007) ihren Niederschlag gefunden haben, wird die anhaltende Diskussion um das Ausmaß der globalen Erwärmung vor allem in Europa politische Entscheidungen zur Folge haben, die zu einer deutlichen Erhöhung der Bioenergieproduktion führen werden. Jüngste Beschlüsse der EU-Kommission gehen genau in diese Richtung. In Südostasien zeichnet sich ab, dass es in einigen Staaten zu umfangreichen Rodungen tropischer Regenwälder kommen wird, um auf den gerodeten Flächen Ölpalmpflanzungen anzulegen. Die steigende Nachfrage nach Palmöl nicht nur in dieser Region, sondern auf dem Weltmarkt insgesamt, stellt ökologische Bedenken hinten an.

Die bislang vorliegenden Prognosen bezüglich der für die Herstellung von Bioethanol und Biodiesel benötigten Ackerflächen zeigen, dass es zu einer deutlichen Erhöhung der Weltmarktpreis für Futtermittelkomponenten kommen wird. Die sich abzeichnende Entwicklung wird noch verstärkt durch die Steigerung der Nachfrage nach Futtermitteln in einer Reihe von Schwellenländern, insbesondere in China.

Für die Zentren der Veredelungswirtschaft in Deutschland und der EU insgesamt heißt dies, dass alle Maßnahmen, die zu einer Erhöhung der Produktionskosten führen, unterbleiben müssen, weil sonst die Wettbewerbsfähigkeit der Betriebe noch weiter verringert wird gegenüber den Staaten, in denen die Futterkosten auch in Zukunft deutlich niedriger sein werden. Als besonders negativ hat sich in einigen nordwestdeutschen Hochburgen der Veredelung schon der Boom im Biogasbereich erwiesen. Die räumliche Konzentration solcher Anlagen hat die Kosten für Silomais sowie für Pachtflächen so stark ansteigen lassen, dass bereits ein Drittel der Anlagen nicht mehr rentabel arbeitet.

Von den politisch Verantwortlichen muss verlangt werden, dass sie bei ihren Entscheidungen die Vor- und Nachteile der Ausweitung der Bioenergieproduktion in gleicher Weise berücksichtigen. Es muss kurzfristig eine Entscheidung darüber gefällt werden,

welchen Energiemix wir uns auf Dauer leisten können, ohne die Umwelt zu gefährden, aber auch ohne einen wichtigen Wirtschaftszweig vor nahezu unlösbare Probleme zu stellen. Wenn weiterhin eine hoch subventionierte Bioenergieproduktion mit einer nicht subventionierten Veredelungswirtschaft in Konkurrenz tritt, dann braucht man über den Ausgang dieses Wettbewerbs nicht lange zu spekulieren.

Da die Bundesrepublik Deutschland in der Klimaschutzpolitik aber ganz offensichtlich eine internationale Vorreiterrolle einnehmen möchte, wird sie von den Leitlinien ihrer Bioenergiepolitik nicht kurzfristig abweichen. Welche Risiken damit in ökonomischer und ökologischer Hinsicht verbunden sind, hat das Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats Agrarpolitik des BMELV deutlich gemacht.

Auf die im Titel des Beitrags gestellte Frage, ob die Bioenergieproduktion die Futtermittelversorgung der Veredelungswirtschaft gefährdet, ist eine differenzierte Antwort nötig. Zweifellos wird eine Fortsetzung des gegenwärtigen Booms in der Errichtung von Anlagen zur Erzeugung von Biokraftstoffen und von Biogasanlagen zur Stromerzeugung die Produktionskosten und damit auch die Nahrungsmittelpreise erhöhen. In einigen Zentren der tierischen Produktion (z. B. Weser-Ems-Region) kann dies zu deutlichen Wettbewerbsnachteilen führen. Sollte es nicht möglich sein, die höheren Produktionskosten an den Verbraucher weiterzugeben, weil tierische Nahrungsmittel billiger aus anderen Produktionsräumen eingeführt werden können, wird die Produktion in diese Räume abwandern, was dann zu sozioökonomischen Problemen in den bisherigen Standräumen führen wird. Was man tun kann, um eine solche Entwicklung in Deutschland zu verhindern, hat der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik des BMELV deutlich gemacht, ob und wie die Politik reagieren wird, ist allerdings nach den bisherigen Erfahrungen völlig offen.

Aber es werden natürlich nicht nur die Industriestaaten von dieser Entwicklung betroffen sein, sondern in wahrscheinlich noch stärkerem Maße die Menschen in den Entwicklungsländern mit niedrigem Einkommensniveau. Die Forderung von Jan

Ziegler, dem Sonderberichterstatter der UN (*Right to Food*), ein fünfjähriges Moratorium hinsichtlich der Umwandlung von Ackerflächen für die Erzeugung von Biokraftstoffen zu verhängen, sollte zu denken geben. In seinem umfangreichen Bericht an die EU stellt er fest, dass die gegenwärtig zu beobachtende Entwicklung den Hunger in der Welt vermehren und die schon jetzt hungernden Menschen in der Dritten Welt in eine ausweglose Situation bringen werde. Der gegenwärtig zu beobachtende Boom in der Bioenergieproduktion sei ein Desaster.

Literaturverzeichnis

- BMU (2007, Hrsg.): Leitstudie 2007: Ausbaustrategie Erneuerbare Energien. Berlin. (www.erneuerbare-energien.de)
- Collins, K. (2006): Advancing Renewable Energy: An American Rural Renaissance. (= USDA Transcript no. 0414.06). USDA, Office of the Chief Economist. Washington, D. C.
- EU-Kommission (2006, Hrsg.): A Strategy for Biofuels in the EU. (= KOM (2006) 34). Brüssel.
- European Biodiesel Board (www.ebbb-eu.org)
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (www.fnr.de)
- Fachverband Bioenergie, Presseinformation zur EUROTIER (15. 11. 2006): Branchen-Prognose des Fachverbands Biogas für 2006.
- F. O. Licht (www.agra-net.com)
- Gattermayer, F. (2006): Ethanol – ein weltweiter Überblick. In: Darnhofer, C. W. u. H. K. Wytrzens (Hrsg.): Alternative Strategien für die Landwirtschaft. Wien: Facultas, S. 145-164.
- Henke, J. M. und G. Klepper (2006): Biokraftstoffe: Königsweg für Klimaschutz, profitable Landwirtschaft und sichere Energieversorgung? (= Kieler Diskussionsbeiträge Nr. 427). Kiel: Institut für Weltwirtschaft.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (ed., 2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Geneva, Switzerland.
- Renewable Fuels Association (ed., 2007): Building New Horizons. Ethanol Outlook 2007. Washington, D. C.
- Schumacher, K.-D. (2006): Entwicklung der Getreideströme und der Getreidemärkte in den nächsten Jahren. Vortrag auf der Nawaro-Expertenrunde des Unternehmens J. Mueller, Brake am 15.12.2006 in Bremen.
- Schumacher, K.D. (2008): Futterkosten – Wann kommt die Entlastung? Vortrag auf dem DBV-Fachforum „Wege aus der Marktkrise – Schweineproduktion 2008“ anlässlich der Grünen Woche in Berlin am 23. 1. 2008.

- Stern, N. (2007): The Economics of Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tangermann, S. und M. von Lampe (2007): Bioenergie: Wo sind die Grenzen? In: DLG-Mitteilungen, Nr. 2, S. 13-15.
- The White House (2007): Fact Sheet: Energy Independence and Security Act of 2007. (www.whitehouse.gov/news/releases/2007)
- United Nations Special Rapporteur on the Right to Food (www.righttofood.org)
- United States Department of Agriculture, FAS (2006, Hrsg.): EU-25, Biofuels Annual, 2006 (= GAIN Report E 36122). Washington, D. C.
- United States Department of Agriculture, OCE (2007, Hrsg.): Agricultural Long-term Projections to 2016. (= OCE-2007-1). Washington, D. C.
- Weiß, D. (2008): Schweinemarkt – Wann geht es aufwärts? Vortrag auf dem DBV-Fachforum „Wege aus der Marktkrise – Schweineproduktion 2008“ anlässlich der Grünen Woche in Berlin am 23. 1. 2008.
- Westcott, P. (2007): U. S. Ethanol Expansion: Overview of USDA's Long-term Projections and Related Modelling Issues. Paper presented at the ERS/Farm Foundation Biofuels Modelling Workshop, February 27, 2007.
- Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung. o. O.
- Zimmer, Y. (2007): Bioenergie: Auf dem Holzweg. In: DLG-Mitteilungen, Nr. 2, S. 22-25.
- ZMP (2006): Marktbilanz 2006: Getreide, Ölsaaten, Futtermittel. Bonn.

Empfehlungen für die künftige Bioenergiepolitik in Deutschland



Im vorliegenden Beitrag werden die wichtigsten Ergebnisse eines Gutachtens vorgestellt, mit dem der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik des BMELV zur deutschen Bioenergie-Politik Stellung nimmt. Der Stand und die Perspektiven der Bioenergie werden analysiert, und die Entwicklungen werden im Hinblick auf die politischen Ziele Klimaschutz, Energieversorgung und Beschäftigung bewertet. Darauf aufbauend leitet der Beirat Empfehlungen für die Weiterentwicklung der deutschen Bioenergie-Politik ab. Das Gutachten wurde im November 2007 abgeschlossen und dem BMELV Ende Januar 2008 übergeben.

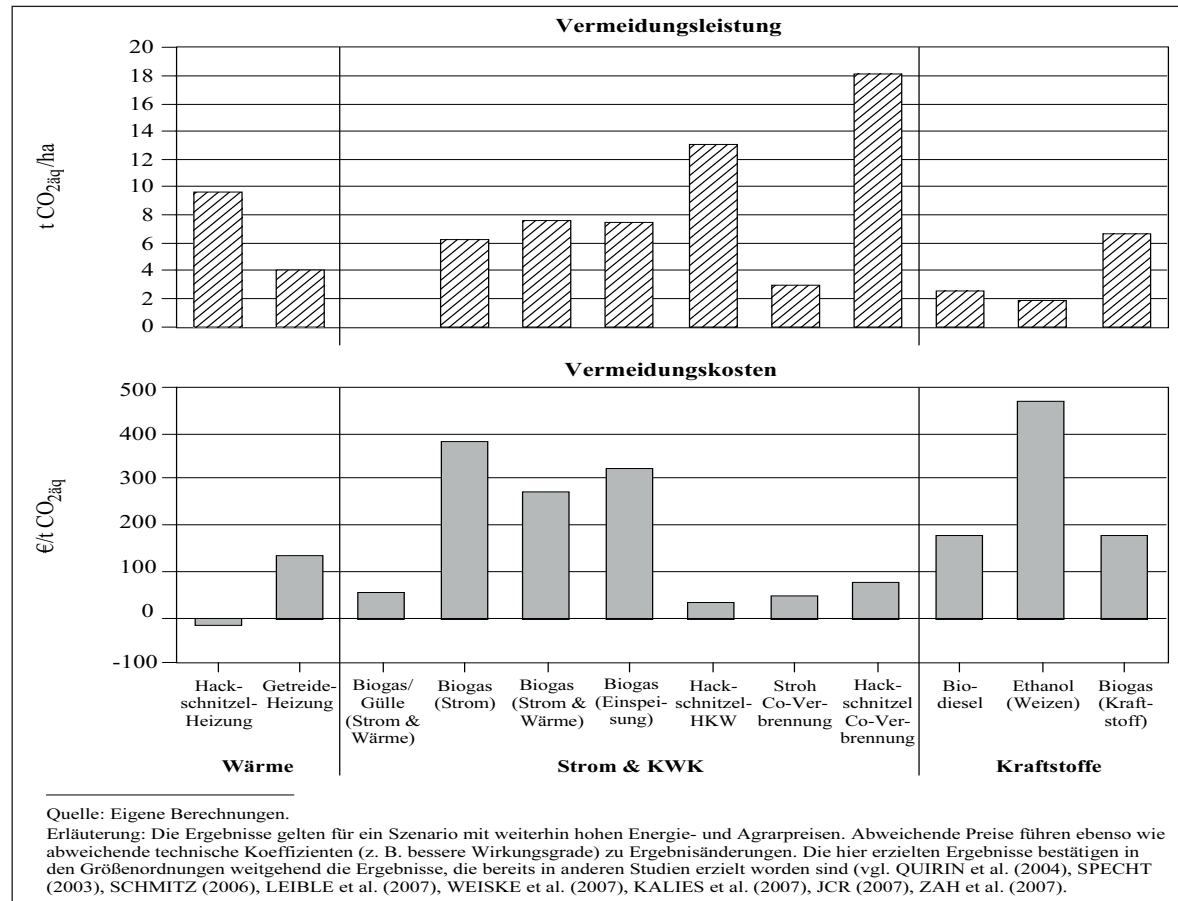
Der Beirat unterstützt die deutsche Politik in ihrem Bestreben, in der Klimaschutzpolitik eine internationale Vorreiterposition einzunehmen. Er misst dem Klimaschutzziel bei seiner Bewertung der Bioenergiepolitik höchste Priorität bei. Gerade wenn Deutschland beim Klimaschutz aber besonders hohe Ziele erreichen und mit gutem Beispiel vorangehen will, ist es nach Auffassung des Beirats besonders wichtig, die knappen Ressourcen auf die effizientesten Klimaschutzstrategien zu konzentrieren. Diesem Anspruch wird die deutsche Bioenergiepolitik bisher nicht gerecht. Sie fördert mit hohen Subventionsäquivalenten besonders jene Bioenergielinien, die relativ teuer und vielfach ineffizient sind.

Die bisher im Fokus der Bioenergiepolitik stehenden Bioenergie-Linien (Biokraftstoffe; Biogas auf Maisbasis) weisen relativ hohe $\text{CO}_{2\text{äq}}$ -Vermeidungskosten

in einer Größenordnung von 150 bis weit über 300 €/t $\text{CO}_{2\text{äq}}$ auf (vgl. Abbildung 1). Wenn die deutsche Politik mit Hilfe der Bioenergie Klimaschutzpolitik betreiben möchte, so sollte sie sich auf solche Energielinien konzentrieren, bei denen sich Klimaschutz mit CO_2 -Vermeidungskosten von unter 50 €/t $\text{CO}_{2\text{äq}}$ erreichen lässt. Das wäre die Biogaserzeugung auf Güllebasis, möglichst mit Kraftwärmekopplung (KWK), die kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung auf Basis Hackschnitzeln (aus Waldrestholz oder Kurzumtriebsplantagen) und die Co-Verbrennung von Hackschnitzeln bzw. (in gewissem Umfang) Stroh in bestehenden Großkraftwerken. Die Erzeugung von Biodiesel und Bioethanol in Deutschland ermöglicht nur eine sehr geringe $\text{CO}_{2\text{äq}}$ -Vermeidungsleistung in einer Größenordnung von weniger als 3 t $\text{CO}_{2\text{äq}}$ /ha, während sich mit anderen Bioenergie-Linien (z. B. Hackschnitzel-BHKW auf der Basis von Kurzumtriebsplantagen) mehr als 12 t $\text{CO}_{2\text{äq}}$ /ha erreichen ließen.

Die verschiedenen Bioenergie-Linien weisen nicht nur unterschiedliche $\text{CO}_{2\text{äq}}$ -Vermeidungskosten bzw. -leistungen auf, sondern erfordern auch unterschiedlich hohe Subventionsbeträge je kWh (Abbildung 2). Im Vergleich der Abbildungen 1 und 2 wird deutlich, dass die Biogaserzeugung auf Maisbasis infolge der relativ hohen Flächenerträge interessante Potenziale bieten könnte, derzeit aber noch sehr teuer ist und einen hohen Subventionsbedarf hat. Die Subventionierung liegt derzeit in einer Größenordnung von 2.000 €/ha.

Abbildung 1: CO_{2äq}-Vermeidungskosten und Vermeidungsleistung.



Die Kritik an der zu hohen Subventionierung von energetisch und klimapolitisch ineffizienten Bioenergielinien bedeutet keine Absage an regenerative Energien. Im Gegenteil: Mehr Effizienzorientierung in der Bioenergie ermöglicht mehr Klimaschutz bei gleichem Aufwand. Bei einer entsprechenden Kurskorrektur in der deutschen Förderpolitik könnte die durch Bioenergie erreichte CO_{2äq}-Vermeidung bei konstantem Budget vervielfacht werden, ohne dass

hierfür mehr Agrarfläche in Anspruch genommen werden müsste.

Regenerative Energien sind aber mehr als nur Bioenergie. Vieles spricht dafür, dass im Spektrum der regenerativen Energien langfristig die Solar- und die Windkraft eine dominierende Rolle einnehmen werden. Das potenzielle Energieangebot aus Sonne und Wind übersteigt den Energiebedarf bei weitem, die Herausforderung besteht darin, einen nachhaltigen

Zugang zu diesen Quellen zu erschließen. Der Beirat empfiehlt, die Erschließung dieser Quellen stärker ins Zentrum der deutschen Energie- und Klimaschutzpolitik zu rücken und dabei den Fokus verstärkt auf Energieimport zu richten.

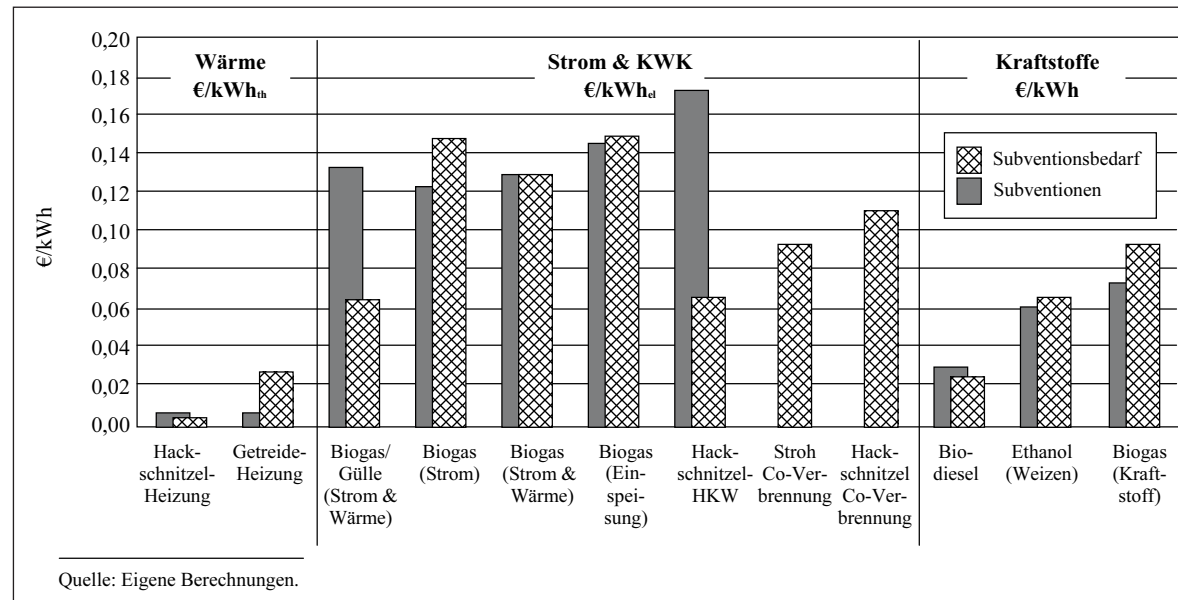
Im Vergleich zur Solarenergie sind die Potenziale der Bioenergie auf Dauer relativ gering. Das hat im Wesentlichen drei Gründe.

- Bei der Solarenergie können Flächen genutzt werden, die nicht in Konkurrenz zur Erzeugung von Biomasse für den Nahrungsbereich stehen, und auf diesen Flächen können wesentlich höhere Energieerträge je Flächeneinheit erzielt werden als bei der Bioenergie.
- Die weltweite Knappheit der Ackerflächen führt dazu, dass bei steigenden Erdölpreisen auch die Preise für Bioenergie steigen und infolge dessen auch das gesamte Agrarpreinsniveau mit nach oben

gezogen wird. Somit steigen auch die Rohstoffkosten für die Bioenergie-Anlagen, während höhere Energiepreise bei der Solarenergie voll rentabilitätswirksam werden.

- Bei knappen Ackerflächen führt eine großflächige Ausdehnung der Bioenergie zwangsläufig dazu, dass bisher nicht ackerbaulich genutzte Flächen in Kultur genommen werden (Grünlandumbruch, Waldrodung) bzw. die Bewirtschaftung der Flächen intensiviert wird. Das verursacht erhöhte CO₂- und N₂O-Emissionen mit der Folge, dass die Ausdehnung der Bioenergieerzeugung auf Ackerflächen im Endeffekt sogar kontraproduktiv für den Klimaschutz sein kann. Es ist zu beachten, dass Landwirtschaft und Landnutzungsänderung neben dem Verbrauch fossiler Energien zu den wichtigsten Ursachen für den Klimawandel zählen (vgl. Tabelle 1). Die Risiken einer Agrarflächen-Ausdehnung in Übersee, die durch eine Ausdehnung der Bioener-

Abbildung 2: Subventionen und Subventionsbedarf ausgewählter Bioenergie-Linien..



giefläche in Europa und Nordamerika verursacht wird, lassen sich mit den von der Politik geplanten Zertifizierungs-Systemen nicht in den Griff bekommen.

Bei diesem Befund kann der deutschen Politik aus Klimaschutzpolitischer Sicht nicht empfohlen werden, die Förderung der Bioenergieerzeugung auf Ackerflächen weiter auszubauen. Sie sollte die Förderung schrittweise auf solche Bioenergie-Linien ausrichten, die (a) nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion stehen, (b) zur Vermeidung von Methan-Emissionen aus Gülle beitragen oder (c) besonders niedrige CO_{2äq}-Vermeidungskosten bzw. ein sehr hohes CO_{2äq}-Vermeidungspotenzial aufweisen.

Die Beurteilung der Bioenergie-Politik unter den Kriterien „Versorgungssicherheit“ und „Beschäftigung“ führt zu einem ähnlichen Votum:

- Versorgungssicherung: Würde man den gegenwärtigen Bioenergie-Mix auf 30 % der landwirtschaftlichen Fläche Deutschlands ausdehnen, so ließe sich mit der dort erzeugten Energie lediglich 2,3 % des Endenergieverbrauchs Deutschlands decken. Bei einer konsequenten Fokussierung der Bioenergiestrategie auf Hackschnitzel-KWK-Anlagen, welche maximale Netto-Energieerträge je Hektar liefern, ließe sich dieser Anteil auf knapp 9 % steigern. Dann bliebe aber kein Raum mehr für Biokraftstoffe. Möchte die Politik hingegen die Selbstversorgung mit Kraftstoffen optimieren, müsste sie die Förderstrategie konsequent auf die Linie Biogas-Kraftstoff (mit Direkteinspeisung ins Erdgasnetz) ausrichten. Wenn sie hingegen das Ziel favorisiert, bei Kraftstoffen „nur“ möglichst unabhängig von Erdöl- und Erdgasimporten zu werden, erschiene es ratsam, den Import von Biokraftstoffen von vornherein als tragende Säule in die Biokraftstoff-

Tabelle 1: Weltweite Treibhausgas-Emissionen, 2000 (nach Quell-kategorien).

Sektor	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HGWP ¹⁾	Summe	% von gesamt
	Mio. t CO ₂ -Äquivalente					
Energie ²⁾	23.408	1.646	237		25.291	61 %
Landwirtschaft etc. ³⁾	7.631	3.113	2.616		13.360	32 %
Industrieprozesse	829	6	155	380	1.370	3 %
Abfallwirtschaft		1.255	106		1.361	3 %
Summe	31.868	6.020	3.114	380	41.382	100 %
% von gesamt	77 %	15 %	8 %	1 %		

1) High Global Warming Potential
2) Energiebedingte Emissionen inkl. der energiebedingten Emissionen aus Industrie und Landwirtschaft.
3) Landwirtschaft, Landnutzung, Landnutzungswandel, Forstwirtschaft.
Quelle: de la Chesnaye et al. (2006), entnommen aus EPA 2006.

Strategie zu integrieren. Die negativen Nebenwirkungen dieser Strategie (Nahrungskonkurrenz, Klimabelastung, s. o.) kämen aber auch hier zum Tragen.

- Beschäftigung: Bei einer Verbreitung der Bioenergieerzeugung in Ackerbauregionen sind per saldo schwach positive Beschäftigungseffekte zu erwarten, allerdings nicht in allen Fällen. Wenn hingegen die Förderung der Bioenergie zu einer Verdrängung der Tierproduktion führt, sind die Beschäftigungssalden für die betroffenen ländlichen Räume eindeutig negativ. Positive Beschäftigungseffekte bestehen vor allem in der Technologieentwicklung und im Anlagenexport. Deshalb sollte sich die Politik vorrangig auf die Unterstützung von F&E-Aktivitäten und Exportaktivitäten konzentrieren. Sie sollte die deutsche Landwirtschaft nicht durch eine hohe Förderung ineffizienter Bioenergielinien in eine neue Politikabhängigkeit führen und auf einen Sektor (Energie) ausrichten, in dem die deutsche Landwirtschaft eigentlich kaum wettbewerbsfähig ist und der durch harten (internationalen) Kostenwettbewerb sowie geringe Wertschöpfungspotenziale gekennzeichnet ist.

Insgesamt kommt der Beirat somit zu dem Ergebnis, dass die deutsche Bioenergiepolitik grundlegend überdacht werden sollte. Er empfiehlt die Erzeugung von Bioenergie (a) in wärmegeführten KWK-Anlagen bzw. Heizanlagen auf Basis von Hackschnitzeln sowie (b) auf Basis von Biogas aus Gülle und Reststoffen in den Mittelpunkt der deutschen Bioenergiepolitik zu stellen. Die Beimischungsziele für Biokraftstoffe sollten zurückgenommen werden, und der NaWaRo-Bonus für Biogas sollte in andere Boni überführt werden. Dieser grundlegende Umbau der Bioenergiepolitik sollte schrittweise erfolgen, damit die betroffenen Unternehmen sich anpassen können und einen ausreichenden Vertrauensschutz erfahren.

Die nationale Bioenergiepolitik sollte einen deutlichen Akzent auf eine Erhöhung der Effizienz legen, um so einen höheren Beitrag zur Verringerung der nationalen CO_{2äq}-Emission pro Kopf der Bevölkerung

zu leisten. Gleichwohl kann hierdurch nur ein sehr bescheidener Beitrag zur Lösung des globalen Klimaschutzproblems geleistet werden. Deshalb empfiehlt der Beirat der Bundesregierung dringend, wesentlich mehr Ressourcen in die Entwicklung einer globalen Klimaschutzstrategie zu investieren.

Hierfür sollte eine Projektgruppe („task force“) installiert werden, die sich international vernetzt und nachhaltig wirksame Strategien bzw. Aktionspläne entwickelt. Das Mandat der Gruppe müsste langfristig angelegt und die Ressourcenausstattung großzügig bemessen werden. Vorrangiges Ziel sollte es sein, im internationalen Verbund erfolgversprechende Klimaschutzstrategien zu entwickeln und umzusetzen. Hierzu gehören insbesondere die Ausweitung des Kyoto-Prozesses auf eine zunehmende Anzahl von Ländern und Wirtschaftssektoren, aber auch die weltweite Anpassung der Besteuerung fossiler Energieträger und eine effiziente, international ausgerichtete Förderung der Entwicklung regenerativer Energien.

Diskussion



SPIEKERS, GRUB

Ihre Ausführungen haben mich sehr befriedigt, insbesondere, dass man doch sieht, dass die Tierproduktion sicherlich in Deutschland ja doch sehr passend ist. Ich habe eine konkrete Anmerkung zu den Bezugsgrößen. Sie haben ja auch die CO₂-Einsparung pro Hektar genannt. Ich meine bei der Frage Bioethanol und auch beim Biodiesel haben wir eine gemischte Produktion. Wir haben bei dem Raps das Öl und eben das Futter, was anfällt. Da müsste man sagen, ich habe da nicht einen Hektar, sondern 0,3 Hektar, wo ich im Prinzip konkret Bioenergie anbaue und 2/3, wo ich Futtermittel anbaue. Beim Bioethanol wäre die Relation anders. 2/3 im Prinzip für Energie, 1/3 für Futtermittel und dann würden die Zahlen schon anders sein. Das Ergebnis wäre nicht anders. Man könnte natürlich noch eine Stufe weiter gehen. Das anfallende Futtermittel ist ja hier sehr hochwertiges Proteinfutter und da könnte ich sehen, was verdrängt das. Das ist in erster Linie, dass ich nicht mehr importieren muss, Soja und dergleichen und dann käme ich vielleicht zu einer noch positiveren Bewertung und ich finde es gut, wenn man zumindest auf Basis Trockenmasse diese Bewertung machen will.

ANTWORT

Ich habe das im Vortrag aus Zeitgründen methodisch nicht näher ausgeführt. Diese Aspekte, die sie ausführen, sind schon in den Zahlen enthalten. Das sind schon jeweils aggregierte Gesamtergebnisse. Wir haben da schon die Versuchsmethode einbezogen.

Wir haben die Nebenprodukterzeugung natürlich in Wert gestellt und wir haben dann gefragt, was wird eigentlich durch die Nebenprodukterzeugung im Eiweißbereich an Sojaproduktion an anderer Stelle überflüssig. Dadurch werden ja Emissionen an anderer Stelle gespart und diesen Emissionen haben wir Nebenprodukten und damit auch Biodiesel und Bioethanol als Gutschrift gutgeschrieben. Das ist eine faire Methode, die wir da angewandt haben, die, so meine ich, ihre richtigen Ausführungen dann auch berücksichtigt.

HELLMUTH, RENDSBURG

Ist das dann nicht eigentlich konsequent, zu sagen, die nächste EEG-Novelle sollte man eigentlich sein lassen und stärker in Richtung Wärmeförderung gehen und dann den Strom mit unterstützen und die andere Frage, die mich noch brennend interessiert. Sind diese Kurzumtriebsplantagen, wenn wir den Wettbewerb oder die Entwicklung der Preise auf dem Acker sehen, wird das eine Chance haben oder ist es vielleicht richtiger zu sagen, irgendwie über Cross Compliance, plus Randstreifen damit ausstatten, dass wir auf dem Wege in diese Holznutzung gehen können.

ANTWORT

Was die EEG-Novelle anbelangt, haben wir uns mit unseren Vorschlägen ein wenig schwer getan. Deswegen, weil das Thema Vertrauensschutz generell auch immer in der Realpolitikberatung eine Rolle

spielen muss und weil wir auch die technologiepolitischen Vorzüge der bisherigen Politik nicht völlig vergessen sollten. Jetzt also eine EEG-Novelle zu machen, die in der tatsächlichen Konsequenz dazu führt, dass viele Biogasanlagenhersteller keinen Markt mehr finden. Würden wir für nicht günstig halten. Denn wir werden ja international gesehen weiterhin auch einen Boom der Biogasl意思en erleben, denn Biogas hat ja in bestimmten Feldern durchaus eine gute Passgenauigkeit. Und deshalb sollten wir auch dann gerne dabei sein. Was wir unbedingt vermeiden wollen, ist, dass weitere Mais-Biogas-Linien entstehen und deswegen haben wir unsere Vorschläge, in Richtung Gülle- und Gärrestnutzung zu drehen. Da ist sicherlich noch Diskussionsbedarf.

Was die schnell wachsenden Hölzer anbelangt haben wir bewusst jetzt nicht einen abermals planwirtschaftlichen Ansatz in den Mittelpunkt gestellt. Nachdem man also bisher gesagt hat, wir fördern erst Biogas, NaWaRo und Biodiesel könnte man jetzt sagen, und jetzt fördern wir kurzum schnell wachsende Hölzer. Das ist genau das Gegenteil von Globalsteuerung. Wir meinen eigentlich, dass wir tatsächlich schrittweise umstellen sollten auf Globalsteuerung. Wir sollten im Sinne der Technologieförderung, ähnlich wie Herr Berg das angedeutet hatte, das eine oder andere innovative Projekt im Bereich schnell wachsender Hölzer fördern. Wir müssen insbesondere die Pflanzenzüchtung im Bereich schnell wachsender Hölzer in den Mittelpunkt stellen und da gibt es so gut wie gar nichts im Augenblick. Das kann man punktuell machen, aber im Übrigen muss sich ja diese Branche letztlich am Markt bewegen. Deswegen würde ich jetzt nicht alles konsequent auf die schnell wachsenden Hölzer geben wollen.

BERG, BONN

Vielen Dank, dass Sie uns auf diese komplexen Systemzusammenhänge geleitet haben. Auch den Zusammenhang zwischen dem gesamten Preisgefüge, welche Rolle die Entwicklung des Erdölpreises in diesem Zusammenhang spielt, auch was die Wettbe-

wehensfähigkeit anderer regenerativer Energiequellen angeht. Die jüngste Zahl, im übrigen \$ 120 pro Barrel, ist lange passé. \$ 135 ist der letzte Rekord von gestern. Und selbst, wenn man den schwachen Dollar rausrechnet, sind es immer noch nachhaltig oberhalb 100 Dollar pro Barrel und diese 100 Dollar pro Barrel galten lange Zeit so als Schallgrenze. Das ist der Preis nach dem werden andere Techniken wie Solarthermie und andere Dinge wettbewerbsfähig. Ich denke, das ist einer der ganz entscheidenden Punkte. Wenn jetzt alle davon ausgehen, unter diese 100 Dollar kommen wir nicht mehr. Im Gegenteil, wir werden uns eher in Richtung 200 Dollar bewegen. Dann werden diese Techniken attraktiv und es ist dann nicht so, als müssten wir da beim Stande Null anfangen. Sie haben das aufgezeigt. Insofern war in Ihrem Schaubild für mich das Erhellteste fast diese Linie, die Sie unten hatten bei den CO₂-Vermeidungskosten für die nicht biogenen Energiequellen. Ich denke, das ist der entscheidende Punkt. An der Stelle muss sich die Substitution von Erdöl bewegen, und zwar im Kern. Ich habe gestern gesagt, ich würde keinen Euro in Klimaschutz investieren. Ich halte die ausschließliche Orientierung an der CO₂-Vermeidung nicht für besonders sinnvoll. Der antropogene Effekt auf den Klimawandel der ist natürlich nicht zu negieren, sondern der liegt einfach daran, dass 6 Mrd. Menschen auf diesem Globus leben. Wenn wir den antropogenen Effekt beseitigen wollen, müssten wir die umbringen, dann ist es vorbei. Wenn wir mit denen leben wollen und vielleicht auch in der Zukunft mit 9 Mrd., dann ist es einfach da. Und das, was wir an Wirkung erzielen können im CO₂-Bereich das spielt sich ab im Fehlerbereich der Klimamodelle. Nichts weiter. Das ist quantitativ ziemlich unbedeutend. Das ist die Argumentation, die ich dahinter habe. Aber wenn ich ihre Schaubilder interpretiere und so ein bisschen die Methodik, die ich nicht im Detail kenne, nachvollziehe, dann ist ein wesentlicher Aspekt, der eine Rolle spielt, natürlich die Substitution von Erdöl. Wenn ich davon ausgehe, dass, wenn Sie einfach nur diese Substitution fossiler Energieträger als Basis nehmen würden und nicht die Vermeidungskosten von CO₂, im Wesentlichen

das gleiche Profil dabei heraus käme, ohne große Änderung.

ANTWORT

Also im Wesentlichen trifft dies zu. Die Einschätzung, die Sie zum Klimathema vortragen, könnte man natürlich noch einmal an dieser Kurve darstellen. Sie sehen hier die antropogenen Bewegungen Klimagas und die CO₂-Emissionen auf unserem Globus. Sie sehen den Beginn des Wirtschaftsbooms in Asien sozusagen hier zum Klima. Das sind die Dinge, die uns wirklich Sorgen machen. Das ist jetzt nur CO₂. Wenn wir jetzt dann eben Lachgas und Methan oben drauf packen, dann landen wir bei 40 Mrd. Tonnen CO₂-Emissionen. Wenn wir hier in Deutschland richtig viel bewegen würden im Bereich der Bioenergie, dann kämen von deutschen Ackerflächen nur 20 Mio. Tonnen CO₂ äquivalent. Das geht im Rauschen natürlich leicht unter.

Aber das mündet in eine fast philosophische Diskussion hinein. Aber aus Zeitgründen sollten wir die nicht aufrufen.

GRONAUER, WEIHENSTEPHAN

Eine Frage noch zu der Methodik, die gerade in dem Beitrag von Herrn Berg aufgetreten ist. Wenn es um den Ersatz fossiler Energieträger geht und wir verschiedene Energielinien, Wärme, Strom, Kraftstoffe miteinander vergleichen, dann haben wir eine unterschiedliche Wertigkeit in Bezug auf die Substitution der fossilen Energieträger. Also eine kWh Strom auf fossil umgerechnet hat z. B. vielleicht nur 1/3 im Vergleich zur selbigen kWh Substitution im Wärmebereich. Haben Sie das in dem Vergleich der verschiedenen Bioenergielinien, die einerseits ja rein Kraftstoff oder rein Wärme orientiert sind oder mehr Strom produziert orientiert sind, entsprechend berücksichtigt?

ANTWORT

Wir sind zum Teil dafür kritisiert worden, dass wir es überhaupt gewagt haben, in einem Schaubild diese verschiedenen Energieformen, die ich nachher

dann substituieren, vergleichend gegenüber zu stellen. Sie haben vollkommen Recht. Stromenergie ist ganz anders zu sehen als Wärmeenergie oder Mobilitätsenergie. Das ist richtig. Da gibt es ein Schaubild in unserem Gutachten, wo wir dies vielleicht noch mal deutlicher hätten machen müssen, dass dieser Vergleich tatsächlich nur begrenzt sinnvoll ist. Für alle anderen Schaubilder, die ich heute hier gezeigt habe, ist es aber unerheblich, denn wir haben ja letztlich am Ende das gleiche CO₂-Äquivalent, welches imitiert wird und welches wir gerne nicht imitiert hätten und wir haben die gleiche Tonne Erdöl, die vorne rein kommt, die ja im Augenblick in alle drei Energieformen geht und die wir gerne reduziert hätten. Das heißt unser Ziel sowohl im Bereich der Versorgungssicherung als auch im Bereich des Klimaschutzes ist das gleiche und deswegen ist es nach unserer Auffassung, dass wir es eben auf die zu großen CO₂-Äquivalenzzemissionen vereinheitlicht haben.

GRONAUER, WEIHENSTEPHAN

Genau dasselbe Problem ergibt sich dann ja auch bei den CO₂-Äquivalenzberechnungen ein zweites Mal. Nehmen wir das Beispiel Biogasstromproduktion einer klassischen Anlage heute Ist-Zustand rein Grundlast orientiert. Welche fossile Energie ersetzt diesen Grundlaststrom? Er ist dann nicht der deutsche Strommix, sondern der liegt dann vielleicht sogar eher im deutschen Braunkohlebereich, wenn ich das so vergleiche. Und ein durchaus ehrenwertes Ziel wäre, evtl. Strom vielleicht sogar mit Biogas zumindest in Spitzenzeiten abzudecken, würde die CO₂-Äquivalenz sogar reduzieren, weil ein Geode dann deutlich geringere CO₂-Vermeidungen bringen würde. Da haben wir auch wieder diese Diversität und die schlägt sich dann durch und wenn ich das dann bis auf die Kostenschiene CO₂-Vermeidungskosten beziehe, schlägt das dann schon durch.

ANTWORT

Jetzt habe ich es besser verstanden, wo Sie eigentlich im Kern hin wollen. Die NFN hat ja da auch eine kritische Stellungnahme zum Beiratsgutachten

verfasst und wir werden die Erwiderung dazu demnächst veröffentlichen. Da haben Sie vollkommen Recht. Wir haben dann einfach anhand eines Beispiels in unserer Erwiderung einmal gerechnet. Wenn man jetzt eine andere verdrängte fossile Energie zum Maßstab nimmt, diese soll man in der Tat nach oben oder nach unten berechnen können und wir haben gezeigt, dass eben je nachdem, was man macht, die sollen nach oben oder unten kommen. Allerdings haben wir selber dann auch in der Auseinandersetzung mit diesen Alternativrechnungen, die wir hinterher selber durchgeführt haben, gesehen, dass sich unsere Ergebnisaussagen, die Schlussfolgerungen, die ich zum Schluss meines Beitrages präsentiert habe, davon unbeeindruckt zeigen. Sie kommen dann vielleicht mal von € 250 pro Tonne CO₂ bei günstigeren Annahmen runter vielleicht auf € 100 pro Tonne CO₂. Aber das ist natürlich im Sinne von Herrn Berg immer noch jenseits von gut und böse. Ja, Sie haben Recht. Wir können andere Rechnungen machen. Es ist übrigens auch ein leichtes, mit anderen Annahmen noch deutlich ungünstigere Ergebnisse zu produzieren als hier dargestellt wurden.

GEROWITT, ROSTOCK

Die Kernbotschaft, die bei mir angekommen ist, Biogas ist teuer, hat seine Tücken. Aber wir wollen ja an der Technologie dran bleiben. Das ist auch eine ganz schlüssige Idee. Aber € 2.000 Subventionen pro Hektar Mais, das ist natürlich schon ein Wort. Das Plädoyer ging sehr dahin, sich weitestgehend rauszuhalten aus der Politik, aber die Idee ist schon auch vertreten, dass wir mit anderen Zielen, die wir vielleicht haben, diese zu verkoppeln. Zumindest, wenn man irgend etwas mit dem Güllebonus einführt, dann koppelt man das ja an die Tierproduktion. Gibt es nicht noch weitere Ansatzpunkte, an was man das so koppeln könnte? Genetische Vielfalt bei Nutzpflanzen, Naturschutz. Wir haben von den Wiedervernetzungsdingen gehört, wo wir nicht über Nutzung dran bleiben können, über klassische Nutzung. Das würde uns vielleicht auch dahin führen, dass wir wirklich bei den Technologieentwicklungen sozusagen gefor-

dert werden und da das Plus auf jeden Fall rausholen können.

ANTWORT

Da sind wir noch nicht weit genug gegangen mit unseren Überlegungen. Der Hauptgrund, weshalb wir in Richtung Biogasgülle gehen in unseren Empfehlungen, besteht ja darin, dass man nicht besonders viel Energie dort erzeugt. In der Gülle ist so viel Energie nicht mehr zu holen. Aber dass man eben die Methanausgasung aus der Gülle reduziert und dort energiepolitisch etwas Sinnvolles machen kann. Aber in dem Beitrag von Herrn Bahrs kam ja auch schon an, das ist logistisch nicht so ganz leicht. Man kommt entweder in sehr kleine Anlagen hinein, die dann noch teurer sind von den Kosten her oder man muss in die größeren Anlagen. Da muss man aber sehr viel Logistik betreiben, um die Gülle dort zusammenzuführen, das kann dann eben zu hygienischen Problemen führen. Das ist also schwierig. Und wir müssen auch sehen, dass wir nicht nachher etwas Negatives für die Umwelt tun. Wenn nämlich die Investoren nachrechnen und sagen, o. k., ich brauche jetzt eine Gülleanlage, ich mach sie doch ein bisschen größer und nehme doch wieder importierte Energie rein, weil ich dann die regionalen Stoffkonzentrationen möglicherweise doch noch mal erhöhe. Das zeigt nur, wie komplex und schwierig dieses Thema Biogas aus Gülle ist. Es ist zunächst sinnvoll, den Weg gedanklich zu gehen, aber in der konkreten Ausformulierung vom Förderprogramm kann man dort auch Schiffbruch erleiden. In ähnlicher Weise lohnt es sich sicherlich auch, über Biogas vom Grünland noch intensiver nachzudenken. Denn wir haben ja auch den negativen Klimaeffekt unseres Grünlandumbruchs und Grünlandumbruch findet derzeit statt. In einem klimapolitisch bedenklichem Maße und insofern hat das sozusagen einen Zusatznutzen. Ich bin also dankbar für zusätzliche Anregungen zu dieser Diskussion.

NN

Vielen Dank für die verständliche und nachvollziehbare Darstellung Ihrer komplexen und zum Teil

provokanten Studie. Meine Frage ist, inwieweit haben Sie die Kohlenstoffspeicherung bzw. den Entzug im Boden berücksichtigt. Das würde noch einmal einen erheblichen Schub bei den Feldgehölzen z. B. bedeuten.

ANTWORT

Da bin ich jetzt ein bisschen überfragt. Die Kohlenstoffspeicherung im Material ist ja berücksichtigt, aber im Boden haben wir sie, wenn ich mich richtig erinnere, nicht berücksichtigt. Das generell. Die ganze Frage Humusaufbau, Humusabbau, was wir thematisiert haben, sind in den quantitativen Berechnungen nicht enthalten.

BRUNSCH, POTSDAM

Nachdem wir drei Tage über Energie gesprochen haben und wir ja von Ihnen gerade vorgestellt bekommen haben, dass Energie de facto kein Problem auf der Welt ist, wäre es dann nicht richtig, aus der Sicht der Agrarwissenschaften, die Politik mehr auf eine nachhaltige Proteinerzeugung für die Sicherung der Welternährung zu orientieren als auf Bioenergie.

ANTWORT

Da müsste ich wirklich noch einmal drüber nachdenken, um da eine gehaltvolle Antwort zu geben. Natürlich ist es dort zunächst mal so, wenn Protein knapp ist, auch der Proteinpreis entsprechend dies Knappheitssignal beinhaltet, so dass sich die Weltagrargemeinschaft von ganz allein dahin bewegen müsste. Deswegen überlege ich jetzt, wo die Ansatzfelder sind. Wir wissen natürlich, wenn jetzt Protein wirklich ein Problem darstellt im Bereich der menschlichen Ernährung in den Entwicklungsländern beispielsweise, dass wir dort natürlich über die lokale Pflanzenzüchtung bis hin zur Gentechnik eine riesen Herausforderung haben. Aber wo jetzt für das Thema Protein die richtige Ansatzstelle im Detail ist, da würde ich so schnell keine Antwort wagen, denn das ist doch sehr komplex. Es gibt keinen Weltagrarrat, der jetzt plötzlich sagen sollte, alles wird Protein. Das macht so gesehen keinen Sinn.

HAMMERER, PINNEBERG

Sie haben einen bemerkenswerten Satz gesagt. Je mehr Bioenergie auf Agrarflächen, desto größer ist das Risiko für Klimaschutz. Auf der anderen Seite haben Sie den Humus erwähnt und das Potential. Durch die Umwandlung der Wiesen in Ackerflächen, CO₂-Versetzung oder aber auch durch die Intensivierung in Richtung Lachgasproduktion. Das ist vielleicht ein bisschen zu kurz gekommen und da Sie gerade den Humus erwähnt haben, kam mir der Gedanke mit Russland, denn man weiß, dass dort enorme Flächen noch brach liegen und auf der anderen Seite die tierischen Leistungen enorm niedrig sind. Die Durchschnittsleistung bei der Milch weniger als 3.000 kg, Ferkel pro Zuchtsau im Jahr im Bereich 12,5 bis 13. Gibt es da eigentlich Untersuchungen hinsichtlich Auswirkungen der Intensivierung. Wenn man jetzt u.a. in Russland, in der Ukraine und in anderen Ländern intensiviert, denn es wird so sein müssen, damit mehr Nahrungsmittel bereitgestellt werden. Welche ökologischen Auswirkungen die gesamten Intensivierungsschritte haben, z. B. die dadurch bedingten Lachgasproduktionen.

ANTWORT

Allein das Thema Lachgas ist ja schon für unsere Verhältnisse hier in Mitteleuropa ein extrem schwieriges Terrain, wie wir alle wissen. Ich habe mit unserem Agrarökologen natürlich intensiv kommuniziert, um für unsere Berechnungen die eingesetzten Zahlen noch mal zur Disposition zu stellen und vielleicht zusätzliche Informationen dazu zu erhalten und er meinte auch, Faktor 100, je nachdem, wie man die lokalen Standortbedingungen, Vermessung u.s.w. ansetzt. Also extrem schwer, dieses Thema Lachgas überhaupt in den Griff zu bekommen.

Vorher ging es ihnen mehr um die Frage der Potentiale, der Expansionspotentiale für Landwirtschaft und bisher noch zurückgebliebenen Agrarregionen. Da versuchen wir, durch unseren Ansatz „Agri-Benchmark“ tatsächlich genau dieses Problem zu klären. Wir haben unter Leitung des VDI zusammen mit der DLG ein erdumspannendes Netzwerk von Betriebs-

ökonomien, wo wir für typische Fallkonstellation in Argentinien, in Russland u.s.w. uns die Betriebssituation anschauen und dann mit den Entscheidungsträgern vor Ort auch mögliche Betriebsentwicklungen versuchen, zu simulieren. Und nicht nur in ihren ökonomischen Auswirkungen dann zu bewerten, sondern dort jetzt auch die Emissionsauswirkungen

mit zu bewerten. Das ist natürlich immer weit weg von jeglicher Repräsentanz, weil wir nur immer mit der Lupe auf ausgewählte Standorte leuchten können, aber gleich wohl ganz erhellend und wir hoffen, dass dieses internationale Netzwerk weiter entwickelt werden kann.

Zusammenfassung



Die 22. Hülseberger Gespräche haben sich einer Thematik gewidmet, die angesichts globaler Energieverknappung und -verteuerung durch ständig wachsende Aktualität und Relevanz gekennzeichnet ist. Ein weiteres Merkmal dieser Tagung war die besonders ausgeprägte fachliche Interdisziplinarität. Im Vergleich mit früheren Hülseberger Gesprächen war noch nie ein so großes Spektrum an Fachwissenschaftlern und -wissenschaftlerinnen vertreten, das die Bereiche Tier- und Pflanzenwissenschaften, Ökonomie und Anlagentechnik inklusive des Anlagenbetriebs umfasste. Dies hatte außerordentlich engagierte und intensive Diskussionen zur Folge. Die Vorträge waren in die folgenden Sektionen gegliedert:

1. **Bedeutung der landwirtschaftlichen Energieerzeugung**
2. **Entwicklungen und Ressourcen**
3. **Optimierungsansätze**
4. **Ökonomische Betrachtungen**

Zusammenfassend sollen für die 22. Hülseberger Gespräche einige Schwerpunkte und persönliche Eindrücke dargestellt werden:

1. **Bedeutung der landwirtschaftlichen Energieerzeugung**

- Nahrungsmittel – Nachwachsende Rohstoffe
- Naturschutz – Wie nutzen wir die Flächen der Welt in nachhaltiger Weise?
Prof. Dr. Werner Wahmhoff, Osnabrück

- Potenziale einer energetischen Nutzung von Biomasse in Deutschland
Prof. Dr. Martin Kaltschmitt, Hamburg-Harburg
- Ökobilanzen von Biogas und anderen Bioenergien
Dr. Guido A. Reinhardt, Heidelberg

Zwischen Nahrungsmitteln, nachwachsenden Rohstoffen und Naturschutz bestehen auf globaler Ebene enge Beziehungen und hierbei kommt der Konkurrenzsituation zwischen Nahrungs- bzw. Futtermittelproduktion auf der einen und Nutzung als Energieträger auf der anderen Seite eine besondere Bedeutung zu. Ein wesentliches Kriterium für die Ausprägung dieser Konkurrenzsituation ist dann gegeben, wenn der am Markt erzielbare Preis für die Energieträger größer wird als der Preis für Nahrungsmittel. Dabei ist zu berücksichtigen, in welchem Umfang weltweit die Nutzung der organischen Substanz erfolgt. Für diesen Nutzungsbereich durch den Menschen wird weltweit eine Größenordnung von etwa 25 % angenommen, der allerdings durch extreme regionale Unterschiede geprägt sein kann. Einerseits kann also noch ein großes Potenzial in der Nutzung von organischer Substanz angenommen werden, andererseits sind in manchen Regionen der Welt die Grenzen der Ausdehnung der Flächennutzung nahezu erreicht. Auf nationaler Ebene kann die Nutzung der Biomasse zur Bereitstellung von thermischer und elektrischer Energie sowie zur Erzeugung von Kraftstoffen erfolgen. Dabei wird für das gesamte Brennstoffpotential

gegenwärtig ein Anteil von ca. 8% des Primärenergieverbrauchs geschätzt, dessen Entwicklungspotenzial im Jahr 2020 bei 10 – 15% liegen kann. Ob zu dieser Steigerung die Übernahme der in Skandinavien etablierten Waldbewirtschaftungssysteme einen substantziellen Beitrag leisten kann, ist intensiver Diskussionsgegenstand gewesen. Dabei ist gegenwärtig insbesondere nicht abschließend geklärt, wie neben dem energetischen Aspekt auch ökologische Gesichtspunkte, beispielsweise die Auswirkungen von Monokulturen auf den Naturhaushalt, umfassend zu prognostizieren sind.

Für den Vergleich fossiler Energieträger mit Bioenergieträgern liegen seit fast 20 Jahren Ökobilanzen vor, die seit dieser Zeit kontinuierlich weiterentwickelt und durch Einbeziehung einer Vielzahl weiterer Parameter verbessert worden sind. Alle bislang untersuchten Bioenergieträger weisen in diesem Vergleich mit fossilen Energieträgern Vor- und Nachteile auf und sind zudem durch hohe Heterogenität gekennzeichnet. Dies erschwert folglich objektive Festlegungen und lässt zudem Fragen bezüglich der Allgemeingültigkeit der verwendeten Verfahren zur Erstellung von Ökobilanzen unbeantwortet.

2. Entwicklungen und Ressourcen

- Biogasanlagentechnik und Betriebsweise
 - Stand und Perspektiven
Prof. Dr. Peter Weiland, Braunschweig
- Beispiel aus der Praxis: Gutsverwaltung Wolfring
Carl Graf zu Eltz, Fensterbach
- Entwicklungen und Zukunftschancen biogener Kraftstoffe
Dr. Norbert Schmitz, Köln
- Einsatz von extremophilen Mikroorganismen in bio-basierten Technologien
Prof. Dr. Garabed Antranikian, Hamburg-Harburg

In der Zeit von 1990 bis 2006 hat in der Bundesrepublik die Zahl der Biogasanlagen von etwa 100 auf nahezu 4.000 zugenommen, wobei aus verschiedenen Gründen in den letzten Jahren eine gewisse Sättigung

erkennbar war und es vor allem aus Gründen der Substratverfügbarkeit interessant sein wird abzuwarten, wie sich diese Dynamik weiterentwickelt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt werden mehr als 80 % der Anlagen mit nachwachsenden Rohstoffen betrieben. Im Hinblick auf die Betriebsqualität sind als relevante Kriterien die Substrateinbringung, die Durchmischung des Substrates mit der flüssigen Phase während des Fermentationsprozesses und die Hierarchie der Prozessstufen zu definieren. In der Regel werden mittlerweile zwei Vergärungsstufen in serieller Anordnung betrieben. Zunehmende Bedeutung erlangen die sogenannten Trockenvergärungsverfahren, deren Betrieb in diskontinuierlicher (sog. Garagenfermenter) und kontinuierlicher Weise (sog. Dranco-Verfahren) möglich ist. Dabei wird das aufgeschichtete Gärsubstrat von einer der bloßen Schwerkraft folgenden Perlokationslösung durchströmt, welche die zum stofflichen Abbau sowie zur Methanbildung erforderlichen Mikroorganismen bereitstellt. Im diskontinuierlichen Betrieb mit entsprechenden Lösungen kann bei einem Trockensubstanzgehalt von mehr als 30 % fermentiert werden. Technologisch problematisch und noch nicht befriedigend gelöst ist die Handhabung bzw. Nutzung des in den Gärrestbehältern entstehenden Methans. Sofern Gärrestlager nicht abgedeckt werden, kann aufgrund der dort freigesetzten Methanemissionen der positive ökologische Effekt der Biogasanlage wegen der besonders klimarelevanten Eigenschaften des Methans durchaus überkompensiert werden.

Grundsätzliche Bedeutung kommt der Qualitätskontrolle bei bereits bestehenden Anlagen zu und zwar sowohl in technisch-analytischer Hinsicht als auch im Hinblick auf den Ausbildungsstand der für den Anlagenbetrieb zuständigen und verantwortlichen Personen.

Die detaillierte Darstellung einer bereits seit sieben Jahren funktionierenden zweistufigen 500kW Biogasanlage mit einem Volumen von insgesamt ca. 1.500 m³ diente dazu, den Anlagenstand in der heutigen landwirtschaftlichen Praxis zu erläutern. Dieser Betrieb zeichnet sich dadurch aus, dass er mit einem über 50 % betragenden Anteil des Substrates eine

hohe Eigenversorgung hat. Die Nutzung erfolgt über ein Blockheizkraftwerk, über das die betriebliche Wärmeversorgung sichergestellt wird bei gleichzeitiger Stromeinspeisung in das öffentliche Netz. Außerdem wurde anhand der Darstellung der im praktischen Anlagenbetrieb gewonnenen Erfahrungen deutlich, dass der erfolgreiche Betrieb einer solchen Anlage ein in technischer und biologischer Hinsicht überaus komplexes Vorhaben darstellt, da schon geringe Variationen bei der Prozessführung zu deutlichen quantitativen und qualitativen Veränderungen bei der Biogasbildung führen können. Darüber hinaus wurde dargestellt, wie beispielsweise bestimmte bauliche Maßnahmen bei der Errichtung einer Anlage einen erheblichen Beitrag zur Steigerung der Akzeptanz einer solchen Technologie in der Bevölkerung leisten können. Des Weiteren wurde deutlich, dass das Auftreten einer Konkurrenzsituation keineswegs auf die Nutzung landwirtschaftlicher Erzeugnisse als Nahrungs- bzw. Futtermittel auf der einen Seite und einer Nutzung als Energiepflanze auf der anderen Seite beschränkt ist. Vielmehr wurde anhand mehrerer Beiträge erkennbar, dass mittlerweile verschiedene Technologien zur energetischen Nutzung pflanzlicher Materialien untereinander um den Zugriff auf die Flächen bzw. die dort erzeugten Produkte konkurrieren. Selbst innerhalb einzelner Technologien tritt die zunehmende Konkurrenzsituation massiv hervor. So konkurrieren inzwischen oftmals mehrere in einer gewissen räumlichen Nähe zueinander befindlichen Biogasanlagen um die zunehmend knapper werdenden Gärsubstrate. Dadurch ausgelöste Preissteigerungen sind im Einzelfall durchaus geeignet, den weiteren Anlagenbetrieb unwirtschaftlich zu machen.

Als weitere Konversionstechnologie ist das Nutzungspotential der biogenen Kraftstoffe diskutiert worden. Dieser Nutzung wird weltweit ein erhebliches Entwicklungspotential eingeräumt. Schätzungen zufolge wird prognostiziert, dass sich die Äthanolproduktion weltweit von 2007 bis 2010 von ca. 60 auf etwa 80 Mio. Kubikmeter erhöhen wird bei gleichzeitiger Ausdehnung der Biodieselproduktion von etwa 8 auf 19 Mio. Tonnen. Wenn diese Prognosen

zutreffen, kann dies auch angesichts der weltweiten Veränderungen im Ernährungsverhalten zu einer Verschärfung der Konkurrenzsituation um die verfügbaren Substrate führen. Auch in diesem Zusammenhang sind Nachhaltigkeitsanforderungen für die Erzeugung von Biokraftstoffen von großer Bedeutung und die hierbei wichtigen Kriterien sind Verfahren, die zur Reduktion der Emission von Treibhausgasen beitragen, der Erhalt der Biodiversität, die Nachhaltigkeit in der Flächenbewirtschaftung und schließlich die Beachtung der möglichen Konkurrenzsituation Food/Feed.

Ein für die Energiegewinnung bislang wenig beachteter Bereich sind die sogenannten extremophilen Mikroorganismen. Dabei handelt es sich um Organismen, die hinsichtlich ihres Habitats in Bezug auf Temperatur und Druck extremen Umweltsituationen ausgesetzt sind. Diese Mikroorganismen repräsentieren ein großes Artenspektrum mit zum überwiegenden Teil noch nicht vollständig geklärten Stoffwechselwegen. Ob sie als potentielle Kandidaten im Zusammenhang mit biobasierenden Technologien, also möglicherweise auch im Hinblick auf Rohstoffherzeugung eine Bedeutung haben werden, ist in weiteren Untersuchungen zu klären. Da die beispielsweise aus der Tiefsee entnommenen Mikroorganismen unter „normalen“ Bedingungen in der Regel nicht lebensfähig sind, wären deren Milieubedingungen auf Laborebene nachzubilden, was jedoch nur mit erheblichem Aufwand möglich ist. Als mögliche Alternative wurde daher diskutiert, gezielt spezifische Gene aus diesen Organismen zu isolieren und auf andere, leichter kultivierbare Stämme zu übertragen.

3. Optimierungsansätze

- Erfahrungen und Optimierungspotenzial der Energiepflanzenvergärung
Prof. Dr. Rudolf Braun & Dipl. Ing. Roland Kirchmayr, Wien
- Nachhaltigkeitsaspekte bei der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen für die energetische Nutzung
Prof. Dr. Olaf Christen, Halle

- Optimierung des Anbaus und der Bereitstellung von Substraten für die Biogasproduktion
Dr. Armin Vetter, Jena
- Nebenprodukte aus der Bioenergiegewinnung: Perspektiven für die Tierfütterung
Prof. Dr. Markus Rodehutschord, Halle

Das in Österreich entwickelte System zum Monitoring von Biogasanlagen orientiert sich am Gesamtsystem, d. h., es umfasst die Prozesskette von der Substratlagerung über die Massenbilanz, die biochemischen Betriebsparameter sowie die Energie- und Umweltbilanz. Damit liefert dieses Kontrollsystem belastbares Datenmaterial, um sowohl das Entwicklungspotenzial als auch den Entwicklungsbedarf aus Sicht der Anlagenbetreiber abzuleiten. Ein Spezifikum in Österreich ist die prioritäre Nutzung von Biogas zur Stromproduktion, woraus eine im Vergleich mit anderen europäischen Ländern nur geringe Wärmenutzung resultiert. Aus Betreibersicht besteht für die Anlagenbetreuung ein ausgeprägter Bedarf.

Als Nachhaltigkeitsaspekte bei der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen für die energetische Nutzung stellen die Ökonomie, die Ökologie und die soziale Akzeptanz die entscheidenden Kriterien dar, wobei in den letzten Jahren eine vorrangige Konzentrierung auf Umweltverträglichkeit eingetreten ist. Risikopotenziale sind beispielhaft am Maisanbau zu verdeutlichen, wobei die unzureichende Rückführung von organischer Substanz ebenso wie potenzielle Nitratbelastungen besonders zu beachten sind. Wünschenswert wäre ein nach Standortmerkmalen abgeleitetes Pflanzenbausystem, das ökonomischen und ökologischen Anforderungen Rechnung trägt. Ein besonderes Problem resultiert im Bereich des intensivierten Pflanzenbaus beispielsweise in Form besonders klimarelevanter Emissionen von Lachgas. Ein integriertes Pflanzenbausystem kann auch potenzielle Infektionsketten unterbrechen und damit unter phytomedizinischen Gesichtspunkten als vertretbar beurteilt werden.

Rückstände oder Nebenprodukte aus der Bioenergiegewinnung können als Futtermittelkomponenten

eingesetzt werden. Wertbestimmende Anteile sind vor allem Rohprotein und unterschiedliche Faserkomponenten. So können beispielsweise Getreideschlempen getrocknet oder pelletiert für Wiederkäuerrationen Verwendung finden. Unter Berücksichtigung des jeweils vorhandenen Aminosäurespektrums kommen sie grundsätzlich auch für monogastrische Tiere in Frage. Ein wesentlicher Punkt bei der Beurteilung der Eignung dieser Nebenprodukte ist die stoffliche Varianz, die eine enge analytische Begleitung derartiger Futterkomponenten erforderlich macht. Ein weiterer wesentlicher Gesichtspunkt ist der Hygienestatus und die Erfassung potentiell negativ wirkender Inhaltsstoffe. Nebenprodukte können also als wertvolle Substrate beurteilt werden, sie erfordern jedoch ein höheres Maß an Kontrollverfahren.

4. Ökonomische Betrachtungen

- Standortvorzüglichkeiten der Biogasproduktion
Prof. Dr. Enno Bahrs, Wien
- Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung
– Empfehlungen an die Politik
Prof. Dr. Folkhard Isermeyer, Braunschweig

Der hohe Zuwachs an Biogasanlagen ist u. a. durch die potenziell überdurchschnittliche Energieeffizienz und das Wertschöpfungspotenzial bedingt. Dabei sind jedoch durchaus Defizite in der Energie- und Umwelteffizienz zu berücksichtigen, die möglicherweise durch den Ersatz kleiner dezentraler Anlagen durch größere Biogasanlagen vermindert werden können. Ihre Einrichtung sollte ebenso wie staatliche Fördermaßnahmen nur auf der Grundlage umfassender Standortanalysen erfolgen, für die Landnutzungsmodelle bereits als Grundlage vorliegen. Hierzu liegen umfassende und detaillierte Empfehlungen aus dem Gutachten vom Wissenschaftlichen Beirat Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vor. Dabei wird gegenüber der Bioenergie langfristig der Nutzung von Solar- und Windkraft eine dominierende Bedeutung zugeordnet, wobei jedoch deren Erschließung als besondere Herausforderung zu beurteilen ist. Ange-

sichts limitierter Ackerflächen sollte die Förderung der Bioenergie-Anlagen in der Bundesrepublik nur dann erfolgen, wenn ihr Betrieb nicht mit der Konkurrenz um Nahrungs-/Futtermittelproduktion verbunden ist, zur Vermeidung der Methan-Emissionen aus Gülle beiträgt oder durch ein hohes CO₂-Vermeidungspotenzial gekennzeichnet ist. Außerdem wurde deutlich, auf welche Weise staatliche Maßnahmen und Anreize der direkten oder indirekten Förderung erheblichen Einfluss auf die Realisierung bestimmter Technologien ausüben können. So können beispielsweise gesetzlich verankerte Mindestvergütungen oder

Bonuszahlungen zu erheblichen Fehlallokationen knapper wirtschaftlicher Ressourcen führen sowie erhebliche ökologische oder soziale Probleme nach sich ziehen.

Mit den 22. Hülsenberger Gesprächen, die angesichts der sich verschärfenden globalen Energieproblematik durch besondere Aktualität gekennzeichnet waren, ist es gelungen, eine komplexe Thematik zu analysieren, Potenziale ebenso wie Limitierungen zu definieren und Lösungsmöglichkeiten bzw. -ansätze darzustellen.

Schlussworte



Meine sehr verehrten Damen und Herren,
diese 22. Hülsenberger Gespräche standen unter einem hochaktuellen Thema und im Namen des Vorstandes bedanke ich mich ganz herzlich bei allen Referenten, die die neuesten Erkenntnisse fachübergreifend in verständlicher Form dargestellt haben. Die lebhaften Diskussionen wurden von den Diskussionsleitern im zeitlichen Ablauf der Tagung sehr gut geführt, so dass der Ablauf der Gespräche wie üblich in dem vorgegebenen Zeitrahmen ablaufen konnte. Ich danke den Diskutanten, die durch ihre Wortmeldungen aktiv die Gespräche zu dem werden ließen wie es den Zielvorgaben entspricht.

Ein besonderer Dank gilt den Gesellschaftern, Herrn Charles Seiller und Herrn Oliver Seiller, die mit großem Interesse den Vorträgen und Diskussionen gefolgt sind und die Stiftung und in diesem Falle die Hülsenberger Gespräche wohlwollend begleiten. Ein weiterer Dank gilt den Geschäftsführern Herrn Rudolf Buchleitner, Herrn Dr. Walter Kramer und Herrn Rüdiger Schramm. Zum Schluss danke ich allen, die zum Gelingen dieser Gespräche beigetragen haben.

Ich wünsche Ihnen eine sichere Heimfahrt und schließe die 22. Hülsenberger Gespräche.

Teilnehmer an den 22. HÜLSENBERGER GESPRÄCHEN 2008

ABEL, Prof. Dr. Hansjörg	Georg-August-Universität, Göttingen
ANTRANIKIAN, Prof. Dr. Dr. h. c. Garabed	Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg
BAHRS, Prof. Dr. Enno	Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich
BANEMANN, Dirk	Universität Rostock, Rostock
BECKER, Prof. Dr. Heiko	Georg-August-Universität, Göttingen
BERG, Prof. Dr. Ernst	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
BLANCK, Niklas	Georg-August-Universität, Göttingen
BRAUN, Prof. DI Dr. Rudolf	Universität für Bodenkultur Wien, Tulln, Österreich
BREUSTEDT, Dr. Gunnar	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
BREVES, Prof. Dr. Gerhard	Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover H. Wilhelm Schaumann Stiftung
BRUCKMAIER, Prof. Dr. Rupert	Universität Bern, Bern, Schweiz
BRUNSCH, Prof. Dr. Reiner	Leibniz-Institut für Agrartechnik, Potsdam-Bornim e.V., Potsdam
BUCHLEITNER, Rudolf	Union Agricole Holding AG, Pinneberg
VON BÜLOW, Dr. Detlev	bm Management Partner GmbH, Westensee
BULLA, Dr. Hans-Joachim	Ligrana GmbH, Pinneberg

CHRISTEN, Prof. Dr. Olaf	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle
DÄNICKE, PD Dr. Sven	Friedrich-Loeffler-Institut, Braunschweig
DIEKMANN, Dr. Ludwig	Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Oldenburg
VON FELDE, Dr. Andreas	KWS Saat AG, Einbeck
FLACHOWSKY, Prof. Dr. Gerhard	Friedrich-Loeffler-Institut, Braunschweig
FRITZ, Dipl.-Wirtsch.-Ing. Thomas	HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Göttingen
GAULY, Prof. Dr. Matthias	Georg-August-Universität, Göttingen
GEORG, Dr. Heiko	Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig
GEROWITT, Prof. Dr. Bärbel	Universität Rostock, Rostock
GOCK, Prof. Dr.-Ing. Eberhard	TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld
GRAF ZU ELTZ, Carl	Gut Wolfring, Fensterbach
GRAVERT, Prof. Dr. Dr. h. c. Hans-Otto	Kronshagen
GRONAUER, Dr. Andreas	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising
GROSSE, PD Dr. Werner	TU Dresden, Tharandt
HABERMANN, Msc. Hendrik	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
HAMMERER, Dr. Johann	Schaumann Agri International GmbH, Wien, Österreich
HARTUNG, Prof. Dr. Jörg	Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover
HELLMUTH, Prof. Dr. Urban	Fachhochschule Kiel, Rendsburg
HENSEL, Prof. Dr. Dr. Andreas	Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin
HERBES, Dr. Carsten	NAWARO Bio Energie AG, Leipzig
HERRMANN, Olaf	Vattenfall Europe Transmission GmbH, Berlin

HOFMANN, Dr. Christian	Schaumann BioEnergy GmbH, Pinneberg
HÜGLE, Prof. Dr. Thomas	BiomasseVerwertung, Kiel
ISERMEYER, Prof. Dr. Folkhard	Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig
JANDRISOVITS, Dipl.-Ing. agr. Gerald	H. Wilhelm Schaumann GmbH, Pinneberg
JUNG, Prof. Dr. Christian	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
JUNGE, Dr. Wolfgang	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
KAESLER, Dr. Bruno	Lohmann Animal Health GmbH & Co. KG, Cuxhaven
KAGE, Prof. Dr., Henning	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
KALM, Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Ernst	H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Hamburg
KALTSCHMITT, Prof. Dr. Martin	Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg
KIRCHMAYR, Dipl.-Ing. Roland	Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich
KRAMER, Dr. Walter	Union Agricole Holding AG, Pinneberg
KRICK, Friederike	agrar-press, St. Goar
LETTNER, Dr. Hans- Peter	Lactosan GmbH & Co. KG, Kapfenberg, Österreich
LIEBERT, Prof. Dr. Frank	Georg-August Universität, Göttingen
LINDORFER, Dr. Harald	Schaumann BioEnergy GmbH, Pinneberg
LINKE, Prof. Dr. Bernd	Leibniz-Institut für Agrartechnik, Potsdam-Bornim e.V., Potsdam
LÜHRS, Dr. Friedrich	UNA-HAKRA Hanseatische Kraffuttergesellschaft mbH, Hamburg
LÜPPING, Dr. Werner	Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Kiel
MARTENS, Prof. Dr. Holger	Freie Universität Berlin, Berlin
MATHIES, Dr. Edmund	IS Forschungsgesellschaft mbH, Pinnneberg

MAYRHUBER, Dr. Elisabeth	Lactosan GmbH & Co. KG, Kapfenberg, Österreich
MOSENTHIN, Prof. Dr. Dr. h. c. Rainer	Universität Hohenheim, Stuttgart
MULL, Jutta	EWM GmbH, Pinneberg
NELLES, Prof. Dr. Michael	Universität Rostock, Rostock
PECHER, Dr. Hans-Peter	IS Forschungsgesellschaft mbH, Pinneberg
PREISSLER, Dipl.-Ing. agr. Daniel	Universität Hohenheim, Stuttgart
PRICKER, Dr. Hermann	H. Wilhelm Schaumann GmbH, Pinneberg
RAAB, Dr. Leonhard	IS Forschungsgesellschaft mbH, Pinneberg
RAFFASEDER, Dr. Christian	H. Wilhelm Schaumann Ges. m.b.H & Co. KG, Brunn am Gebirge, Österreich
RAMHOLD, Dipl.-Ing. (FH) Dietmar	IS Forschungsgesellschaft mbH, Wahlstedt
REINHARDT, Dr. Guido	Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg
RODEHUTSCORD, Prof. Dr. Markus	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle H. Wilhelm Schaumann Stiftung
ROSENWINKEL, Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz	Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Hannover
RUCKENBAUER, Prof. Dr. Peter	Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Österreich
SCHAFFNER, Dr. Achim	DLG, Frankfurt/Main
SCHMITZ, Dr. Norbert	meó Consulting Team, Köln
SCHOLZ, Dr.-Ing. Volkhard	Leibniz-Institut für Agrartechnik, Potsdam
SCHRAMM, RA Rüdiger	H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Hamburg
Schwarz, Prof. Dr. Frieder	TU München, Freising – Weißenstephan H. Wilhelm Schaumann Stiftung

SCHWERIN, Prof. Dr. Manfred	Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere, Dummerstorf H. Wilhelm Schaumann Stiftung
SEILLER, Dipl. Kfm. M.B.A. Charles A.	H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Hamburg
SEILLER , M.B.A. Olivier M.	H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Hamburg
SMIDT, Prof. Dr. Dr. h. c. Diedrich	Garbsen
SPIEKERS, Dr. Hubert	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Poing-Grub
STRAUCH, Dipl.-Ing. Wolfram	IS Forschungsgesellschaft mbH, Pinneberg
STRECKER, Dr. rer. nat. Michael	ARES GbR, Hannover
SÜDEKUM, Prof. Dr. Karl-Heinz	Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
SUSENBETH, Prof. Dr. Andreas	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
SWALVE, Prof. Dr. Hermann H.	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle
TAUBE, Prof. Dr. Friedhelm	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
TEMPEL, Dipl. Kfm. Peter	Huelsenberg Holding GmbH & Co. KG, Pinneberg
VON TIEDEMANN, Prof. Dr. Andreas	Georg-August Universität Göttingen, Göttingen
VETTER, Dr. Armin	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena
WAGNER, Bernhard	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle
WAGNER, Prof. Dr. Peter	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle
WAHMHOFF, Prof. Dr. Werner	Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück
WEICGREBE, Dr.-Ing. Dirk	Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Hannover
WEILAND, Prof. Dr.-Ing. Peter	Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig
WEISTHOFF, Dr. Wilhelm	H. Wilhelm Schaumann Stiftung, Hamburg
WENK, Prof. Dr. Caspar	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich, Schweiz

WINKELMANN, Dr. Jörg	Schaumann BioEnergy GmbH, Pinneberg
WOLFFRAM, Prof. Dr. Siegfried	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel
WÖLGER, DI Reinhold	H. Wilhelm Schaumann Ges. m.b.H & Co. KG, Brunn am Gebirge, Österreich
WÜRZNER, Univ.-Doz. Dr. Herbert	Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungs- sicherheit GmbH, Wien, Österreich
ZEYNER, Prof. Dr. Annette	Universität Rostock, Rostock
ZUMSANDE, Stephan	UNA-HAKRA Hanseatische Kraftfuttergesellschaft mbH, Hamburg