nachwachsende-rohstoffe.de

Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe"

Band 31

Symposium Energiepflanzen 2007



Symposium Energiepflanzen

24./25. Oktober 2007 in Berlin

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Hofplatz 1 · 18276 Gülzow Tel.: 03843/6930-0

Fax: 03843/6930-102 info@fnr.de • www.fnr.de

Redaktion

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) Abt. Öffentlichkeitsarbeit

Layout und Herstellung

nova-Institut GmbH, 50354 Hürth www.nova-institut.de/nr

Druck und Verarbeitung

Media Cologne Kommunikationsmedien GmbH, 50354 Hürth www.mediacologne.de

Förderung

Erstellt mit finanziellen Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin (BMELV).

Für die Ergebnisdarstellung mit Schlussfolgerungen, Konzepten und fachlichen Empfehlungen sowie die Beachtung etwaiger Autorenrechte sind ausschließlich die Verfasser zuständig. Daher können mögliche Fragen, Beanstandungen oder Rechtsansprüche u. ä. nur von den Verfassern bearbeitet werden. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen und dergleichen in dieser Veröffentlichung berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei betrachtet und damit von jedermann benutzt werden dürften. Ebenso wenig ist zu entnehmen, ob Patente oder Gebrauchsmusterschutz vorliegen. Die aufgeführten Bewertungen und Vorschläge geben nicht unbedingt die Meinung des Herausgebers wieder.

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder archiviert werden.

Diese Veröffentlichung kann zum Preis von 35 EUR beim VERLAG TH. MANN GmbH & Co. KG, Nordring 10, 45894 Gelsenkirchen, bezogen werden.

ISBN 978-3-9803927-2-3

Inhalt

Einführung

Energiepflanzen – Beitrag zu Ressourcen- und Klimaschutz sowie zur Einkommenssicherung in der Landwirtschaft 9 Staatssekretär Gert Lindemann
Stand und Potentiale der Biomassenutzung in Deutschland
Anforderungen an die Energiepflanzenproduktion aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes
Projektförderung als Beitrag zur Optimierung des Energiepflanzenanbaus
Anbauforschung
Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die Produktion von Energiepflanzen
Länderkooperation Biomasse für SunFuel®
Standortvergleiche zum Zweikulturen-Nutzungssystem

Züchtung/neue Kulturen

Strategien der KWS im Bereich der Energiepflanzenzüchtung 115 Dr. Hinrich Harling
Strategien der Saatenunion im Bereich der Energiepflanzenzüchtung
Sonnenblumen und Roggenganzpflanzen als Biogasubstrat 134 Dr. Volker Hahn
Sorghumarten – Sorten und Herkünftevergleich
Ökologische Aspekte
Ökologische Begleitforschung zum Energiepflanzenanbau 151 <i>Johannes Hufnagel</i>
Strategien zur naturverträglichen Biomassebereitstellung 163 Prof. Alois Heißenhuber
Nachwachsende Rohstoffe als Option für den Naturschutz
Landwirtschaftliche Energieholzproduktion
Schnellwachsende Baumarten – Lösungen und Probleme 185 Dr. Martin Hofmann
Kurzumtriebsplantagen in Schweden
Agroforstsysteme als Option der Biomasseerzeugung206 Dr. Bernd Uwe Schneider

Ernte, Logistik und Ökonomie

Ökonomische Bewertung verschiedener Anbausysteme225 Prof. Friedrich Kuhlmann und Dr. Thore Toews
Energiepflanzen als Herausforderung für die Landtechnikindustrie
Entwicklung, Erprobung und Demonstration neuer Logistikkonzepte für Biobrennstoffe
Bewertung von Biogasubstraten mittels NIRS262 Dr. Helmut Meßner
Datensammlung Energiepflanzen

Symposium

Energiepflanzen

EINFÜHRUNG

Energiepflanzen – Beitrag zu Ressourcenund Klimaschutz sowie zur Einkommenssicherung in der Landwirtschaft

Staatssekretär Gert Lindemann Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

"Energiepflanzen" boomen und werden weltweit auf mehr als 14 Mio. Hektar angebaut, mit steigender Tendenz. Und auch in Deutschland nimmt ihr Anbau zu.

Bioenergie aus Energiepflanzen trägt zur Substitution fossiler Rohstoffe und zur Vermeidung von CO_2 -Emissionen bei. Positive Dinge und trotzdem hat das Thema "Energiepflanzen" die Gemüter in letzter Zeit sehr erhitzt und für sehr kontroverse Diskussionen gesorgt.

Die Schlagworte, die jüngst immer wieder fallen, sind Monokulturen, erhöhte Düngung, intensiverer Pflanzenschutz und Nutzungskonkurrenz. Im Extrem werden die Energiepflanzen sogar für die steigenden Nahrungsmittelpreise verantwortlich gemacht.

Natürlich hat jede Medaille zwei Seiten, aber wenn es um Energiepflanzen geht, habe ich den Eindruck, dass derzeit die Potenziale und positiven Effekte des Energiepflanzenanbaus überhaupt nicht wahrgenommen werden. Es ist daher höchste Zeit eine Zwischenbilanz zu ziehen und deutlich zu machen, was wir tatsächlich von Energiepflanzen erwarten können, wo sie uns nutzen und wo nicht.

Das heutige Symposium kommt gerade zur rechten Zeit. Der Anbau von Energiepflanzen hat in Deutschland mit 1,75 Mio. Hektar, das sind mehr als 14% der rund 12 Mio. Hektar Ackerfläche, ein neues Rekordhoch erreicht. Und wahrscheinlich wird der Anbau noch zunehmen. Gleichzeitig steigt weltweit die Nachfrage nach Nahrungsmitteln und nach Energie, was sich natürlich auf die Verfügbarkeit und die Preise für Agrarrohstoffe auswirkt. Die Nahrungsmittelpreise bleiben davon nicht verschont.

Wir müssen uns also in der Tat Gedanken machen, wie wir

- unseren Bedarf an Bioenergie und an Nahrungsmitteln decken,
- unsere heimischen Ressourcen (Biomasse und landwirtschaftliche Nutzfläche) möglichst effizient nutzen,
- aktiven Klimaschutz betreiben,
- und dabei unerwünschte Nebeneffekte minimieren (z.B. eine negative Veränderung des Landschaftsbildes).

Auf die nationale Ebene bezogen mag sich das ein wenig wie die Quadratur des Kreises anhören. Wir sind aber Teil einer globalisierten Welt, in der neben den konventionellen Agrarrohstoffen auch zunehmend "Bioenergie" gehandelt wird. Wir sind also nicht nur auf unsere heimische Produktion angewiesen, sondern können – und müssen – auch auf Importe aus anderen Ländern zurückgreifen. Auf die besondere Bedeutung des Themas "Nachhaltigkeit" in diesem Zusammenhang komme ich nachher noch zu sprechen.

Das heutige Symposium soll sich aber auf Energiepflanzen in Deutschland konzentrieren. In verschiedenen Fachforen soll ausgelotet werden, wo wir bei Anbau, Züchtung sowie Ernte, Logistik und Ökonomie dieser Pflanzen stehen. Die Energieholzproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen wird dabei ebenfalls thematisiert.

Selbstverständlich wird es auch zu den ökologischen Fragen ein Forum geben. Auf dessen Ergebnisse bin ich besonders gespannt, da die Energiepflanzen wegen möglicher negativer Umwelteinwirkungen nicht nur am Pranger stehen, sondern ihr Anbau auch sehr interessante neue Möglichkeiten für die Zusammenarbeit von Landwirtschaft und Naturschutz bietet.

Insgesamt soll das Symposium "Energiepflanzen"

- ein Forum zur Diskussion aktueller Fragen der Energiepflanzenzeugung bieten,
- einen Überblick über den Stand von Forschung und Entwicklung auf diesem Sektor geben,
- den notwendigen Handlungsbedarf aufzeigen.

Es soll natürlich auch dazu dienen.

 die vielfältigen Aktivitäten des BMELV bei Energiepflanzen vorzustellen,

- die bisherigen Ergebnisse der FNR-Projekte einem breiteren Kreise zugänglich zu machen
- und weitere konzeptionelle Überlegungen anzustoßen.

Meine Damen und Herren,

lassen Sie mich zunächst ein paar Worte zu den Energie- und Klimaschutzzielen der Bundesregierung sagen, um die maßgeblichen politischen Vorgaben noch einmal zu verdeutlichen.

Die Bundesregierung hat sich zu einem deutlichen Bekenntnis zum Ausbau der erneuerbaren Energien und der nachwachsenden Rohstoffe verpflichtet.

Unter anderem soll gemäß den Ergebnissen der Klausurtagung des Kabinetts in Meseberg:

- der Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch bis 2010 verdoppelt und bis 2020 auf 20% gesteigert werden,
- der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch bis 2020 auf 25 30 % gesteigert werden und
- der Anteil von Biokraftstoffen am gesamten Kraftstoffverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 17 % und
- der Anteil der Wärme aus erneuerbaren Energien von derzeit 6 % auf 14 % bis 2020 steigen.

Diese Ziele ergeben sich im Wesentlichen aus den Vorgaben des Europäischen Rates vom März dieses Jahres.

Außerdem hat sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt, die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe gemeinsam mit der Wirtschaft voranzubringen. Bei alldem stehen wir nicht mehr am Anfang, sondern haben in den letzten Jahren bereits eine Menge erreicht.

Das Verdoppelungsziel für erneuerbare Energien bis 2010 wurde in Deutschland in 2006 mit einem Anteil von 5,3 % am gesamten Primärenergieverbrauch bereits übertroffen. Die weitere Steigerung auf 20 % in 2020 ist jetzt aber noch zu bewältigen.

Von besonderer Bedeutung ist dabei die Bioenergie: Sie hatte 2006 mit rd. 72 % den größten Anteil an den erneuerbaren Energien, gefolgt von Windkraft und Wasserkraft.

Rund 6,3 % des deutschen Gesamtkraftstoffbedarfs wurde 2006 mit Biokraftstoffen gedeckt. Verbraucht wurden ca. 2,5 Mio. Tonnen Biodiesel, 1,1 Mio. Tonnen reines Pflanzenöl und 0,5 Mio. Tonnen Bioethanol.

Bei der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien hat die Biomasse – hierbei handelt es sich vor allem um Holz – sogar einen Anteil von rd. 94%.

Insgesamt deckte die Bioenergie 2006 in Deutschland damit 3,6 % unseres Primärenergieverbrauchs.

Die Produktionskapazitäten für Biokraftstoffe und Bioethanol in Deutschland sind in den letzten Jahren stark ausgeweitet worden. 2006 wurden in Deutschland 3,5 Mio. Tonnen Biodiesel hergestellt. Weitere Anlagen sind im Bau oder in konkreter Planung, so dass bis Ende 2007 mit einer Kapazität von 5 Mio. Tonnen/a gerechnet werden kann.

Die Anzahl der Biogasanlagen wird bis Ende des Jahres auf etwa 3.900 ansteigen. Aktuell ist ein gewisser Stillstand bei Neuinvestitionen zu beobachten, bedingt durch die zurzeit relativ hohen Rohstoffpreise, Finanzierungsrisiken und Unsicherheit über die zukünftigen Rahmenbedingungen während der Novellierung des EEG.

Auch die Bioethanol-Produktionskapazitäten steigen weiter, auf voraussichtlich 900.000 m³ bis Ende des Jahres. Ein weiterer Ausbau ist geplant. Hier muss abgewartet werden, ob die Planungen auch tatsächlich umgesetzt werden. Die aktuell hohen Getreidepreise dämpfen sicherlich den Elan.

Meine Damen und Herren,

Energiepflanzen leisten ganz wesentliche Beiträge zum Ressourcen und Klimaschutz. Sie führen zur Schonung endlicher, fossiler Ressourcen und zur Verringerung der CO₂-Emissionen, die ansonsten durch die Verbrennung von fossilen Rohstoffen entstehen würden.

Die aktuelle Klimadebatte zeigt sehr deutlich, dass der Klimaschutz immer wichtiger wird und uns immer mehr abverlangt. Auf den Beitrag der Energiepflanzen zum Klimaschutz können wir dabei nicht verzichten. In 2006 hat die Bioenergie, die zu einem erheblichen Anteil auf Energiepflanzen beruht, in Deutschland eine Reduzierung des $\rm CO_2$ -Ausstoßes um 44 Mio. Tonnen $\rm CO_2$ -Äquivalent bewirkt.

Ganz klima-neutral sind leider auch die Energiepflanzen nicht, da für ihre Produktion, Verarbeitung und Bereitstellung auch Energie benötigt wird.

Das energetische Potenzial der Energiepflanzen ist beträchtlich. Mittelbis langfristig können ca. 1.400 bis 2.200 Petajoule Energie aus heimischer Biomasse gewonnen werden. Das Potenzial der Energiepflanzen wird dabei auf 450 bis 1.150 Petajoule geschätzt, je nach dem, welchen Flächenumfang man unterstellt. Die verschiedenen Studien halten in 2030 eine Bandbreite von 2 bis 5 Mio. ha Energiepflanzen für möglich. Beim derzeitigen Primärenergieverbrauch in Deutschland von 14.500 Petajoule könnten durch Energiepflanzen 3 bis 8 % des Bedarfs gedeckt werden.

Wenn man bedenkt, dass in Deutschland unter günstigen Voraussetzungen 10 bis 15% des Primärenergiebedarfs insgesamt durch heimische Biomasse gedeckt werden kann, könnte davon ungefähr die Hälfte auf die Energiepflanzen entfallen. Zugegebenermaßen sind dabei eine Ganzpflanzennutzung und eine hocheffiziente Energienutzung (z.B. durch Kraftwärmekopplung) unterstellt, die heute so noch nicht gegeben sind. Vieles ist also noch Zukunftsmusik.

Bis zu 5 Mio. ha Energiepflanzen, das hört sich viel an. Für die Landwirtschaft wäre das aber nichts Ungewöhnliches, wenn man bedenkt, dass bis in die Fünfziger Jahre (des letzten Jahrhunderts) etwa ein Drittel der Ackerfläche für die Produktion von Futter – d.h. Energie – für die Zugtiere benötigt wurde. Heute haben wir Mühe, bestimmte Fruchtarten, die damals angebaut wurden, wie z.B. den Hafer, überhaupt noch im Anbau zu halten. So haben sich die Dinge geändert.

So lange ist es noch nicht her, dass die verfügbare Ackerfläche nicht ausreichte, um genügend Nahrungsmittel zu erzeugen. Das ist heute. Dank des züchterischen und anbautechnischen Fortschritts anders. Ich sehe bei den Ackerflächen Reserven für den Anbau von Energiepflanzen, ohne dass die Produktion von Nahrungsmitteln eingeschränkt werden müsste. Wie groß diese Reserven genau sind, lässt sich derzeit nur schwer sagen.

In der Tendenz führen jedenfalls verschiedene Faktoren zur Freisetzung von Flächen, die dann auch für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen genutzt werden können:

- der Produktivitätsfortschritt in der Landwirtschaft von 1 2% pro Jahr (ca. 180.000 ha pro Jahr) insbesondere werden züchterisch verbesserte Pflanzen dazu beitragen
- und weitere anstehende EU-Agrarmarktreformen, z.B. bei Milch (einige 10.000 ha).

Wir brauchen also unsere Nahrungsmittelproduktion nicht einzuschrän-

ken, wenn wir mehr Energie aus Energiepflanzen gewinnen. Und damit komme ich zu meinem nächsten Punkt: Der Nutzungskonkurrenz.

Meine Damen und Herren,

Das Thema "Nutzungskonkurrenz" ist von Bedeutung, nicht nur im Hinblick auf die zunehmende Konkurrenz von Nahrungsmittelerzeugung und Bioenergie, sondern auch im Hinblick auf die Konkurrenz von Bioenergie und stofflicher Erzeugung.

Wir müssen das Thema ernst nehmen, sollten es aber auch nicht dramatisieren. Nutzungskonkurrenz hat es schon immer gegeben, das liegt in der Natur der Sache. Besonders betroffen sind natürlich Regionen mit einem hohen Anteil an Veredelungswirtschaft. Dort wird traditionell um knappe Flächen gerungen und dort verschärft sich die Situation natürlich zuerst. Aktuell gibt es aber keine Hinweise, dass sich die Situation, z. B. bei den Pachtpreisen, großflächig gravierend durch die Bioenergie verschlechtert hat.

Die relativ hohen Preise für landwirtschaftliche Produkte sind Ergebnis globaler Marktentwicklungen und nicht Ergebnis einer Flächenknappheit in Deutschland.

Die wichtigsten Faktoren sind:

- eine weltweit steigende Nachfrage nach Agrarrohstoffen und Bioenergie (angekurbelt vor allem durch die Schwellenländer wie Indien und China),
- Produktionsausfall in wichtigen Lieferländern (z.B. Australien),
- Tiefstand der Lagerbestände.

Die Zeiten, wo die Lebensmittelpreise als Inflationsbremse gewirkt haben sind vorbei. Darauf müssen sich die Ernährungsindustrie, der Handel und die Verbraucher einstellen.

Und ich sage an dieser Stelle ganz offen, dass stabile Preise für Produkte aus der Land- und Forstwirtschaft aus Sicht des BMELV im Hinblick auf die Einkommenslage der Betriebe sehr willkommen sind. Höhere Rohstoffpreise sorgen im Übrigen für Anreize für die Nahrungsmittelerzeugung. Wenn es sich finanziell lohnt, brauchen wir uns um die Zukunft der Nahrungsmittelproduktion in Deutschland keine Sorge zu machen.

Zugleich verschlechtern hohe Rohstoffpreise natürlich auch die Wirtschaftlichkeit der Bioenergie. Hier wird der Markt für ein Gleichgewicht sorgen.

Allerdings müssen wir die weitere Entwicklung sehr genau beobachten und ich gebe zu, dass die Datenlage nicht optimal ist. Aus statistischen Quellen stehen viele der benötigten Informationen nicht zur Verfügung. Deshalb kann die in letzter Zeit so rasant verlaufene Entwicklung oft nur über Experteneinschätzungen abgebildet werden. Hier muss dringend an einer Verbesserung der Datenlage gearbeitet werden.

Niemand darf aber erwarten, dass wir alles bis zum Letzten prognostizieren und vorherplanen können. Ob die Landwirte Energiepflanzen anbauen, bzw. diese nachgefragt werden, wird wesentlich von der Marktlage bestimmt werden.

Nur billige Rohstoffe zu liefern, hat für die Landwirte sicher keine Zukunft.

Die Landwirte werden umso mehr vom Energiepflanzenanbau profitieren, je mehr sie in Wertschöpfungsketten eingebunden werden. Dafür gibt es bereits hervorragende Beispiele wie Bioenergiedörfer und andere Kreislaufkonzepte. Die Möglichkeit erneuerbare Energien dezentral zu nutzen, ist ein Glücksfall für den ländlichen Raum. Dem anhaltenden Trend zur Rationalisierung und zum Abbau von Arbeitsplätzen in ländlichen Regionen kann so zumindest ein Stück weit entgegen gewirkt werden. Das BMELV unterstützt den Aufbau von Wertschöpfungspartnerschaften ganz gezielt im Rahmen seiner Politik für den ländlichen Raum.

Meine Damen und Herren,

ein weiteres brisantes Thema sind die Umwelteinwirkungen von Energiepflanzen. Ohne Frage muss der Anbau von Energiepflanzen nachhaltig erfolgen. Für unsere heimische Landwirtschaft ist das selbstverständlich und durch das einschlägige Fachrecht geregelt. Dabei gelten für Energiepflanzen die gleichen Regelungen der guten fachlichen Praxis, wie für den Anbau der Pflanzen für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln. Das gilt auch und gerade für eine intensive Nutzung.

Ich kann auch nicht nachvollziehen, warum für Energiepflanzen spezielle Regelungen gefordert werden. Bislang handelt es sich doch um die gleichen Fruchtarten, nämlich im Wesentlichen um Raps, Mais, Weizen und Roggen, die sowohl für den food- als auch den non-food-Bereich

genutzt werden. Ob der Mais in die Milchviehfütterung wandert oder in die Biogasanlage entscheidet sich häufig ganz kurzfristig, in Abhängigkeit von der Situation auf dem Betrieb und der Marktlage. Selbst wenn neue Fruchtarten wie etwa eine spezielle Energiehirse oder so etwas Exotisches wie die Durchwachsene Silphie in den Anbau kämen, sehe ich keinen grundsätzlichen Unterschied. Auch beschäftigen sich Züchtung und Agrarforschung lange im Voraus mit neuen Kulturarten, so dass viel Erfahrung mit ihnen vorliegt, bevor sie wirklich großflächig in den Anbau kommen. Wir werden ja nachher noch hören, wie der Stand bei Züchtung und Anbauforschung bei Energiepflanzen aktuell ist.

Dass bislang für den Energiepflanzenanbau überwiegend Raps, Mais und Getreide verwendet werden, hängt ganz einfach damit zusammen, dass die Energienpflanzennutzung relativ jung ist und es spezielle Energiepflanzen derzeit praktisch nicht gibt. Man bedient sich daher der Fruchtarten, die bereits vorhanden sind, mit denen man gute Erfahrungen hat und die züchterisch weit bearbeitet sind. Für den Mais spricht darüber hinaus die effiziente Nutzung der Sonnenenergie.

Zukünftig könnten aber ganz neue Kulturen dazu kommen, die das Fruchtartenspektrum erweitern und die Fruchtfolgen auflockern würden. Auch könnten schnellwachsende Baumarten mehr als heute auf landwirtschaftlichen Flächen als sog. Kurzumtriebsplantagen angebaut werden. Eine Änderung des Bundeswaldgesetzes, die solche Flächen aus dem Geltungsbereich der Forstgesetzgebung herauslöst und damit den Anbau auf landwirtschaftlichen Flächen erleichtern soll, ist bereits in Arbeit. Da Kurzumtriebsplantagen eher extensiv bewirtschaftet werden, bekämen wir also Kulturen, die lange stehen und in die pflanzenbaulich wenig eingegriffen wird. Solche Flächen fördern auch die biologische Vielfalt; sie bieten sich also für eine Biotopvernetzung geradezu an.

Meines Erachtens bieten die Energiepflanzen auch neue Möglichkeiten für den Naturschutz und eine neue Schnittstelle für die Kooperation von Naturschutz und Landwirtschaft. Ich würde mich freuen, wenn dieses Symposium hier neue innovative Konzepte beflügeln würde.

Sollten Energiepflanzen jedoch Probleme im Anbau bereiten, muss selbstverständlich gegengesteuert werden. Das kann auch bedeuten, dass die gute fachliche Praxis ggf. angepasst werden muss. Ich sperre mich hier überhaupt nicht – schließlich gehören Rechtsänderungen für uns zum "alltäglichen Geschäft". Aber es muss dann auch eine sachliche Notwendigkeit vorliegen. Vorurteile gegenüber Energiepflanzen, wie sie all-

enthalber zu vernehmen sind, sind in diesem Zusammenhang sicher nicht relevant.

International ist die Situation leider ganz anders. Da wir nicht alle nachwachsenden Rohstoffe in Deutschland produzieren, sondern auch importieren, müssen wir auch die Situation in anderen Ländern vor Augen haben. Es wäre niemandem damit gedient und auch in der Öffentlichkeit nicht vermittelbar, wenn die Nutzung nachwachsender Rohstoffe bei uns auf Kosten von Natur und Umwelt in Entwicklungsländern ginge. Sehr bedenklich wäre z.B. die Rodung von Urwaldflächen in Ländern wie Brasilien, Indonesien oder Malaysia, um dort Zuckerrohr oder Ölpalmen für den Export anzubauen.

Deswegen will die Bundesregierung internationale Standards für den nachhaltigen Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für die Erzeugung von Biokraftstoffen definieren und die Kontrolle durch ein Zertifizierungssystem gewährleisten. Das Biokraftstoffquotengesetz enthält bereits eine Ermächtigung, die Anrechnung von Biokraftstoffen auf die Quoten an Nachhaltigkeitskriterien zu binden. Der federführende Finanzausschuss des Deutschen Bundestages hatte die Bundesregierung aufgefordert, von dieser Ermächtigung zeitnah Gebrauch zu machen. Nach Vorstellungen des Ausschusses sollen dabei sowohl die cross-compliance-Regelungen als auch eine positive CO_2 -Bilanz Eingang finden. Mein Haus und das Bundesumweltministerium arbeiten derzeit intensiv an der Erstellung solcher Nachhaltigkeitskriterien.

Meine Damen und Herrn

Energiepflanzen haben ein großes Potenzial im Hinblick auf den Klimaschutz, die Schonung fossiler Ressourcen, die Versorgungssicherheit und die Schaffung von Arbeitsplätzen und Einkommen im ländlichen Raum.

Das BMELV ist daher bestrebt

- Züchtung und Anbau eines breiten Spektrums von Energiepflanzen voran zu bringen,
- Ernte, Verarbeitung und Endnutzung der Energiepflanzen zu optimieren,
- neue logistische Konzepte für den Transport der Biomasse aus Energiepflanzen zu entwickeln,

- Energiepflanzen in Wertschöpfungsketten und
- Energiepflanzen in Naturschutzkonzepte zu integrieren.

Das BMELV fördert über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe bereits seit langem Projekte zum Energiepflanzenanbau. Allein zum Thema "schnellwachsende Baumarten und Miscanthus (Chinaschilf)" wurden fast 50 Projekte durchgeführt. Seit dem Jahr 2004 sind es bei Energiepflanzen rund 50 Projekte mit einem Fördervolumen von mehr als 13,5 Mio. Euro, darunter auch ein bundesweiter Anbauversuch.

Die Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis dauert jedoch sehr lange und beginnt erst jetzt in nennenswertem Umfang.

Ich hoffe, dass das heutige Symposium die Energiepflanzen auf ihrem-Weg in die Praxis ein Stück weiter bringt.

Gleichzeitig soll es aber auch deutlich machen, wo wir vorsichtig sein müssen, wo Grenzen sind oder unerwünschte Nebeneffekte drohen, die wir nicht in Kauf nehmen sollten. In diesem Sinne wünsche ich dem Symposium einen guten Verlauf und bin sehr gespannt auf die Ergebnisse.

Autor:

Staatssekretär Gert Lindemann Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Wilhelmstr. 54, 10117 Berlin E-Mail: gert.lindemann@bmelv.bund.de

Stand und Potenziale der Biomassenutzung in Deutschland

Prof. Martin Kaltschmitt Institut für Energetik und Umwelt (IE), Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE), Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH)

Biomasse soll insbesondere aus Umwelt- und Klimaschutzgründen – zusammen mit anderen regenerativen Energien – in Deutschland zukünftig deutlich mehr zur Deckung der Energienachfrage beitragen; dies ist auch erklärtes Ziel der deutschen und europäischen Klimaschutzpolitik. Deshalb wurden in den letzten Jahren Rahmenbedingungen geschaffen, die u.a. dazu geführt haben, dass zunehmend mehr Energie aus Biomasse bereitgestellt wird. Um die dadurch deutlich gestiegene Nachfrage nach Biomasse bzw. Bioenergieträgern kostengünstig zu decken, entstehen gegenwärtig regionale, überregionale und z.T. auch globale Märkte; damit kommt auch der Bereitstellung von Energiepflanzen wachsende Bedeutung zu. Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel dieses Vortrages, die in Deutschland vorhandenen Biomassepotenziale darzustellen und deren gegenwärtige Nutzung zu diskutieren.

1. Einleitung

Die Ressourcen fossiler Energieträger (z.B. Öl, Gas), die derzeit das Rückgrad der Energieversorgung bilden, sind a priori endlich. Dies ist auch unstrittig; offen ist aber die Frage, wie lange die insgesamt auf der Erde vorhandenen Vorräte fossiler Energieträger noch reichen werden, da dies von einer Vielzahl unterschiedlichster Größen abhängt, die sich zudem mit der Weiterentwicklung der Technik im Rahmen des technischen Fortschritts verändern. Diese Begrenztheit – zusammen mit der hohen und international schnell weiter steigenden Nachfrage nach fossilen Energieträgern insbesondere in den Schwellenländern (z.B. China, Indien) – bedingt mit hoher Wahrscheinlichkeit längerfristig einen weiteren Energiepreisanstieg; hinzu

kommen politische Unsicherheiten (z.B. Irak, Iran), welche das Preisgefüge auf den internationalen Energiemärkten mit ihren oligopolartigen Strukturen zusätzlich signifikant beeinflussen können und auch de facto beeinflussen. Auch ist die Nutzung fossiler Energieträger mit unerwünschten lokalen und globalen Umweltauswirkungen verbunden; dies gilt aus gegenwärtiger Sicht insbesondere unter dem Aspekt des Klimawandels, der derzeit ein politisches Topthema ist und dessen potenzielle unerwünschte Folgen durch konzertierte internationale Anstrengungen, über deren konkrete vertragliche Gestaltung bereits seit Jahren z.T. sehr kontrovers diskutiert wird, eingegrenzt werden sollen. Hinzu kommt, dass die Ressourcen und Reserven fossiler Energieträger – und hier insbesondere die von Erdöl - weltweit regional sehr ungleichmäßig verteilt sind. Bei einer zunehmenden Verknappung und Konzentration auf immer weniger Produzentenländer nimmt damit die Erpressbarkeit bestimmter Käuferländer weiter zu. Damit wird die Versorgungssicherheit derartiger Käuferländer – zu denen auch Deutschland gehört – mit Energie zunehmend unsicherer.

Vor dem Hintergrund dieses energiewirtschaftlichen Gesamtzusammenhangs gewinnt die forcierte Suche nach realistischen Optionen zum Ersatz und zur Ergänzung fossiler Ressourcen und Reserven immer mehr und immer schneller an Bedeutung. Und hier erscheint der Einsatz nachwachsender Rohstoffe – und damit der Biomasse – aus vielerlei Gründen sehr vielversprechend. Deshalb ist es das Ziel der folgenden Ausführungen, die Möglichkeiten und auch Grenzen – und damit die Potenziale und deren Nutzung – des Energieträgers Biomasse in Deutschland zu diskutieren und zu analysieren.

2. Primärenergiepotenziale

Für die energetische Biomassenutzung grundsätzlich verfügbar sind eine Vielzahl unterschiedlichster Fraktionen (u. a. Waldholz, Stroh, Gülle). Sie entstammen der land- und forstwirtschaftlichen Primärproduktion bzw. den diesen Sektoren nachgelagerten Industrien und der Abfallwirtschaft (d.h. beim Ausscheiden organischer Stoffe aus der Nutzung).

Der Anteil dieser insgesamt verfügbaren Biomasse, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist, wird durch das technische Brennstoffpotenzial beschrieben. Bei dessen Erhebung werden i. Allg. zusätzlich strukturelle und ökologische Restriktionen (z.B.

Naturschutzgebiete, Flächen zur Biotopvernetzung) und gesetzliche Rahmenvorgaben (z.B. Zulässigkeit von hygienisch bedenklichen organischen Abfällen für den Einsatz in Biogasanlagen) berücksichtigt, die das aus ausschließlich technischer Sicht verfügbare Aufkommen merklich reduzieren können.

Tabelle 1 zeigt das gegenwärtige technische Brennstoffpotenzial. Dabei wird bei den Rückständen, Nebenprodukten und Abfällen (oft auch als Reststoffe bezeichnet) unterschieden zwischen halmgutartigen (u.a. Stroh, Landschaftspflegematerial), holzartigen (u.a. Waldrestholz, Schwachholz,

	Energetisch nutzbare Menge Mio. t _{FM} /a	Potenzial bei thermo- chemischer Umwandlung PJ/a	Potenzial bei bio-chemischer Umwandlung PJ/a	Potenzial bei physikalisch- chemischer Umwandlung PJ/a		
Halmgutartige Rückstände, Nebenprod						
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 nutzb. Waldholz	10,7	132	_	-		
Altholz	6	78	_	-		
Industrierestholz	4	58	_	_		
Landschaftspflegeholz	0,46	4	_	-		
Summe	45	563	_	_		
Sonstige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle						
Exkremente 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 Rückst., Nebenprod. u. Abfälle		741 – 770	219 – 282	_		
Energiepflanzen auf 2 Mio. ha		365	236a - 252b	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); FM – Frischmasse

Tab. 1: Technisches Brennstoffpotenzial aus Biomasse in Deutschland

Industrierestholz, Altholz, Landschaftspflegeholz) und sonstigen Stoffen (u.a. Exkremente, organische Gewerbe- und Industrieabfälle). Die Potenziale aus dem Wald umfassen die nicht stofflich genutzten Anteile des Einschlags (d.h. Brennholz, Waldrestholz) und den Teil 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 Mischanbau unterschiedlicher Lignocellulose-Pflanzen zur Festbrennstoffbereitstellung, bei der physikalisch-chemischen Wandlung ein Rapsanbau und bei der bio-chemischen Wandlung ein Zwei-Kulturensystem zur Biogassubstraterzeugung sowie der Anbau von Ausgangsstoffen für die Ethanolerzeugung angenommen. Dieses Vorgehen führt zu einer Maximalabschätzung, da in der Praxis die Auswahl geeigneter Anbaukulturen infolge der jeweiligen Standortbedingungen deutlich eingeschränkter ist.

Die ausgewiesenen Biomassen (z.B. Halmgut oder Energiepflanzen) können aber immer nur einmal genutzt werden (also entweder thermochemisch oder bio-chemisch oder physikalisch-chemisch). Damit beträgt das gesamte Brennstoffpotenzial derzeit ca. 1.000 bis 1.300 PJ/a (rund 8% des gegenwärtigen deutschen Primärenergieverbrauchs).

3. Umwandlungsmöglichkeiten

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

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

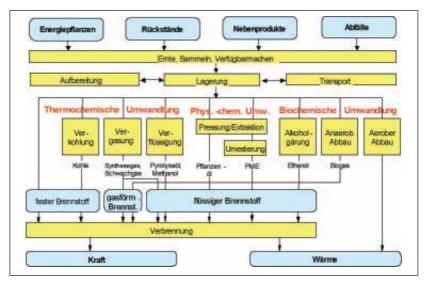


Abb. 1: End- bzw. Nutzenergiebereitstellung aus Biomasse

erheblich 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 Wärmeeinfluss feste, flüssige und/oder gasförmige Energieträger gewonnen.

Ziel der Verkohlung als eine Variante der thermo-chemischen Umwandlung 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, eine weitere thermo-chemische Wandlung, 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, auch eine diesbezügliche Option, 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 gasförmigen bzw. flüssigen Bioenergieträgern umgewandelt werden (z.B. Bio-SNG, FT-Diesel).

Die Vergasung ist aufgrund der grundsätzlich erreichbaren hohen Wandlungswirkungsgrade eine wesentliche Zukunftsoption zur Strom- und zur Kraftstofferzeugung.

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 Dieselkraftstoffs 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 mithilfe 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 Konversionstechnologien 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. Von der Bruttostromerzeugung von rund 570 TWh/a (2005) ließen sich bei voller Ausschöpfung des maximalen Stromerzeugungspotenzials aus Biomasse 18 bis 23 % decken.
- Das maximale Wärmeerzeugungspotenzial aus Biomasse umfasst ca. 900 bis 1.200 PJ/a. Bezogen auf die Niedertemperatur-Wärmenachfrage von ca. 2.600 PJ/a (2005) ließen sich maximal 35 bis 45 % decken.
- Zur Kraftstofferzeugung sind aus technischer Sicht gegenwärtig nur die Biodiesel- und Ethanolpotenziale verfügbar. Das damit verbundene Endenergiepotenzial liegt zwischen 100 und 252 PJ/a. Wenn es gelingt, zusätzlich Kraftstoffe durch thermo-chemische Umwandlung von biogenen Festbrennstoffen bereitzustellen und die Biomethannutzung im Traktionsbereich zu etablieren, könnte das maximale Kraftstofferzeugungspotenzial auf ca. 500 bis 1.000 PJ/a ansteigen. Bezogen auf die Kraftstoffnachfrage von ca. 2.745 PJ/a (2005) ließen sich dann 19 bis 35 % decken.

5. Nutzung

Nachfolgend wird der aktuelle Stand der Nutzung und die absehbaren Entwicklungen diskutiert.

5.1 Feste Bioenergieträger

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

Strom- bzw. Strom- und Wärmeerzeugung. Ende 2006 waren insgesamt rund 160 Biomasse(heiz-)kraftwerke mit einer installierten elektrischen Leistung von etwa 1.100 MW – davon etwa 160 MW in der Papierund Zellstoffindustrie – am Netz (Abb. 2). Die potenzielle Stromerzeugung dieser Anlagen liegt bei ca. 7,6 TWh/a (brutto, einschl. vier Anlagen der Papierindustrie); wegen der im Jahresverlauf und teilweise erst zum Jahres-

ende erfolgten Inbetriebnahme einiger Anlagen wurden de facto aber nur etwa 7,2 TWh erzeugt. Als Brennstoff diente vorwiegend Holz (rund 8,2 Mio. t – ohne Papierindustrie) und hier schwerpunktmäßig Altholz, wobei die Bedeutung von Waldrestholz und Landschaftspflegehölzern in den letzten Jahren sukzessive zunimmt.

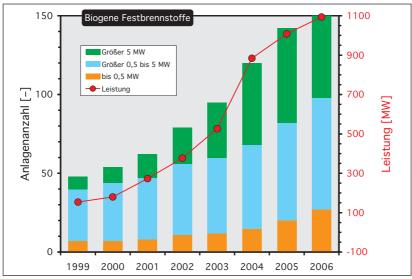


Abb. 2: (Heiz-)Kraftwerke auf der Basis biogener Festbrennstoffe

Zusätzlich wurde aus der Organikfraktion im Abfall, wie er u. a. von den kommunalen Abfallentsorgern eingesammelt wird, in Müllverbrennungsanlagen (MVA) in 2006 rund 3,6 TWh Strom und gekoppelt damit zusätzlich Wärme, die in der Regel in Nah- oder Fernwärmenetze eingespeist wurde, erzeugt. Damit stieg die Strombereitstellung aus dem regenerativen Organikanteil im Müll nach einer Steigerung von über 40 % in 2005 2006 um weitere 20 % an. Dieser Anstieg ist aber nur durch einen Müll-Import aus anderen Ländern zu erklären.

Wärmeerzeugung. Für 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 weiterhin hohen Preise für fossile Energieträger ist zusätzlich anzuneh-

men, dass sich der Trend zur Energieträgersubstitution hin zu biogenen Festbrennstoffen durch die vermehrte Neuinstallation von Biomassefeuerungen und die verstärkte Nutzung vorhandener Anlagen verstärkt hat. Ausgehend von dem Einsatz biogener Festbrennstoffe in Biomasse(klein)feuerungen zur ausschließlichen Wärmebereitstellung von rund 275 PJ/a in 2005 lässt sich daraus für 2006 ein Einsatz von etwa 286 PJ/a ableiten. Insgesamt dürfte dies aber eine eher konservative (untere) Abschätzung darstellen, da in vielen ländlichen Gegenden Deutschlands im Verlauf des Jahres 2006 die Nachfrage nach Brennholz stark zugenommen hat und vielerorts – trotz deutlich gestiegener Preise – Marktengpässe aufgetreten sind.

Der Boommarkt "Pellets" der letzten Jahre ist aufgrund von Lieferengpässen im Winter 2005/06 und im Herbst 2006 sowie deutlich angestiegenen Holzpelletpreisen (im Mittel bis zu 265 EUR/t für lose Ware) jüngst ins Stocken geraten (Abb. 3).

Nach rund 23.500 Neuinstallationen von Pelletfeuerungsanlagen in 2006 mit einem Wachstum um rund 40 % gegenüber 2005 (17.000) hofft die Industrie bis Ende diesen Jahres zumindest die Installati-

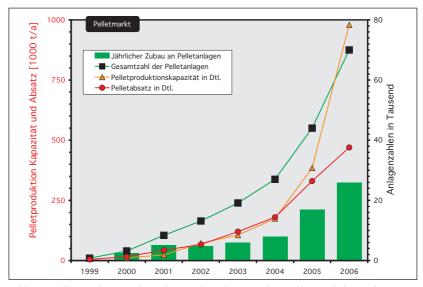


Abb. 3: Pelletmarkt – Anlagenbestand und Zuwachs, Pelletproduktionskapazitäten und Nachfrage

- onszahlen von 2005 zu erreichen (auf einen Gesamtbestand von dann rund 83.500 Anlagen).
- 39 Pelletproduktionsanlagen (2005: 28) waren Ende 2006 in Betrieb und 31 weitere sind geplant oder bereits im Bau. Die Produktionskapazität erhöhte sich von 385 kt/a Ende 2005 auf rund 950 bis 1.000 kt/a Ende 2006. Nach Lieferengpässen im Winter 2005/06 und einem erheblichen Preisanstieg um über 50 % innerhalb von 1,5 Jahren wurde damit die Pelletproduktionskapazität 2006 verstärkt ausgebaut. Nach Herstelleraussagen wurden 2006 etwa 630 kt Pellets produziert. Dabei werden nicht mehr nur Sägemehl und Hobelspäne, sondern zunehmend auch Holzhackschnitzel und Rundholz eingesetzt. Insgesamt wurde mit der schnell ansteigenden Zahl an Produzenten für Holzpellets der Markt in 2006 zunehmend unübersichtlicher. Neben den "Premium"-Holzpellets für Kleinfeuerungsanlagen mit Zertifizierung nach DIN Plus werden verstärkt auch sogenannte "Industriepellets" in verschiedensten Qualitäten und Mengen produziert und vertrieben. Auch werden Pellets zunehmend international gehandelt. Insgesamt dürfte aber eine Selbstversorgung in Deutschland - zumindest theoretisch - möglich sein. So verbrauchen die vorhandenen ca. 70.000 Pelletanlagen im unteren Leistungsbereich rund 350 bis 400 kt. Kommen außerdem weitere 20 bis 30 kt in Pelletfeuerungsanlagen mit über 100 kW zum Einsatz, entsprechen die verbleibenden rund 200 kt den in Deutschland 2006 produzierten Industriepellets.

5.2 Flüssige Bioenergieträger

2006 wurde fast ausschließlich Pflanzenölmethylester (PME) – und hier primär Rapsölmethylester (RME) – als Reinkraftstoff und zunehmend auch als Zumischkomponente zu fossilem Dieselkraftstoff im Verkehrssektor eingesetzt. Daneben wurden zu einem deutlich geringeren Anteil naturbelassene Pflanzenöle, insbesondere im Transportgewerbe und in der Landwirtschaft (u.a. als Schlepperkraftstoff), genutzt. Zusätzlich stieg der Einsatz von Bioethanol insbesondere durch Substitution von MTBE durch ETBE weiter an. Synthetisierte flüssige (z.B. Fischer-Tropsch-Diesel) oder gasförmige Kraftstoffe (z.B. Biogas, Bio-SNG) wurden bislang z.T. nur zu Demonstrations- und Forschungszwecken in einem sehr geringen Umfang

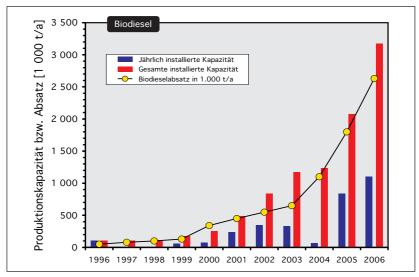


Abb. 4: Biodieselproduktionskapazitäten und der jeweilige jährliche Zubau

produziert und genutzt. Der Gesamtverbrauch biogener Kraftstoffe lag 2006 bei etwa 125 PJ. Den größten Beitrag dazu leistete PME mit ca. 2,6 Mio. t (99 PJ) (Abb. 4); davon wurden rund 2,4 Mio. t (67 PJ) in Deutschland produziert. Hinzu kamen 12 PJ an Bioethanol – vor allem in Form von ETBE und bis zu 0,3 bis 0,4 Mio. t (14 PJ) an naturbelassenem Pflanzenöl, die primär bei Speditionen und in der Landwirtschaft eingesetzt wurden. Damit wurden 2006 im Vergleich zu 2005 (89 PJ) rund 40 % mehr Biokraftstoffe eingesetzt.

In sehr geringem Umfang wird PME auch in stationären Anlagen (insbesondere in BHKW's) genutzt. Im Unterschied dazu wurde naturbelassenes Pflanzenöl – und hier insbesondere importierte kostengünstige Öle (z.B. Palmöl) – aufgrund des EEG verstärkt verwendet. Zusammengenommen dürften derzeit etwa 1.800 (Vorjahr 670) Pflanzenöl- und – deutlich eingeschränkter – PME-BHKW's mit einer installierten elektrischen Leistung von insgesamt ca. 240 MW betrieben werden, die rund 1,6 TWh/a (Vorjahr 430 GWh) erzeugten; dazu wurden rund 16 PJ an Pflanzenölen eingesetzt.

Insgesamt wurden 2006 in Deutschland auf rund 1,4 Mio. ha Ackerfläche Raps angebaut. Gleichzeitig wird ein wachsender Anteil an Pflanzenölen aus dem Ausland importiert.

5.3 Gasförmige Bioenergieträger

Insgesamt waren Ende 2006 etwa 3.300 Biogasanlagen mit etwa 1.000 MW und einer potenziellen Jahresstromerzeugung von ca. 6,5 TWh/a in Betrieb (Abb. 5). Die reale Erzeugung lag wegen des z.T. erst im Jahresverlauf realisierten Zubaus mit etwa 5,4 TWh aber deutlich darunter; sie hat sich aber im Vergleich zu 2005 (2,5 TWh) mehr als verdoppelt.

Die Einspeisung von aufbereitetem Biogas ins Erdgasnetz gewinnt vor dem Hintergrund der Selbstverpflichtung der deutschen Gaswirtschaft, bis zum Jahr 2010 (2020) 10 % (20 %) der Nachfrage nach Methan im Transportsektor mit "grünem" Gas zu decken, zunehmend an Bedeutung. Beispielsweise sind 2006 zwei Projekte, in denen Biogas ins Erdgasnetz eingespeist wird (Kerpen und Pliening), im Betrieb gegangen.

Zusätzlich dazu wird Strom aus Deponie- und Klärgas erzeugt. Ende 2006 wurde in Deponiegasanlagen schätzungsweise ca. 1 TWh/a bereitgestellt. Außerdem wurden in etwa 700 Klärgasanlagen mit einer Leistung von etwa 160 MW 2006 insgesamt 0,9 TWh Strom erzeugt.

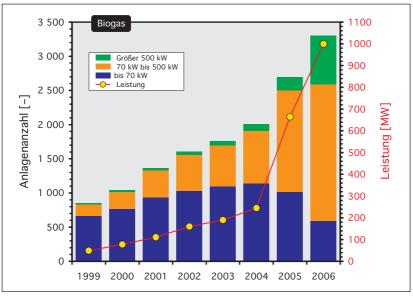


Abb. 5: Landwirtschaftliche Biogasanlagen in Deutschland

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. Die aufgezeigten Zusammenhänge können wie folgt zusammengefasst werden.

- Die technischen Bioenergiepotenziale in Deutschland sind groß und energiewirtschaftlich relevant; sie liegen gegenwärtig in der Größenordnung von rund 8 % bezogen auf den Primärenergieverbrauch.
- Es gibt eine Vielzahl an Umwandlungspfaden und Konversionstechnologien, mit denen die unterschiedlichsten verfügbaren Biomassefraktionen in Wärme, Strom und Kraftstoffe gewandelt werden können; und die technischen Konversionsmöglichkeiten haben in den letzten Jahren tendenziell noch zugenommen.

	Endenergiepot. Strom TWh/a	Endenergiepot. Wärme PJ/a	Endenergiepot. Kraftstoff PJ/a
Halmgutartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle	14 – 25 ^a	134 – 186 ^c	71 – 145 ^e
Holzartige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle	44 – 68 ^a	422 – 507 ^c	225 – 394 ^e
Sonstige Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle (inkl. Klär-/Deponiegas)	13 – 18 ^b	95 – 108 ^d	111 – 162 ^f
Energiepflanzen auf 2 Mio. ha	20 – 44 ^a	274 – 329°	103^{g} $120 - 252^{h}$ $164 - 211^{f}$ $146 - 256^{e}$
Summe	91 – 126 (328 – 453 PJ/a)	925 – 1.130	511 – 962

^aEinsatz in Biomassekraftwerken der 20 MW-Klasse (elektr. Wirkungsgrade von 28 bis 32%) bzw. Uufeuerung in vorhandenen Kohlekraftwerken der neuesten Generation (elektr. Wirkungsgrade von 35 bis 43%); ^bEinsatz in BHKW (elektr. Wirkungsgrade von 30 bis 35%); ^cEinsatz in Biomasseheizungen sowie in -heizwerken (75 bis 90% Wirkungsgrad); ^dgesamte potenzielle Wärmebereitstellung bei vollständiger Biogasnutzung in BHKW; ^eUmwandlungswirkungsgrade der Synthese (z.B. Bio-SNG, Fischer-Tropsch-Diesel) von 40 bis 70%; ^fBiogas mit Aufbereitungswirkungsgrade einschließlich Verteilungsverluste von 70 bis 90%; ^gPflanzenöl bzw. RME aus Raps; h Ethanol aus Weizen bzw. Zuckerrüben

Tab. 2: Endenergiepotenziale aus Biomasse in Deutschland (1 TWh = 3,6 PJ)

Ausgehend von den verfügbaren Wandlungsmöglichkeiten errechnen sich Endenergiepotenziale (Tabelle 2), die merklich zur Deckung der Endenergienachfrage im deutschen Energiesystem beitragen könnten.

Damit ist die Biomasse eine wesentliche Option für ein zukünftiges, mehr auf regenerativen Energien basierendes Energiesystem. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass Biomasse bereits heute merklich zur Deckung der Energienachfrage beiträgt (Abb. 6); Biomasse ist in Deutschland (und weltweit) der regenerative Energieträger, der – und das bei steigender Tendenz – am weitgehendsten genutzt wird.

- Strom: Strom aus Biomasse einschließlich des regenerativen Müllanteils trug 2006 mit knapp 20 TWh (27 %) zur erneuerbaren Strombereitstellung in Deutschland bei.
- Wärme: Die Wärmebereitstellung aus regenerativen Energien wird nach wie vor dominiert durch den Einsatz biogener Festbrennstoffe; 2006 wurden rund 325 PJ insbesondere an Holz und hier primär im Kleinanlagenbereich eingesetzt. Zusammen mit der KWK-Wärme aus Biomasseanlagen ergibt sich eine regenerative Wärmebereitstellung von rund 364 PJ. Dies entspricht einem Anteil von rund 92 % der Endenergiebereitstellung für Wärme aus regenerativen Energien.
- Verkehr: Nach wie vor dominiert PME und hier insbesondere RME den Biokraftstoffeinsatz; 2006 wurden rund 2,65 Mio. t (99 PJ) (d.h. 7,5 % des Gesamtdieselverbrauchs) genutzt. Zusätzlich werden etwa 1,1 % des Dieselkraftstoffverbrauchs als naturbelassenes Pflanzenöl eingesetzt. Demgegenüber trägt Bioethanol primär in Form des Additivs ETBE bisher nur mit 1,2 % zur Deckung des Verbrauchs an Ottokraftstoffen bei. Bezogen auf den leicht gesunkenen Kraftstoffverbrauch von etwa 2 160 PJ (2006) haben biogene Kraftstoffe damit einen Anteil von etwa 5,8 %.

Wird diese Nutzung bezogen auf die vorhandenen Potenziale zeigt sich, dass in allen Bereichen noch z.T. erhebliche unerschlossene Potenziale vorhanden sind (Abb. 7). Damit könnte die Biomasse in den kommenden Jahren noch deutlich weitergehend zur Deckung der Energienachfrage in Deutschland beitragen. Dies gilt umso mehr, als dass zu erwarten ist, dass infolge leicht zurückgehender Bevölkerung und steigender Erträge weitere Flächen brachfallen dürften, die dann zur Biomasseerzeugung

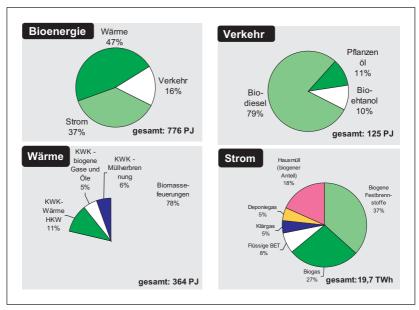


Abb. 6: Bioenergienutzung in Deutschland

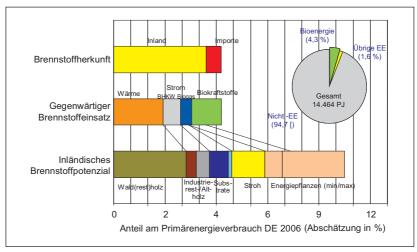


Abb. 7: Brennstoffpotenziale und Brennstoffnutzung von Biomasse in Deutschland 2006

genutzt werden könnten. Und diese Situation gilt nicht nur für Deutschland; auch in vielen anderen europäischen Staaten – und hier insbesondere in den neuen EU-Mitgliedsstaaten in Osteuropa – sind die Bedingungen ähnlich. Damit ist zu erwarten, dass zukünftig die energetische Nutzung der Biomasse – auch wegen der Setzung der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen – merklich an Bedeutung gewinnen wird. Und dies gilt aus gegenwärtiger Sicht sowohl für den Wärme- und Strom- als auch den Kraftstoffmarkt.

7. Literaturauswahl

- Kaltschmitt, M.; Hartmann, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse; Springer, Berlin, Heidelberg, 2001
- Kaltschmitt, M.; Thrän, D.: Bioenergie; in Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Technologieführer Grundlagen, Anwendungen, Trends; Springer, Berlin, Heidelberg, 2006
- Kaltschmitt, M.; Thrän, D.: Logistik bei der Versorgung von Anlagen zur energetischen Nutzung biogener Festbrennstoff Anforderungen und Randbedingungen; Zeitschrift für Energiewirtschaft 30 (2006), 4, S. 247 256
- Lenz, V.; Kaltschmitt, M.; Brauer, S.: Erneuerbare Energien; BWK 59 (2007), 4, S. 84 96
- Thrän, D.: Biomasse Herkunft und Anwendung. In: Materialienband zur VWEW-Fachtagung "Biomassenutzung in Heizkraftwerken und landwirtschaftlichen Biogasanlagen" am 29. Juni 2006 in Kassel.
- Thrän, D., et al: Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext; Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern, Leipzig 2005.
- Thrän, D.: Biogene Festbrennstoffe Stand und Perspektiven der Erzeugung und Nutzung in Deutschland. Beitrag im Rahmen der Tagung von DAF, FNR, KTBL im FORUM der FAL "Energie aus Biomasse" am 25./26.10.06 in Braunschweig (www.agrarforschung.de).
- Thrän, D.; Kaltschmitt, M.: Konkurrenzen bei der Bioenergieerzeugung Hemmnis oder Anreiz für den weiteren Ausbau?; Zeitschrift für Energiewirtschaft 31 (2007), 1, S. 57 – 66
- Witt, J.; Kaltschmitt, M.: Biomass Pellets for the Power Plant Sector; VGB PowerTech 87 (2007), 9, S. 94-101

Autoren:

Prof. Martin Kaltschmitt

Institut für Energetik und Umwelt (IE), Torgauer Str. 116, 04347 Leipzig Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE), Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH),

Eissendorfer Str. 40, 21073 Hamburg, E-Mail: mk@ie-leipzig.de

Volker Lenz, Daniela Thrän, Institut für Energetik und Umwelt (IE)

Anforderungen an die Energiepflanzenproduktion aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes

Florian Schöne Naturschutzbund Deutschland (NABU)

Einleitung

Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sowie der Steuerbefreiung bzw. Beimischungspflicht für Biokraftstoffe hat die Bundesrepublik ein Zeichen für die Nutzung des Biomassenpotenzials in der Landwirtschaft gesetzt. Insbesondere der im EEG verankerte NawaRo-Bonus hat die Ackerflächennutzung bereits in kürzester Zeit stark geprägt. So hat sich innerhalb von drei Vegetationsperioden die Anbaufläche von Energiepflanzen zur Verwertung in Biogasanlagen fast verzwanzigfacht. Allein die statistisch erfasste Energiemaisfläche wurde im Jahr 2006 gegenüber dem Vorjahr um 92.000 ha oder 132 % auf 162.000 ha ausgedehnt. Die Gesamtfläche an Energiepflanzen für Biogasanlagen dürfte jedoch noch deutlich höher sein: So ergeben Berechnungen zum aktuellen Anlagenbestand und den üblichen Einsatzsubstraten, dass eine Fläche von bis zu 500.000 ha mit Energiepflanzen belegt ist, wovon der größte Teil Silomais ist. Trotz interessanter Anbauversuche mit alternativen Kulturen konzentriert sich der Anbau nachwachsender Rohstoffe weiterhin auf die energie- und ertragsreichsten Pflanzen Mais und Raps.

Ökologische Konsequenzen

Die Auswirkungen dieser Entwicklung erstrecken sich von einer abnehmenden Akzeptanz der Biomasseanlagen seitens der Anwohner bis hin zur extremen Verengung von Fruchtfolgen auf ertragreichen Standorte, um die Wirtschaftlichkeit der Anlagen sicherzustellen. Ferner hat die

Flächenkonkurrenz zwischen Lebensmittel- und Energieerzeugung Auswirkungen auf die Pachtpreise, wodurch Agrarumweltprogramme an Attraktivität verlieren und der Druck auf Naturschutzflächen steigt. Schließlich wird auch von Jägern, Tourismusverbänden und Trinkwasserschützern zunehmend Kritik an einem großflächigen Maisanbau vorgetragen. Aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes sind folgende Risiken mit einem intensiven Anbau von Energiepflanzen verbunden:

■ Grünlandumbruch und vermehrter Maisanbau: Trotz der Vorschriften von Cross Compliance findet weiterhin ein Umbruch von Grünland statt. Dies betrifft insbesondere den Umbruch von Feuchtgrünland in Nord- und Westdeutschland zu Gunsten des Maisanbaus, der selbst in ökologisch sensiblen Regionen zu beobachten ist (Natura 2.000-Gebiete). Neben dem Verlust artenreicher Grünlandbestände ist der Umbruch auch aus Sicht des Klimaschutzes schädlich, da dabei große Mengen an CO₂ in die Atmosphäre gelangen. So hat das Joint Research Centre (JRC) der EU-Kommission berechnet, dass allein die Kompensation der durch den Grünlandumbruch verursachten CO₂-Emissionen 17 bis 111 Jahre benötigt. Darüber hinaus führen hohe Düngemittelgaben, wie sie der Mais benötigt bzw. verträgt, sowie Erosion zu erheblichen Nährstoff- und Nitratbelastungen von Grundwasser und Oberflächengewässern.



Abb. 1: Grünlandumbruch in der Kyllaue im FFH-Gebiet "Obere Kyll und Kalkmulden der Nordeifel". Foto: G. Ostermann/ NABU

- Grünlandintensivierung: Zur Kompensation des fehlenden Grundfutters oder zur direkten Nutzung von Grassilage als Kosubstrat in Biogasanlagen wird Extensivgrünland zunehmend intensiviert (Süddeutschland). Dabei gehen artenreiche und schützenswerte Grünlandgesellschaften wie Salbei-Glatthaferwiesen verloren.
- Weitere Verengung von Fruchtfolgen: Durch die steigende Nachfrage nach Mais und Raps wird deren Anteil an der Fruchtfolge weiter erhöht. Dabei geht die aus Sicht der Artenvielfalt erforderliche Nutzungs- und Strukturvielfalt verloren. Zudem treten neue pflanzenbauliche Probleme auf (z.B. Resistenzprobleme bei der Rapsglanzkäfer-Bekämpfung, erhöhtes Auftreten des Maiszünslers), wodurch die Nachfrage nach gentechnisch veränderten Organismen (Bt-Mais) erhöht wird. Schließlich kann durch enge Fruchtfolgen auf Maisbasis der Bodenhumusgehalt massiv beeinträchtigt werden.
- Negative Humusbilanz: Im Energiepflanzenanbau stehen bislang auf den Böden verbleibende Pflanzenreste nicht mehr für eine Humusreproduktion zur Verfügung. Ferner führen die Verengung der Fruchtfolgen und der Ersatz von Zwischenfrüchten durch humuszehrende Energiepflanzen zu einem zusätzlichen Humusabbau. Neben der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen bewirkt dieser Humusverlust auch einen zusätzlichen Treibhauseffekt, da organischer Kohlenstoff in erheblichen Mengen in der organischen Substanz von Böden festgelegt ist. Humusschwund und der damit zusammenhängende Rückgang der biologischen Aktivität verstärken zudem Verdichtung und Erosion und verringern die Infiltrations- und Speicherkapazität für Wasser.
- Norgezogene Erntetermine: Bei der Zweikulturnutzung durch Anbau von Getreide als Ganzpflanzensilage (z.B. Grünroggen) erfolgt die erste Ernte zur Hauptbrut- und -aufzuchtzeit vieler Tierarten im Mai. Für Vogelarten wie Rebhuhn, Wachtel, Heide- und Feldlerche, Schafstelze oder Ortolan führt eine Ernte zu diesem Zeitpunkt zum Verlust sämtlicher Nester und Jungvögel auf diesen Flächen. Auch Feldhasen und Rehwild sind betroffen, da sie zu dieser Zeit mit ihren Jungen Deckung im hohen Getreide suchen. Ferner kommen durch die frühe Ernte zahlreiche Ackerwildkräuter nicht zur Aussamung und können sich nicht erfolgreich vermehren.
- Vermehrte Nutzung von Stilllegungsflächen: Von 1,2 Mio. ha Stilllegung in Deutschland wurden 2006 allein 450.000 ha für nachwach-

sende Rohstoffe genutzt. Damit verliert die Flächenstilllegung, die ursprünglich als Instrument zur Begrenzung von Überschüssen eingeführt wurde, seine faktische Bedeutung zur Schaffung wichtiger Rückzugsräume für viele Tier- und Pflanzenarten in ausgeräumten Ackerbauregionen. Dies gilt umso mehr, als die Flächenstilllegung in den kommenden Jahren völlig abgeschafft werden soll. Sofern bis dahin kein neues Instrument zum Erhalt ökologischer Vorrangflächen in Ackerbauregionen geschaffen wird, ist mit einem weiteren Rückgang der Artenvielfalt in der Kulturlandschaft zu rechnen.

■ Veränderung des Landschaftsbildes: Durch die Vereinheitlichung der Fruchtfolgen (Monokulturen) sowie durch den Anbau neuer Kulturen (schnellwachsende Hölzer, Schilfgras u.a.) können die ästhetischen Qualitäten und damit die Erholungseignung der Kulturlandschaft erheblich beeinträchtigt werden.

Abb. 2: Kurzfristiges Sommerhochwasser auf ehemaligem Auengrünland im FFH-Gebiet "Obere Kyll und Kalkmulden der Nordeifel". Foto: G. Ostermann/ NABII



Energiepflanzen naturverträglich anbauen

Nachwachsende Rohstoffe können und müssen einen Beitrag für eine klima- und umweltverträgliche Energiepolitik leisten. Dabei sind jedoch ökologische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, die zu einer effizienteren und ökologischeren Nutzung von Bioenergie führen. Vor diesem Hintergrund sollte die Natur- und Umweltverträglichkeit der geförderten Technologien, Anbaumethoden und Anbaupflanzen zur Voraussetzung für die staatliche Unterstützung werden. Die Gefahr einer Überbeanspru-

chung von Naturräumen und eines Verlustes von Biodiversität sollte etwa durch verbindlich festzuschreibende Mindeststandards vermieden werden. Eine Chance besteht in der anstehenden Neufassung des EEG. So könnte der NawaRo-Bonus an einen "Kulturlandschaftsfaktor" mit folgenden Kriterien gekoppelt werden:

- Beschränkung des Anteils einer Fruchtart (z.B. Silomais) in der Biogasanlage auf maximal 50 % sowie Einhaltung einer mindestens dreigliedrigen Fruchtfolge,
- Verzicht auf Grünlandumbruch,
- Verzicht auf Gentechnik.

Zudem ist der Technologiebonus durch einen "Umweltbonus" für besonders umwelt- und naturverträgliche Anbau- und Produktionsmethoden (z.B. Verwertung von Landschaftspflegematerial) zu ersetzen und zusammen mit dem Bonus für Kraft-Wärme-Kopplung nur für Technologien mit einem besonders hohen Nutzungsgrad zu gewähren. Ziel sollte sein, die Wärme aus den Blockheizkraftwerken möglichst vollständig zu nutzen. Hierbei ist die Wärmenutzung daraufhin zu prüfen, dass sie nachweislich zur Substitution fossiler Energie beiträgt.

Neben dem Förderrecht sollte auch das Fachrecht durch entsprechende Auflagen ergänzt werden. So ist die Verordnung zu Cross Compliance um eine verbindlichere Fruchtfolgevorgabe (unter Berücksichtigung humusmehrender Kulturen) sowie ein strikteres Grünlandumbruchverbot (insbesondere auf Niedermoorstandorten) zu novellieren.



Abb. 3: Grünlandumbruch und Maisansaat im Halbtrockenrasen des FFH-Gebiets "Gerolsteiner Kalkeifel". Foto: G. Ostermann/ NABU

Flächenkonkurrenzen insbesondere mit dem Naturschutz sollten mit Hilfe raumordnerischer Konzepte und immissionsschutzrechtlicher Auflagen vermieden werden. Um die Strukturvielfalt zu wahren bzw. wiederherzustellen, empfiehlt es sich, Mischkulturen zu verwenden, ein Mosaik verschiedener Anbauformen in der Landschaft zu etablieren und Schlaggrößen regionalspezifisch zu begrenzen. Darüber hinaus sollte die gezielte Energienutzung von Rest- und Abfallstoffen stärker gefördert werden.

Fazit

Wie andere Energieträger hat auch der Anbau nachwachsender Rohstoffe seine ökologischen Schattenseiten: Großflächige Raps-Monokulturen zur Herstellung von Biodiesel sowie Maisäcker auf umgebrochenem Niedermoor-Grünland oder die Umwandlung von artenreichem Grünland in vielschürige, artenarme Wiesen für die Biogasproduktion führen schon jetzt in manchen Regionen zu einem erneuten und erheblichen Rückgang der Biodiversität in der Agrarlandschaft. Sollte sich das rasante Wachstum bei der Produktion von Bioenergien fortsetzen, ist in den nächsten Jahren eine tiefgreifende Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, der Agrarstruktur und der Artenvielfalt zu befürchten. Trotz der Bedeutung nachwachsender Rohstoffe für eine CO_2 -neutrale und zukunftsfähige Energiegewinnung muss sich die Bioenergie daher am Prinzip der Nachhaltigkeit orientieren. Eine Entwicklung im Einklang mit Natur und Landschaft ist auch die Voraussetzung dafür, dass die öffentliche Akzeptanz der Bioenergie langfristig erhalten bleibt.

Autor: Florian Schöne Referent für Agrarpolitik und Bioenergie Naturschutzbund Deutschland (NABU) Charitéstr. 3, 10117 Berlin E-Mail: florian.schoene@nabu.de

Projektförderung als Beitrag zur Optimierung des Energiepflanzenanbaus

Dr. Andreas Schütte Geschäftsführer der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR)

Einleitung

Nach Schätzungen des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) sowie der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) wurden im Jahr 2007 bereits mehr als 2.000.000 ha, d.h. gut 17 Prozent der in Deutschland insgesamt zur Verfügung stehenden Ackerflächen, für die Produktion nachwachsender Rohstoffe genutzt (vgl. Abbildung 1).

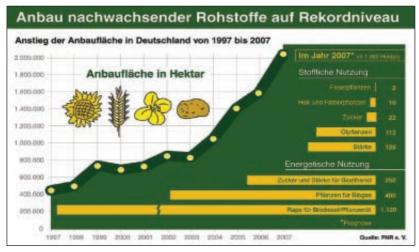


Abb. 1: Entwicklung der Produktion nachwachsender Rohstoffe 1997 – 2007

Der Schwerpunkt lag mit ca. 1,7 Millionen ha auf Energiepflanzen für die Treibstoff- und Biogasproduktion. Es dominieren Raps, Mais und die

Getreidearten. Die unbestreitbare Tatsache, dass die Erfolge in der landwirtschaftlichen Produktion von pflanzlichen Energieträgern bis dahin auf wenigen Kulturarten basieren, führte in den letzten Monaten – nicht unerwartet – verstärkt zu Kritik, besonders seitens der Natur- und Umweltschutzorganisationen.

Kritische Betrachtungen zum Energiepflanzenanbau sind, wenn sie wie im vorausgegangen Beitrag des NABU sachlich vorgetragen werden, durchaus hilfreich. Es ist wichtig, frühzeitig Akzeptanzprobleme zu erkennen, um angemessen darauf reagieren zu können. Ohne breite gesellschaftliche Akzeptanz ist es nicht möglich, günstige politische Rahmenbedingungen für die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe aufrechtzuerhalten und weiterzuentwickeln.

Im Folgenden wird die bisherige Entwicklung bei wichtigen Energiepflanzen dargestellt, auf Kritikpunkte eingegangen und der Beitrag der Forschungsförderung zur Lösung von Akzeptanzproblemen anhand von Projektbeispielen erläutert.

Anbauentwicklung von Silomais und Raps in Deutschland

In kritischen Betrachtungen zum Energiepflanzenanbau wird häufig von einer dramatischen oder gar explosionsartigen Entwicklung des Maisanbaus aufgrund der Bioenergieförderung ausgegangen. In Abbildung 2 ist eine vom Deutschen Maiskomitee e.V. (DMK) erarbeitete Zusammenfassung statistischer Daten zum Silomaisanbau für die letzten 10 Jahre dargestellt.

Die Abbildung verdeutlicht, dass sich der Silomaisanbau bis 2002 aufgrund reduzierter Rinderbestände zunächst stark rückläufig entwickelte. Ungünstige Rahmenbedingungen für die Rinderhaltung und steigende Milchleistungen waren hier die Ursachen. Erst 2004 kann die dargestellte Trendumkehr auf die Bioenergieförderung zurückgeführt werden, denn erst in diesem Jahr hatten sich die ökonomischen Voraussetzungen für den Einsatz von Energiepflanzen in Biogasanlagen durch Einführung des NaWaRo-Bonus im Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) entscheidend verbessert. Der seit 2004 feststellbare Zuwachs des Silomaisanbaus beschränkt sich danach auf ca. 200.000 ha, was gerade einmal knapp 2 Prozent der zur Verfügung stehenden Ackerflächen entspricht.

Diese Gesamtdarstellung geht freilich nicht auf im Einzelfall bestehende regionale Probleme hinsichtlich der Maisanbaukonzentrationen in

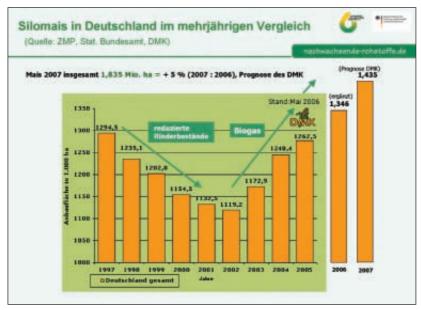


Abb. 2: Entwicklung des Silomaisanbaus 1997-2007

Landkreisen mit intensiver Veredelungswirtschaft bei gleichzeitig hoher Biogasanlagedichte ein, ermahnt jedoch dazu, die aktuellen Diskussionen sachlich zu führen. Dies gilt vor allem dann, wenn überregionale oder gar globale Schlussfolgerungen gezogen werden sollen.

In Abbildung 3 wird die Entwicklung des Winterrapsanbaus in Deutschland seit 1995 dargestellt. In 2007 wurde hier ein Flächenanteil von ca. 1,5 Mio. ha erreicht, wovon aktuell ca. 0,4 Mio. ha im Nahrungsmittelsektor abgesetzt werden.

Von Rapsmonokulturen oder Rapswüsten, wie die Anbausituation von einigen Kritikern dramatisiert wird, kann in diesem Umfang nicht ausgegangen werden. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass der aus Fruchtfolgegesichtspunkten maximal mögliche Anbauumfang auf den rapsfähigen Böden in Deutschland nach Experteneinschätzungen lediglich ca. 0,2 Mio. ha höher liegt, d.h. die Potentiale des heimischen Rapsanbaus sind bereits zu einem hohen Prozentsatz ausgeschöpft.

Besonders der Rapsanbau wurde zuletzt auch mit Klimaschutzargumenten angegriffen. Der in Deutschland überwiegend auf Rapsbasis herge-

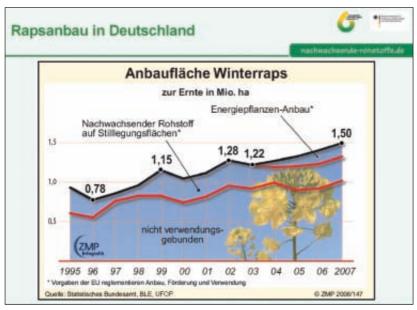


Abb. 3: Entwicklung des Silomaisanbaus 1995-2007

stellte Biodiesel sowie auch Bioethanol gerieten plötzlich als Klimakiller in Verdacht und in die Schlagzeilen. Basierend auf der aktuellen Studie " N_2O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels" des niederländischer Meteorologen Paul Josef Crutzen, der 1995 für seine Beiträge zur Erforschung des Ozonlochs zusammen mit zwei weiteren Experten den Nobelpreis für Chemie erhielt, erschienen entsprechende Pressemeldungen bereits zu einem Zeitpunkt, als sich die Arbeit noch in der wissenschaftlichen Diskussion befand.

Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die in bisherigen Betrachtungen unterstellten Lachgas-(N_2O -)-Emissionen um mindestens Faktor 2 zu niedrig seien. Dabei wird ein globaler N_2O -Faktor von 3 – 5 %/kg Stickstoffdünger unterstellt, während in sonstigen Ökobilanzen üblicher Weise ein Faktor von 1,0 % oder max. 2 % (IPCC) angenommen wird. Durch Verwendung dieses höheren Faktors soll die Klimabilanz der biogenen Kraftstoffe Rapsmethylester und Bioethanol negativ ausfallen.

Zur "Crutzen-Studie" veröffentlichte die UFOP eine erste Stellungnahme des anerkannten Rapsexperten Prof. Wolfgang Friedt (Universität Giessen).

In dieser Stellungnahme finden sich folgende wesentliche Kritikpunkte der ansonsten im Internet international geführten Diskussion wieder:

- 1. Die Studie basiert nicht auf eigenen experimentellen Untersuchungen, sondern auf Sekundärdaten mehrerer Veröffentlichungen, die nicht verifiziert werden können.
- Bereits in der Praxis erreichte Fortschritte, z.B. durch Züchtung gesteigerte N-Effizienz der Kulturpflanzen und in Europa bereits deutlich reduzierte Nährstoffüberschüsse (Festlegung von Stickstoffhöchstmengen, Precision Farming usw.), werden bei Verwendung älterer Quellen nicht berücksichtigt.
- 3. Die Zuordnung eines globalen N₂O-Faktors zur Biokraftstoffproduktion ist nicht sachgerecht, weil damit die Biokraftstoffe z.B. mit N-Emissionen aus der Tierhaltung belastet werden und die sich aus Klimaunterschieden, Standortfaktoren und Pflanzenart ergebenden Unterschiede nicht berücksichtigt werden können.
- Die N₂O-Emissionen werden vollständig dem Kraftstoff angelastet. Die wertvollen Nebenprodukte, die überwiegend in der Tierfütterung eingesetzt werden, bleiben unberücksichtigt.

Es stellen sich insgesamt folgende Fragen: Handelt es sich bei Lachgasemissionen nicht um ein allgemeines Agrarproblem? Warum werden in der Studie ausgerechnet Biokraftstoffe bewertet und nicht allgemein emissionsmindernde Maßnahmen in der Landwirtschaft gefordert?

Festzuhalten bleibt, dass Pressemeldungen, in denen von Rapseinöden und Maiswüsten gesprochen wird, mit der bisherigen Anbauentwicklung wenig zu tun haben. Auf der anderen Seite beschränkt eine einseitige Ausrichtung auf einige wenige Kulturarten die künftigen Potentiale des heimischen Anbaus landwirtschaftlicher Energiepflanzen in erheblichem Maß. Auch Akzeptanzprobleme treiben die Agrarforschung an, sich verstärkt mit alternativen Energiepflanzen zu beschäftigen.

Beiträge der Forschungsförderung zur Optimierung des Energiepflanzenanbaus

Mögliche Zielkonflikte zwischen Energiepflanzenproduktion und Naturschutz sowie potentielle Akzeptanzprobleme wurden ab 2004 verstärkt in der Arbeit der FNR berücksichtigt.

Bundesverband BioEnergie (BBE) und FNR veranstalteten am 10. Februar 2004 das Perspektivforum "Ausbau der Bioenergie – im Einklang mit dem Natur- und Umweltschutz?! – Eine Standortbestimmung", um gemeinsam mit Vertretern aus dem Natur- und Umweltschutzbereich die damals noch recht junge, sich jedoch bereits deutlich abzeichnende Entwicklung des Energiepflanzenanbaus zu diskutieren (Tagungsband über www.energiefachbuchhandel.de erhältlich).

Die hier begonnene Diskussion wurde in mehreren speziellen Folgeveranstaltungen mit Experten aus der Agrarforschung weiter vertieft. Es wurden folgende wesentliche Anforderungen an die Energiepflanzenproduktion für Forschung und Praxis formuliert:

- ein hoher Nettoenergieertrag je Flächeneinheit ist anzustreben,
- neue ackerbauliche Konzepte sind bezüglich Umsetzbarkeit zu prüfen,
- alternative Kulturarten (Biodiversität) sind einzubeziehen,
- Ertragspotenzial und Ertragssicherheit von Energiepflanzen sind zu verbessern,
- Anbausysteme sind ganzheitlich hinsichtlich Ökonomie und Ökologie zu bewerten.

Auf Grundlage der aus den Fachveranstaltungen abgeleiteten Schwerpunktsetzung wurden bis zum dritten Quartal 2007 bereits mehr als 50 neue Energiepflanzenprojekte mit einem Mittelvolumen von ca. 15 Mio. Euro begonnen. Der Forschungsetat für diesen Bereich wurde in den letzten zwei Jahren mehr als verdoppelt, die Zahl der Projekte sogar nahezu verdreifacht. Besonders stark intensiviert wurde der Bereich Züchtung. Die vollständige Vorstellung dieser Vorhaben würde den Vortragsrahmen sprengen, einige Highlights sollen jedoch im folgenden kurz dargestellt werden.

Das umfangreichste Förderprojekte ist aktuell das von der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft koordinierte Verbundvorhaben "Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" (siehe Abbildung 4), kurz EVA genannt. In diesem Projekt, das mit Bundesmitteln in Höhe von 5,6 Mio. € unterstützt wird, werden in einem sogenannten Grundversuch an sieben Standorten im Bundesgebiet, die typische deutsche Agrarregionen repräsentieren, zunächst drei Jahre lang je acht verschiedene Energiepflanzen-Fruchtfolgen angebaut und unter vielfältigen Aspekten untersucht.

Das Gesamtprojekt gliedert sich in sechs Teilvorhaben, die von Forschungspartnern aus insgesamt neun Bundesländern betreut werden. In den Teilprojekten werden verschiedene Minimierungsstrategien bezüglich Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz- und Düngemitteleinsatz, Grundlagen für die Zusatzbewässerung bzw. auch die Wasserbedürftigkeit von Energiepflanzen, die Standorteignung von Zweikulturnutzungssystem und Mischfruchtanbau sowie die Silierung und Biogasausbeute verschiedener Energiepflanzen untersucht. Das Konzept wird durch eine umfangreiche ökonomische und ökologische Begleitforschung ergänzt.

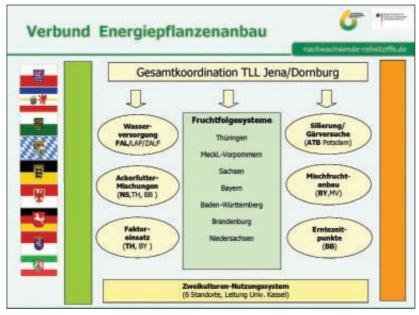


Abb. 4: Schematische Darstellung des EVA-Verbundprojekts

Mit dem EVA-Projekt soll insbesondere der einseitigen Ausrichtung von Fruchtfolgen im Energiepflanzenanbau entgegen gewirkt werden. Es soll untersucht und der Praxis vermittelt werden, an welchem Standort, welche Energiepflanze, in welchem Fruchtfolge- oder Anbausystem aus ökologischer und ökonomischer Sicht zu favorisieren ist. Weitere Details und erste Zwischenergebnisse zum EVA-Verbund werden im nachfolgenden Beitrag von Dr. Armin Vetter näher erläutert.

Auf Basis der Ergebnisse eines Verbundvorhabens mit dem Titel "Energiepflanzen für die Biogasproduktion" wurde die pflanzenbauliche Forschung zu den Hirsearten (Sorghum spp.) sowie zur Durchwachsenden Silphie (Silphium perfoliatum) verstärkt, da sich abzeichnet, dass diese Arten eine interessante Fruchtfolgebereicherung, speziell für trockene Anbaugebiete, darstellen könnten. Das Spektrum an züchterisch zu bearbeitenden Energiepflanzenarten wurde insgesamt erweitert. Aktuell laufen u.a. Züchtungsvorhaben zu Sonnenblumen, Hirsen, Raps/Rübsen, Roggen und Weizen, Weidelgräsern, Winterackerbohnen und Triticale (siehe Abbildung 5).



Abb. 5: Aktuelle Projektbeispiele aus dem Bereich Energiepflanzenzüchtung

Weitere aktuelle Forschungsprojekte (Universität Trier und Verein zur Förderung agrar- und stadtökologischer Projekte e.V. an der Humboldt-Universität Berlin) beschäftigen sich mit der landwirtschaftlichen Verwertung von Gärresten aus Biogasanlagen. Teilweise fehlen noch wissenschaftliche Untersuchungen zur Pflanzenverfügbarkeit von Nährstoffen aus Gärresten. Dies berührt u.a. auch die bereits angesprochene Lachgasproblematik und ist hinsichtlich der notwendigen Schließung von Nährstoff-

kreisläufen und der Einhaltung von ausgeglichenen Humusbilanzen eine sehr wichtige Forschungsaufgabe.

Einen weiteren Schwerpunkt bildet das Verbundvorhaben "BioLog: Entwicklung, Erprobung und Demonstration von neuen Logistikkonzepten für Biobrennstoffe". Das Verbundvorhaben BioLog baut auf dem EVA-Projekt sowie auf umfangreichen Vorarbeiten der Universität Kassel zum Zweikulturen-Nutzungssystem auf (siehe z.B. http://www.agrar.uni-kassel.de/ink/pub/1998scheffer01.pdf). Ziel von BioLog ist es, aus einjährigen, mittels Silierung konservierten Energiepflanzen, einen trockenen, energiereichen und schadstoffarmen Festbrennstoff zu erzeugen, der optimal in der Energieerzeugung eingesetzt werden. Die dabei anfallenden Presssäfte sollen in Biogasanlagen verstromt werden. Über die anfallenden Gärreste sollen Nährstoffkreisläufe geschlossen werden. Das gesamte Verfahren wird ökologisch und ökonomisch bewertet. Belastbare Ergebnisse werden ca. Ende 2008 vorliegen.

Zu "Schnellwachsenden Baumarten" wurden in den 1990er Jahren bereits mehr als ein Dutzend Projekte mit einem Mittelvolumen von ca. 4 Mio. € gefördert. Die Projekte betrafen die Schwerpunkte Züchtung, Ertragsmessung, Standortanpassung, Ernteverfahren, Lagerung, Humusbilanzen, ökologische Untersuchungen sowie die stoffliche und energetische Verwertung.

Bislang verzeichnen wir bei der landwirtschaftlichen Feldholzproduktion eine geringe Umsetzung in die Praxis, aber das Interesse von Landwirtschaft und abnehmender Hand wächst bei aktuell steigenden Holzpreisen.

Die neueren Forschungsaktivitäten konzentrieren sich zunächst auf die Sicherung und Verbreitung der in den letzten Jahren erreichten Ergebnisse. In einem von Dr. Martin Hofmann, HeRo e.V., geleiteten Projekt geht es schwerpunktmäßig um Maßnahmen zur Erhaltung bestehender Mutterquartiere und Sortensammlungen, die Koordination der Sortenpflege bei Pappeln und Weiden, den Ausbau der Sammlung leistungsstarker Sorten und die Schaffung von Voraussetzungen zur Zulassung neuer Sorten nach den Bestimmungen des Forstvermehrungsgutgesetzes. Als Zwischenergebnis wurde vor wenigen Tagen die über die FNR erhältliche Broschüre "Energieholzproduktion in der Landwirtschaft" veröffentlicht, die die Beratung der Landwirte unterstützen soll.

Mit dem Ziel, neue Pappelhybriden zu züchten, die gute Wuchsleistungen, geringe Standortansprüche und optimierte Holzeigenschaften verbinden, wurde ein Verbundvorhaben mit dem Kurztitel "Innovative Hybrid-

pappeln" gestartet (Georg-August-Universität Göttingen, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung). Ein weiteres Projekt (Baumschule Graeff) beschäftigt sich in Brandenburg mit der Robinie, die speziell auf Rekultivierungsflächen Ertragsvorteile gegenüber Pappeln und Weiden zeigt. Interessant ist, dass diese Art als Leguminose in der Lage ist, Luftstickstoff zu binden.

Agroforstsysteme sind eine einstmals weit verbreitete Form der Landnutzung, bei der mehrjährige Gehölze wie Bäume, Hecken und Sträucher mit landwirtschaftlichen Nutzpflanzen auf der selben Fläche vorteilhafte Symbiose eingehen. Traditionelle Formen des Agroforstsystems sind zum Beispiel Streuobstwiesen und die Waldweide. Früher bauten die Landwirte die Gehölze auf ihren Flächen vor allem zur Gewinnung von Brenn- und Wertholz sowie als Windschutz (Knick) an. Gerade die Aspekte Schutz vor Austrocknung und Winderosion rücken bei der aktuellen Klimadiskussion wieder verstärkt in den Vordergrund.

Im Rahmen eines gerade begonnenen Projekts mit dem Titel "Ökonomische und ökologische Bewertung von Agroforstsystemen in der landwirtschaftlichen Praxis" (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, FAL Braunschweig und BFH Hamburg bzw. ab 01.01.2008 Johann Heinrich von Thünen-Institut und BTU Cottbus) sollen auf vier Standorten im Bundesgebiet wissenschaftliche Erkenntnisse zur Produktion von Energieholz im Rahmen von Agroforstsystemen gewonnen werden.

Dies ist nicht in Parzellenfeldversuchen, sondern nur in der Praxis auf großen Schlägen möglich. Dazu sollen z.B. auf einem ca. 51 ha großen Schlag in Thüringen Energieholzstreifen mit 12 m Breite (damit grundsätzlich auch als Stilllegung einmessbar), mit verschiedenen Umtriebszeiten und damit unterschiedlichen Baumhöhen und -abstände untersucht werden. Zwischen den Energieholzstreifen erfolgt eine traditionelle Nutzung des Ackers in Fruchtfolgen mit Weizen, Gerste, Raps, etc. Die zu etablierenden Pappelstreifen werden an einigen Stellen durch Baumartenmischungen "ökologisiert" (siehe auch nachfolgende schematische Darstellung in Abbildung 6). Die Maßnahmen sollen ökologisch und betriebswirtschaftlich bewertet werden und für politische Entscheidungen, wie z.B. die Ausgestaltung von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der nachhaltigen Landwirtschaft, belastbares Material liefern. Die ökologische Begleitforschung übernimmt wie im EVA-Verbund die Universität Giessen.

Dem Bereich Energiepflanzenanbau wird in der Arbeit der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. auch in Zukunft eine erhebliche Bedeu-



Abb. 6: Konzept der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft im Agroforst-Verhund

tung beizumessen sein, um den steigenden Bedarf an Rohstoffen unter Berücksichtig von Nachhaltigkeitskriterien abdecken zu können. In Planung befinden sich u.a. die Fortsetzung des EVA-Verbunds (ab Herbst 2008), weitere Züchtungsprojekte und Logistikkonzepte. Auch die Öffentlichkeitsarbeit wird mit hoher Intensität fortgeführt.

Diverse weitere Maßnahmen zu Feldgehölzen, die sich teils auch auf eine europäische Zusammenarbeit erstrecken (www.eranetbioenergy.net), befinden sich ebenfalls in Vorbereitung. Relevant sind dabei besonders die Bereiche Ertragsmodellierung, Züchtung und Erntetechnik.

Ausführliche Darstellungen zu den Forschungsprojekten sowie zu verfügbarer Literatur können der Internetseite www.energiepflanzen.info sowie den nachfolgenden Beiträgen entnommen werden.

Weiterführende Literatur

- Döhler, Helmut et al.: Datensammlung Energiepflanzen: Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Herausg.), Darmstadt 2006
- Pölking, Andreas et al.: Bioenergie und Biogasförderung nach dem neuen EEG und ihre Auswirkungen auf Natur und Landschaft, agroplan, Wolfenbüttel 2006 (Download über www.fnr.de)
- Hofmann, Martin: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Herausg.), Gülzow 2007
- Hofmann, Martin: Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe Band 13: Modellvorhaben Schnellwachsende Baumarten, Landwirtschaftsverlag 1999

Relevante Internetseiten der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe

- www.fnr.de/energiepflanzen2007
- http://fnr-server.de/cms35/fileadmin/allgemein/pdf/veranstaltungen/agroforst_2006/agroforst.html
- www.nachwachsende-rohstoffe.de
- www.energiepflanzen.info
- www.btl-plattform.de

Internetseite zum EVA-Verbund: www.tll.de/vbp

Weitere Quellen

www.ktbl.de; www.tll.de/ainfo; www.maiskomitee.de; www.biogas.org; www.atb-potsdam.de; www.agrar.uni-kassel.de; www.hero-hessen.de; www.eranetbioenergy.net

Autor:

Dr. Andreas Schütte Geschäftsführer der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) Hofplatz 1, 18276 Gülzow E-Mail: info@fnr.de

Symposium

Energiepflanzen

ANBAUFORSCHUNG

Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die Produktion von Energiepflanzen

Dr. Armin Vetter Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft

Die Nutzung von Biomasse als erneuerbarer Energieträger nimmt vor dem Hintergrund steigender Ölpreise, Maßnahmen zur Senkung der Kohlendioxidemission und günstiger politischer Rahmenbedingungen ständig zu. Das derzeit favorisierte Einsatzsubstrat ist nach wie vor der Mais, da hiermit hohe Methanerträge pro Hektar erreicht werden können und die gesamte Verfahrenskette in der Praxis gut etabliert ist. Neben Mais ist mit Ausnahme von stark lignifizierten Stoffen jede Art von Biomasse zur Biogaserzeugung geeignet. Damit steht ein großes Spektrum potenziell geeigneter Pflanzen zur Verfügung. Diese können wiederum in unterschiedlichen Fruchtfolgestellungen, aber auch als Dauerkultur angebaut werden.

Die Auswahl der Pflanzenart sollte nach ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten erfolgen. Letzteres ist insofern interessant, da Unkräuter und -gräser im Bestand tolerierbarer sind, solange sie den Ertrag und den technologischen Ablauf der Substratbereitstellung und -vergärung nicht negativ beeinflussen. Des Weiteren werden zur Zeit neue Fruchtarten, wie z.B. Sudangras, Zuckerhirse, Durchwachsene Silphie, in Projekten der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe auf ihre Eignung als Energiepflanzen geprüft.

Mit dem Verbundprojekt "Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für Energiepflanzen unter verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" sollen verschiedene landwirtschaftliche Kulturarten unter typischen Standortbedingungen Deutschlands auf ihre Ertragsfähigkeit und Eignung als Energiepflanze geprüft werden. Die Kulturarten werden dabei im Anbausystem, d.h. Hauptfruchtstellung mit und ohne Sommerzwischenfrucht, Winterzwischenfrucht – Zweitfruchtstellung, als

Mischkultur und mit reduziertem Faktoreinsatz in der Fruchtfolge untersucht. Neben dem Nettoenergieertrag je Flächeneinheit ist es mit der gewählten Aufgabenstellung möglich, Fruchtfolgeeffekte, wie Mehr- und Mindererträge, Einflüsse auf den Nährstoff-, Wasser- und Humusgehalt des Bodens, phytosanitäre Effekte und die Einhaltung agrotechnischer Zeitspannen zu erfassen. Diese Parameter sollen anschließend komplex ökonomisch und ökologisch beurteilt werden. Somit ist es möglich, das gesamte System über mehrere Jahre zu bewerten.

Das Verbundvorhaben gliedert sich in 6 Teilprojekte, wobei jedes Teilprojekt wiederum unterschiedliche Themenstellungen mit weiterer Untergliederung bearbeitet. In manchen Bereichen steht die "Grundlagenforschung" im Vordergrund, während auf anderen Gebieten bereits die Umsetzung in die Praxis erprobt wird. Anhand der folgenden Abbildung soll die Struktur und die zu bearbeitenden Aufgaben dargestellt werden (Abbildung 1).

Da Deutschland eine reichhaltige, naturräumliche Gliederung mit unterschiedlichen Standortbedingungen aufweist, werden die Fruchtfolgesyste-

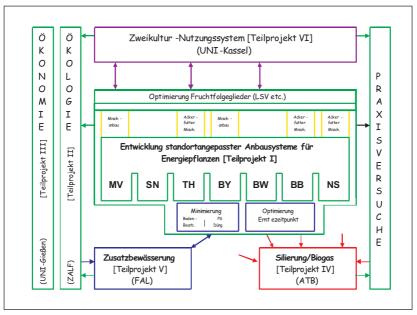


Abb. 1: Struktur und Vernetzung des Verbundprojektes EVA

me an ausgewählten Standorten entwickelt und geprüft. In Abbildung 2 sind die Standorte des Teilprojektes 1 dargestellt. Die relativ gute Abdekkung der natürlichen Standortbedingungen lässt gesicherte Aussagen über regionalspezifische Fruchtfolgeregime erwarten. Zusätzliche Versuche zur Silierung und zur Biogasgewinnung sowie Praxistests werden es ermöglichen, Empfehlungen für einen standortangepassten, betriebswirtschaftlich und ökonomisch sinnvollen Energiepflanzenanbau nach Abschluss des Projektes zu geben.

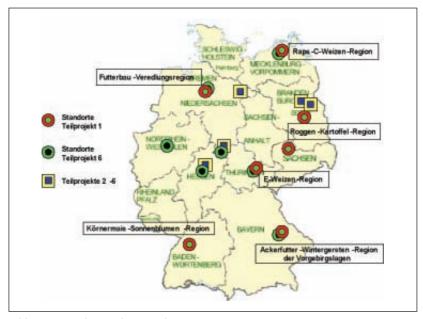


Abb. 2: Versuchsstandorte und Regionen

Kern und somit größtes Teilprojekt ist das Teilprojekt 1, welches sich mit der Untersuchung und Bewertung von fünf gleichen und zusätzlich pro Standort mit je drei bis vier regionalspezifischen Fruchtfolgen beschäftigt (Tabelle 1). Dadurch wird eine breite Fruchtartenvielfalt in den Versuch integriert und die regional abhängigen Anbaustrategien berücksichtigt. Die im Jahr 2005 angelegten Fruchtfolgen wurden 2006 an allen Standorten nochmals etabliert, um Jahreseffekte auszuschließen und so gesicherte Daten zu erhalten.

Fruchtfolge	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	
FF1	Sommergerste (GPS)/Ölrettich (SZF)	Mais (HF)	Wintertriticale (GPS)/SZF Zuckerhirse	Winterweizen o. Winterroggen (Korn)	
FF2	Sudangras/ Futterroggen (WZF)	Mais (ZF)	Wintertriticale (korn)	Winterweizen o. Winterroggen (Korn)	
FF3	Mais/ Futterroggen (WZF)	Sudangras (ZF)	Wintertriticale (GPS)/SZF Wiedelgras	Winterweizen o. Winterroggen (Korn)	
FF4	Sommergerste/ US Luzerne o. Kllegras	Luzerne oder Kleegras	Luzerne oder Kleegras	Winterweizen o. Winterroggen (Korn)	
FF5	Hafersorten- mischung (GPS)	Wintertriticale (GPS)	Winterraps (Korn)	Winterweizen o. Winterroggen (Korn	

Biograssubstrat Kornnutzung

Tab. 1: Darstellung der Standardfruchtfolgen an den einzelnen Standorten

Die Ertragsentwicklung der Energiepflanzenfruchtfolgen über die Standorte verdeutlicht, dass mit den Sudangrasmais betonten Fruchtfolgen (Fruchtfolgen 2 und 3) die höchsten Erträge erzielt werden (Abbildung 3), gefolgt von der Fruchtfolge 1, welche Getreidemais betont ist. Enttäuschend im Ertrag war die Getreide-Raps-Fruchtfolge (FF 5), insbesondere die als Ganzpflanze geerntete Hafersortenmischung.

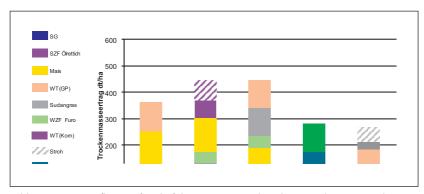


Abb. 3: Energiepflanzenfruchtfolgen-Erträge über die Standorte, Projekt EVA (2005-2007), Anlagejahr 2005

Als Beispiel für den Standorteinfluss auf die Ertragsentwicklung soll die Fruchtfolge 3 herangezogen werden (Abbildung 4). Auf den Standorten mit einer guten Wasserversorgung, d. h. Gülzow in Mecklenburg-Vorpommern, Ascha (Vorgebirgslage in Bayern) und Ettlingen (Rheingraben in Baden-Württemberg) waren ca. 500 dt Trockenmasse in drei Jahren erreichbar. Der trockene Lößstandort in Dornburg fiel etwas im Ertrag ab. Deutlich niedrigere Erträge wurden auf dem Standort Güterfelde realisiert. Das relativ gute Abschneiden des Standortes Trossin in Sachsen, mit einer ähnlichen Standortcharakteristik wie Güterfelde, beruht auf für den Standort untypischen Maiserträgen, welche aufgrund hoher Niederschläge während der Vegetationszeit im Jahr 2005 erreicht wurden.

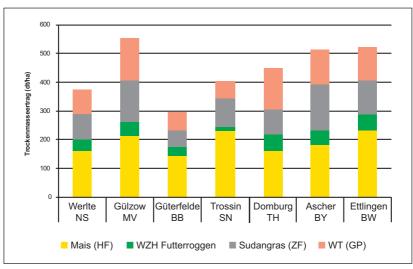


Abb. 4: Energiepflanzenfruchtfolgen-Erträge an verschiedenen Standorten, Projekt EVA (2005-2007), Fruchtfolge 3

Zur Abschätzung der Erträge der potenziellen Fruchtarten für die Biomasseproduktion wird Mais als Referenzfruchtart herangezogen. Durchaus hohe Trockenmasseerträge (> 200 dt/ha) können in Baden-Württemberg erreicht werden. Neben Mais wird auch Hirsen ein hohes Ertragspotenzial zugesprochen. Erste Ergebnisse des Verbundvorhabens zeigen, dass Sudangras an Standorten mit einer guten Wasserversorgung die Erträge von Mais nicht erreicht. Auf Trockenstandorten könnte Sudangras als

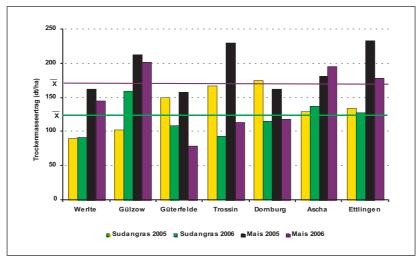


Abb. 5: Gegenüberstellung der Erträge von Sudangras und Mais (2005/2006)

Ergänzung oder Alternative zu Mais zukünftig an Bedeutung gewinnen (Abbildung 5).

Mit dem Anbau von Ganzpflanzengetreide könnten ebenfalls hohe Erträge erzielt werden, jedoch haben die im Verbundvorhaben getesteten Sommergetreidearten Sommergerste, aber auch Hafer mit Erträgen < 10 t TM/ha enttäuscht. Vor allem bei Hafer, angebaut als Sortenmischung, wurde aufgrund des weiten Korn-Stroh-Verhältnisses mit höheren Erträgen gerechnet. Diese Fruchtart könnte aufgrund ihrer bekannten "phytosanitären" Wirkung in getreidebetonten Fruchtfolgen sehr willkommen sein. Das bedeutend höhere Biomasseerträge mit Ganzpflanzengetreide möglich sind, zeigen die Erträge von Wintertriticale an den Standorten Dornburg, Gülzow und Ettlingen. Die relative Vorzüglichkeit von GP-Getreide und Mais ist auf dem Thüringer Standort gegeben (Abbildung 6).

Neue Versuche mit Hafer-, Triticale- und Roggenmischungen haben bisher keine signifikanten Unterschiede zwischen Reinsaat und Sortenmischung erbracht (Abbildung 7). Die Theorie geht davon aus, dass Sortenmischungen gesünder sind. Vor allem sollen sie einen geringeren Pilzbefall aufweisen bzw. Ertragseinbußen einer Sorte werden durch die anderen Sorten ausgeglichen. Zur Erzielung gleich hoher Erträge von Sortenmischungen und Reinanbau, wäre ein geringerer Fungizideinsatz notwen-

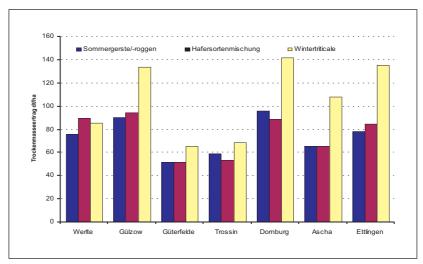


Abb. 6: Erträge Ganzpflanzengetreide (2006/2007)

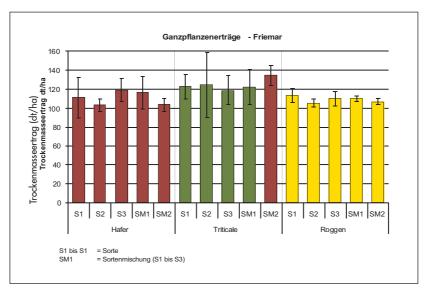


Abb. 7: Ganzpflanzenerträge verschiedener Getreidearten und Sorten 2006/2007, Standort Friemar

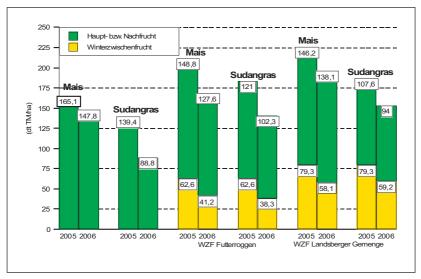


Abb. 8: Zweitfruchtversuch Dornburg 2005 und 2006

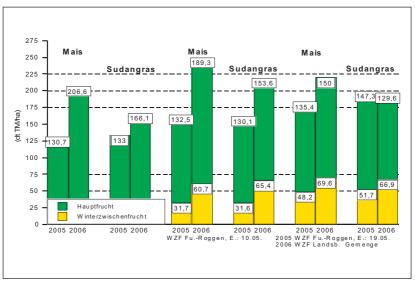


Abb. 9: Zweitfruchtversuch Heßberg 2005 und 2006

dig. Da Fungizidstrategien langjähriger Versuchsreihen bedürfen, sollen die aufgeführten Versuche fortgeführt werden.

Neben dem Anbau von Ganzpflanzengetreide, bietet sich auch der Anbau einer Winterzwischenfrucht gefolgt von einer Zweitfrucht an. Im Folgenden wird auf Ergebnisse aus Thüringen eingegangen. Es liegen bis zum jetzigen Zeitpunkt Untersuchungen von zwei Jahren an zwei Standorten vor.

Das bekannteste System ist der Anbau von Winterfutterroggen (Erstfrucht) mit nachfolgendem Mais (Zweitfrucht). Entscheidend für den Erfolg eines derartigen Anbausystems ist die Wasserversorgung im Zeitraum Juni bis August, so dass unter mitteldeutschen Standortbedingungen mit ausgeprägter Vorsommertrockenheit durchaus Skepsis angebracht war. Die Ergebnisse des Anbaus von Futterroggen bzw. Landsberger Gemenge als Erstfrucht und Sudangras bzw. Mais als Zweitfrucht haben daher doch etwas überrascht (Abbildungen 8 und 9). An beiden Standorten war das Zweikulturnutzungssystem dem Anbau von Mais bzw. Sudangras in Hauptfruchtstellung überlegen. Ebenfalls schnitt an beiden Standorten der Mais (Hauptfrucht) besser ab als das Sudangras. Eine betriebswirtschaftliche Bewertung muss allerdings noch zeigen, ob die Mehrerträge ausreichend sind die Mehrkosten für die zweimalige Bestellung und Ernte auszugleichen.

Der Mischfruchtanbau wird in zahlreichen Veröffentlichungen diskutiert. Bis auf das altbekannte Landsberger Gemenge und klassische Ackerfuttermischungen konnten sich in der landwirtschaftlichen Praxis bisher keine weiteren Mischungen verschiedener Pflanzenarten etablieren. Dies ist vor allem darin begründet, dass die Ansprüche an den Standort, die Nährstoffversorgung, aber vor allem die Anforderungen bei der Bestandesetablierung und im Pflanzenschutz zwischen den Arten erheblich differieren können. Im EVA-Projekt wurden an vier Standorten jeweils 16 Varianten an Sommerungen und Winterungen getestet. In Abbildung 10 sind die Ergebnisse der Sommerungen am Standort Gülzow dargestellt. Der als Reinkultur angebaute Mais erbrachte eindeutig die höchsten Erträge. Mischungen mit Bokharaklee (Melilotus albus) versprechen noch am ehesten Erfolg. Im Gegensatz zu diesen Mischungen, der Mischung von Monokotylen und dykotylen Pflanzen, wurden Sorten- und Artenmischungen bei Getreide bereits in den 80- und 90-er Jahren erprobt.

Auf den typischen Ackerfutterstandorten sind zudem Betrachtungen zur energetischen Verwendung verschiedener Ackerfuttermischungen in

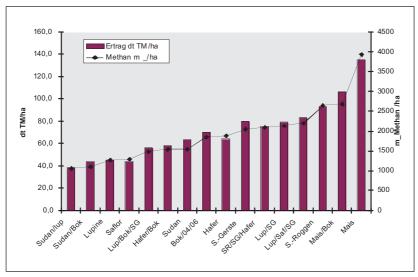


Abb. 10: Trockenmasse- und Methanerträge verschiedener Fruchtarten in Reinsaat und Mischanbau, Standort Gülzow AZ 25 (Ouelle: Matthias Dietze, LFA)

der Biogasanlage interessant. Hierzu sollen Untersuchungen Aufschluss geben, die in den drei Bundesländern Thüringen, Brandenburg und Niedersachsen an jeweils bis zu vier Standorten und an jeweils bis zu 9 Mischungen durchgeführt werden. Bei der Beerntung werden zwei Schnittregime unterschieden, ein früher erster Schnitt mit bis zu vier Folgeschnitten und ein später erster Schnitt mit bis zu drei Folgeschnitten. An der standortübergreifenden A3-Mischung (Weidelgras) werden, wie im Teilprojekt 1, auch im ATB Mini-Batch-Versuche zur Ermittlung des Biogasertrages und der Methanausbeute durchgeführt. Bei dieser Versuchsanstellung wird nach Alternativen auf den typischen Ackerfutterstandorten gesucht, die den produktionstechnischen Aufwand mehrerer Schnitte im Jahr wirtschaftlich rechtfertigen.

Ergebnisse im Ertrag der Ackerfuttermischungen lassen sich vorerst für das Ansaatjahr 2005 darstellen. In der Abbildung 11 lässt sich ein Überblick über die erzielten Trockenmasseerträge (dt/ha) an den verschiedenen Standorten in Niedersachsen und Brandenburg gewinnen. Die Ertragssumme wurde aus den ersten 3 Schnitten gewonnen. Die relative

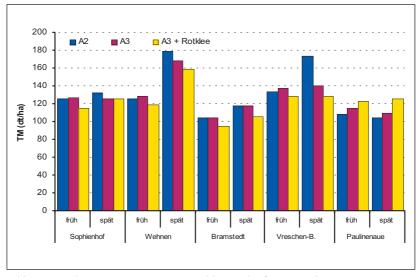


Abb. 11: Trockenmasseerträge ausgewählter Ackerfuttermischungen an vier Standorten in Niedersachsen und einem in Brandenburg (Paulinenaue), unterschieden nach frühem und spätem ersten Schnitt, als Ertragssumme der ersten drei Schnitte im Ansaatjahr 2005

(Quelle: Carsten Rieckmann, LWK-Niedersachsen)

Vorzüglichkeit der Leguminosenmischung an dem trockeneren Standort in Brandenburg ist deutlich zu erkennen. Auf den Standorten in Niedersachsen dominiert dahingegen die Weidelgraskomponente. Weitere Ergebnisse gerade aus dem ersten Nutzungsjahr, die die Aussagefähigkeit deutlich erhöhen, liegen zur Zeit noch nicht komplett vor und bleiben daher noch abzuwarten.

Zusätzlich zum Fruchtfolgeversuch (Teilprojekt 1) werden im Verbundprojekt Versuche zur Zusatzbewässerung (FAL) und zur Silierung (ATB) durchgeführt.

Die Beregnungsversuche liefern wertvolle Informationen zur Anbauwürdigkeit von Energiepflanzen an Beregnungsstandorten und geben Aufschluss über die Wassereffizienz einzelner Fruchtarten. Bei einem abzusehenden Klimawandel mit zunehmend unregelmäßiger Wasserversorgung gewinnt die Beregnung als ein pflanzenbaulicher Aspekt an Bedeutung. So werden im Rahmen des Verbundprojektes Beregnungsver-

suche an drei Standorten mit zwei Bewässerungsvarianten durchgeführt. Die Ergebnisse aus den Versuchsjahren 2005/2006 sind in Abbildung 12 dargestellt. Die Erstkulturen erzielten in Braunschweig einen Trockenmasseertrag von 4,9 bzw. 4,8 t/ha und in Müncheberg von 6,4 bzw. 4,0 t/ha. Unter den Zweitkulturen lieferte Mais die höchsten Trockenmasseerträge, gefolgt von Futterhirse und Sonnenblume. In Müncheberg war die Futterhirse bei extensiver Bewässerung dem Mais ebenbürtig. Durch die intensive Bewässerung wurden die Trockenmasseerträge beim Hauptfruchtanbau um durchschnittlich 30 % bzw. 49 % erhöht. Noch größer waren die bewässerungsbedingten Ertragssteigerungen beim Zweikulturnutzungssystem mit durchschnittlich 35 % und 84 %.

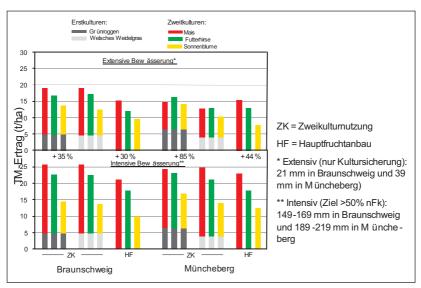


Abb. 12: Anbausysteme und Bewässerung, Ergebnisse Beregnungsversuche 2005/2005 FAL (Quelle: Schittenhelm, 2007)

Am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) wird der Einfluss der Pflanzenart und der Silierung auf die Substratqualität und den Biogasertrag betrachtet. Hierfür werden ausgewählte Proben in Batch-Gärtests untersucht. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass mit Mais gefolgt von Futterroggen und Wintertriticale Biogasausbeuten von durchschnittlich 600 NI/kg oTM möglich sind. Da im Biogas aus Mais etwas niedrige-

re Methangehalte als bei Futterroggen und Wintertriticale gemessen wurden, liegt der Mais bei der Methanausbeute mit 330 Nl CH4/kg oTM noch hinter Futterroggen (350 Nl CH4/kg oTM) und den Ackerfuttermischungen (340 Nl CH4/kg oTM) (Abbildung 13). Bezieht man in die Ergebnisse zur Methanbildung jedoch den Flächenertrag mit ein, so ist Mais nach wie vor die Pflanzenart mit den höchsten Methanhektarerträgen.

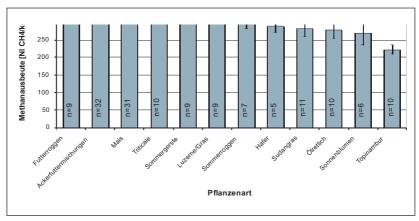


Abb. 13: Methanausbeuten von Ganzpflanzensilagen (Quelle: Herrmann C., Heiermann M., Idler C., Scholz V., ATB)

Fazit

Der Standort hat einen erheblichen Einfluss auf den Trockenmasseertrag und in Verbindung mit der jeweiligen Fruchtart auch auf den Methanertrag und somit auf die betriebsentscheidende Wirtschaftlichkeit des Energiepflanzenanbaus.

Autoren:

Dr. Armin Vetter Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Apoldaer Str. 4, 07778 Dornburg, E-Mail: a.vetter@dornburg.tll.de

Dr. Arlett Nehring, Christoph Strauss

Länderkooperation Biomasse für SunFuel®

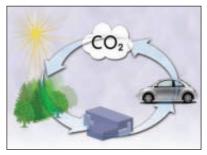
Dr. Martin Lohrmann Volkswagen AG

Die Herausforderung – Produkt



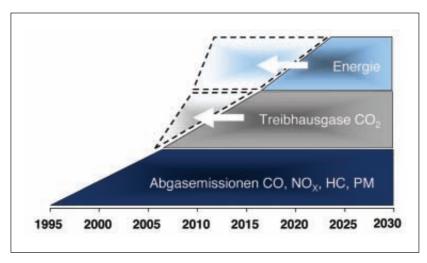






Faszinierende Produkte, Sicherheit, Mobilität und verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen

Veränderung der gesellschaftsrelevanten Entwicklungsschwerpunkte

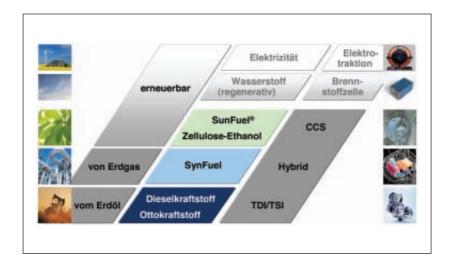


Schlussfolgerungen



- → Einbeziehung alternativer Energiequellen zur Kraftstoffherstellung
- → Entwicklung von CO₂-neutralen Pfaden zum Fahrzeugbetrieb
- → konsequente weitere Erhöhung der Effizienz der Antriebe bei gleichzeitiger Emissionsreduzierung

Volkswagen Kraftstoff- und Antriebsstrategie



Länderkooperation

Entwicklung einer Biomassen-Infrastruktur für SunFuel®



Partner:

Ministerien für Umwelt sowie Landwirtschaft der Länder Niedersachsen, Brandenburg und Hessen sowie Volkswagen

Länderkooperation – Biomasse für SunFuel®

Motivation Absicherung der Rohstoffversorgung durch Biomasse

Ziel Ermittlung der Biomassepotenziale und Bereitstellungs-

konzepte fur Norddeutschland (inkl. Hessen)

Technischer Ertrags- und Kostenermittlung fur verschiede Kulturen

Lösungsweg in repräsentativen Regionen

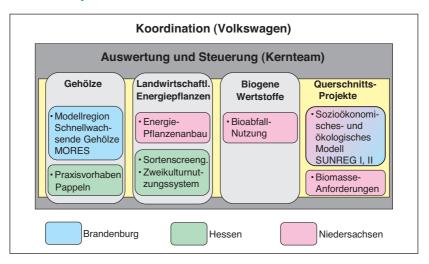
Anbauoptimierung in Abhängigkeit regionaler Faktoren

Nutzen langfristige Sicherstellung der Kraftstoffversorgung

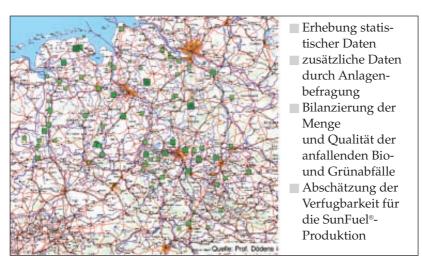
Stärkung des ländlichen Raums

Status Projektstart Dezember 2004

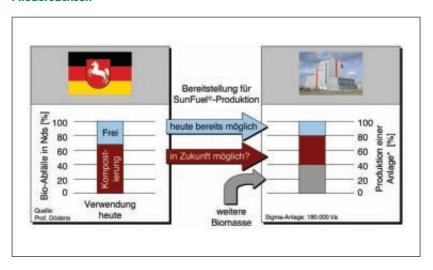
Länderkooperation – Biomasse für SunFuel®



Bio- und Grunabfälle – Nutzung unentdeckter Ressourcen Niedersachsen

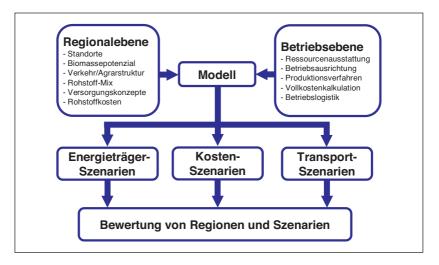


Bio- und Grunabfälle – Nutzung unentdeckter Ressourcen Niedersachsen



SUNREG

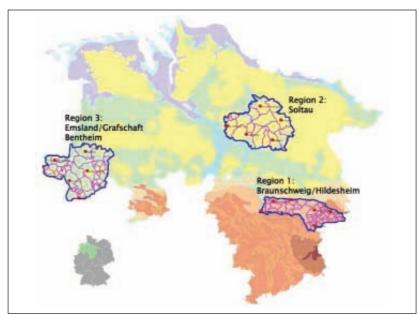
Modell zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Biomassepfaden in ausgewählten Regionen für die Herstellung von SunFuel®



Ziele:

- Evaluierung bestehender und Abschätzung zukunftiger regionalspezifischer Biomasse-Bereitstellungskonzepte (Biomassepfade)
- Berechnung regionaler Biomasse-Produktionspotenziale für die vier Modellregionen in Niedersachsen und Brandenburg
- Kennzahlermittlung fur Produktionsverfahren (technisch, ökonomisch, ökologisch)
- Ökonomische und ökologische Bewertung ausgewählter regionaler Biomasseströme
- Ausweisung von Hemmnissen und Potenzialen zur Optimierung von Biomassepfaden
- Erste Strategien fur die Entwicklung von Biomassemärkten

SUNREG – Biomassepotenziale in Modellregionen Niedersachsen



(Quelle: LWK Niedersachsen & LBEG 2006)

Region 1:

Hochertrags-Ackerbau (meist gute Böden):

Entwicklungen zur energetischen Nutzung von Biomasse maßgeblich durch die Änderung des EEG (2004) angestoßen

Region 2:

Ackerbau auf leichten Böden:

Hohe Anzahl bereits bestehender Biogasanlagen

Region 3:

Ackerbau auf leichtem Standort bei hohem regionalem Viehbesatz: Antrieb der Entwicklung ist der Gulleuberschuss von Mastbetrieben

SUNREG I – Rohstoffverfügbarkeit Strohbedarf und -überschuss in den Modellregionen

		Bed			
verfügbare Strohmengen in t	Erzeugung	Humusbilanz 50 %	Tierhaltung	Überschuss	
Region 1 Braunschweig/Hildesheim	579.063	289.532	6.060	288.017	
Region 2 Soltau	177.471	88.735	40.625	78.579	
Region 3 Emsland/Grafsch. Bentheim	168.024	84.012	137.576	9.446	

(Quelle: Dr. Schindler, LWK Niedersachsen)

SUNREG I – Rohstoffverfügbarkeit Bereitstellungskosten Stroh "frei Werk"

	HD	-Quaderba	llen ("Krond	e")	konventionelle Quaderballen			
Lagerart	Feld	rand	Ha	lle	Feldı	rand	Ha	lle
Transportart	Schlepper	LKW	Schlepper	LKW	Schlepper	LKW	Schlepper	LKW
über km	EUR/t	EUR/t	EUR/t	EUR/t	EUR/t	EUR/t	EUR/t	EUR/t
1	46,45	0,57	9,42	9,99	1,68	2,46	15,65	16,42
2	46,87	0,51	9,42	9,92	1,83	2,52	15,79	16,48
4	47,61	0,41	9,42	9,83	2,10	2,66	16,06	16,62
7	48,59	0,22	9,42	9,64	2,45	2,74	16,41	16,71
10	0,01	49,43	9,43	9,42	2,76	2,75	16,73	16,71
15	0,44	50,24	9,86	9,42	3,63	3,04	17,60	17,00
20	0,89	50,85	10,31	9,42	4,46	3,25	18,43	17,22
25	1,35	51,32	10,76	9,42	5,25	3,42	19,21	17,39
30	1,80	51,69	11,22	9,42	5,99	3,55	19,96	17,52
35	2,21	52,02	11,63	9,42	6,68	3,67	20,64	17,63
zusätzl. km	0,14	0,08	0,14	0,08	0,18	0,11	0,18	0,11

Kostengünstigste Variante im Fettdruck, andere Varianten als "Mehrkosten" (Quelle: Dr. Schindler, LWK Niedersachsen)

SUNREG I – Rohstoffverfügbarkeit Bereitstellungskosten Stroh "frei Werk"

uber km	Stroh- wert %	Stroh- pressen %	Stroh laden %	Stroh lagern %	Stroh- transport %	Gesamt- kosten €/t
1	28,9	32,2	1 <i>7,7</i>	16,9	4,2	46,45
2	28,7	31,9	17,6	16,8	5,1	46,87
4	28,2	31,4	17,3	16,5	6,6	47,61
7	27,7	30,8	17,0	16,2	8,5	48,59
10	27,2	30,2	16,7	15,9	10,0	49,43
15	26,7	29,7	16,4	15,7	11,5	50,24
20	26,4	29,4	16,2	15,5	12,5	50,85
25	26,2	29,1	16,0	15,3	13,3	51,32
30	26,0	28,9	15,9	15,2	13,9	51,69
35	25,8	28,7	15,8	15,1	14,5	52,02
zusätzl. km	-0,046	-0,052	-0,028	-0,027	+0,154	+0,08

Prozentualer Anteil der einzelnen Kostenpositionen an den Gesamtkosten (Quelle: Dr. Schindler, LWK Niedersachsen)

Länderkooperation "Biomasse für SunFuel®"

Zusammenfassung

- Vorbereitung von Logistikketten zur ganzjährigen Versorgung mit Biomasse
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zum Biomasseanbau
- Bewertungsmodelle zur Ableitung regionaler Strategien für die Entwicklung von Biomassemärkten
- Datenverifizierungen und Sortenzuchtungen in Anbauprojekten für Energiepflanzen
- Umsetzung von Verfahren zur Zweikulturnutzung in ackerbaulichen Produktionssystemen
- Feldversuche zum kostenoptimierten Anbau von schnellwachsenden Baumarten
- Bewertung von Biomassepfaden aus natur- und raumverträglicher Sicht
- Biomassebereitstellung aus Bio- und Grunabfällen
- Ermittlung von Qualitätskriterien für land- und forstwirtschaftliche Biomassen ausgehend von technischen Anforderungen

Autor:

Dr. Martin Lohrmann Volkswagen AG Postfach 1774, 38436 Wolfsburg

E-Mail: martin.lohrmann@volkswagen.de

Standortvergleiche zum Zweikulturen-Nutzungssystem

Dr. Reinhold Stülpnagel Universität Kassel

1. Einleitung

Allgemein erklärtes Ziel aus klimapolitischer Sicht ist es, neben Maßnahmen zur Energieeinsparung in zunehmendem Maße fossile Energieträger durch regenerative Energieträger zu substituieren. Mit dem Verbundvorhaben "Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" [1] soll – untergliedert in 6 Teilprojekte - insbesondere die Bereitstellung von Biomassen zur Wandlung zu Biogas und Synthesekraftstoffen verbessert werden. In diesem Rahmen ist neben einer optimalen Ausnutzung der verfügbaren Fläche sowie der Bereitstellung qualitativ hochwertiger Biomasse für die energetische Wandlung auch die Nachhaltigkeit dieses hieraus erwachsenden Betriebszweiges für die Landwirtschaft von großer Bedeutung.

Vor diesem Hintergrund sind für Anbau und Bereitstellung der Biomasse verschiedene Ansätze denkbar: Für die hier im Vordergrund stehende Wandlung von Biomassen zu Biogas werden ertragreiche Pflanzen mit hoher Verdaulichkeit ihrer organischen Substanz benötigt. Sie werden heutzutage schon vielfach in Form von Silomais oder in geringerem Umfang in Form von Winterroggen, der deutlich vor der Vollreife geerntet und einsiliert wird, bereitgestellt. Anteile der Zeiten innerhalb eines Jahres, die nicht von diesen Kulturen in **Hauptfrucht-Nutzung** für ihr Wachstum benötigt werden, können von anderen Kulturen, so genannten **Zwischenfrüchten** genutzt werden. Hierzu werden vor Sommerkulturen (Mais, Hirse, Sonnenblumen) nach früh räumenden Winterkulturen (Getreide, Raps) in der Regel Sommerzwischenfrüchte angebaut. Ob sie als Gründüngung oder Mulch genutzt werden und somit der Humusersatz-

leistung dienen oder im Herbst geerntet, einsiliert und in gleicher Weise wie die Hauptfrüchte auch zur Biogaserzeugung genutzt werden, darüber entscheiden die jeweiligen Rahmenbedingungen wie ihre Ertragsleistung, der TS-Gehalt zur Ernte und ökonomische Kenngrößen.

Realisierbar ist aber auch, anstatt einer Sommerzwischenfrucht vor einer Sommerkultur (Mais usw.) eine frostharte Kultur (Winterformen von Getreide, Raps, Rübsen, Körnerleguminose) anzubauen und im nächsten Frühjahr z.B. für die Verwertung zu Biogas zu ernten. Auf dieser Basis wurde in Anlehnung an das Konzept "Futterroggen gefolgt von Silomais" durch Verschiebung von Ernte- und Saatzeiten das Zweikultur-Nutzungssystem für eine breite Palette von Kulturen entwickelt, die durch Silierung konserviert werden [2]. Mit diesem Anbausystem steht ein Verfahren zur Verfügung, das sich durch höhere Flächenerträge auszeichnet und sie mit ökologischen Vorzügen auf den Ebenen Vielfalt der nutzbaren Pflanzenarten, ganzjährige Bodenbedeckung und weitgehender Verzicht auf Pflanzenbehandlungsmittel verknüpft. Die gewonnenen Silagen werden bei der Biogaserzeugung direkt verwertet, für eine thermische Verwertung besteht im Rahmen der mechanischen Entwässerung der Silagen die Möglichkeit, ihre Brennstoffqualität zu verbessern, da unterschiedlich hohe Anteile von allen Nährstoffen aus der Silage ausgetragen und in den Presssaft überführt werden, der direkt oder nach der Vergärung im Biogasfermenter auf die Ackerflächen zurückgeführt wird [3, 4].

Vor diesem Hintergrund soll in Teilprojekt 6 [1] des Verbundvorhabens in einem bundesweiten Vergleichsanbau das Zweikultur-Nutzungssystem (2cult) eingehend geprüft werden. Gleichzeitig wird in diesem **Systemversuch** der Zweikultur-Nutzung auch der üblicherweise gewählte Hauptfruchtanbau z.B. von Mais oder Sonnenblumen zur Silagebereitung verbunden mit dem Anbau von Zwischenfrüchten gegenübergestellt. Ein solcher Anbau von Pflanzen mit Konservierung durch Silierung konkurriert nicht nur mit der Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln, bei einer thermischen Wandlung der Biomassen (BTL, Strom, Wärme) können im Gegensatz zu einem Feuchtgut (Silage) manche Biomassen auch als Trockengut bereitgestellt werden, wie es z.B. mit vollreifem, lufttrockenem Getreide mit Korn und Stroh möglich ist. Um diese Pfade – Winterroggen als Brotund Futtergetreide bzw. als trockener Brennstoff – mit abzubilden, wird der Anbau von Winterroggen zur Ernte in der Vollreife in das Projekt integriert.

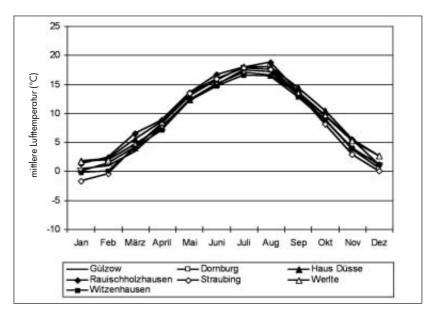
Ziel dreijähriger Feldversuche an sieben Standorten im Bundesgebiet ist es, unter den verschiedenen Umwelten Daten zu den Vorzügen und

Grenzen einer Zweikultur-Nutzung im Vergleich zu der üblichen Hauptfrucht-Nutzung zu ermitteln, da allgemein die verfügbare Wassermenge an den verschiedenen Standorten sowie die erhöhten Kosten einer zweimaligen Saat und Ernte als begrenzend angesehen werden. Zur Beantwortung der zentralen Frage "Unter welchen Standortbedingungen ist das System der Zweikultur-Nutzung einem Hauptfrucht-Anbau mit Zwischenfrüchten deutlich überlegen?" werden nicht nur die Unterschiede in der Ertragsleistung in Abhängigkeit von Kulturart, Anbaukonzept und Umwelt erfasst und ökonomisch bewertet. Gleichzeitig werden im vorliegenden Projekt auch die Umweltauswirkungen des Biomasseanbaus untersucht sowie die Biomassequalitäten für die energetische Nutzung beurteilt. Alle Ergebnisse sollen vorrangig der Beratung zu diesem neuen Betriebszweig dienen, um im Sinne des Verbundvorhabens einen aus ökologischer und ökonomischer Sicht optimierten Energiepflanzenanbau zu fördern.

2. Material und Methoden

Versuchsstandorte: Für die dreijährigen Feldversuche wurden Orte gewählt, die sich in ihren Rahmenbedingungen deutlich voneinander unterscheiden und an denen möglichst weitere Versuche aus dem Verbundvorhaben angelegt werden, um Ergebnisse aus den verschiedenen Teilprojekten miteinander verknüpfen zu können. Die Standorte sind Dornburg (TLL, Thüringen), Gülzow (LFA, Mecklenburg-Vorpommern), Haus Düsse (LWK, Nordrhein-Westfalen), Rauischholzhausen (Universität Gießen, Hessen), Straubing (TFZ, Bayern), Werlte (LWK, Niedersachsen) und Witzenhausen (Universität Kassel, Hessen). An ihnen werden die Versuche auf Eigen- bzw. Pachtflächen der jeweiligen Institution angelegt und von den Projektpartnern (kurz Partner) durchgeführt.

Klima: Entsprechend langjähriger Aufzeichnungen zur Witterung sind am Standort Gülzow mit 515 mm die niedrigsten, an den Standorten Werlte (768 mm) und Haus Düsse (800 mm) die höchsten mittleren Jahresniederschläge zu verzeichnen (Tab. 1). Die Unterschiede in den mittleren Lufttemperaturen zwischen den Standorten betragen bis zu 1,5 °C, die niedrigste Temperatur ist am Standort Witzenhausen (8,2 °C), die höchste an den Standorten Haus Düsse und Rauischholzhausen gegeben. Der Standort Straubing zeichnet sich im Vergleich zu den anderen Standorten durch eine deutlich höhere Globalstrahlung aus.



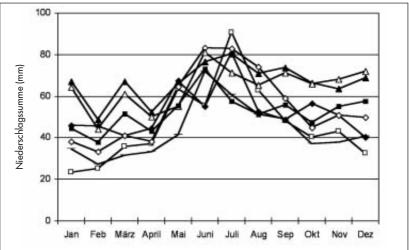


Abb. 1: Vergleich der langjährigen Mittelwerte der Lufttemperaturen (oben) und der Niederschlagssummen (unten) in den Monaten Januar bis Dezember an den Versuchsstandorten (Quelle: Angaben der Partner)

Parameter	Dornburg	Gülzow	Haus Düsse	Ravischholz- havsen	Straubing	Werlte	Witzhausen
Mittlere Niederschlags- summe (mm/a)	596	515	800	627	658	768	629
Jahresmitteltemperatur der Luft (°C)	8,8	8,4	9,7	9,7	8,3	9,0	8,2
Mittlere Globalstrahlung (Wh/m² * d)	2.524	2.669	2.657	2.588	3.041	2.637	2.712
Höhe über NN (m)	260	10	79	180	340	32	252

Tab. 1: Übersicht zu den Klimadaten an den Versuchsstandorten auf der Basis langjähriger Wetterbeobachtungen

(Quelle: Angaben der Partner bzw. Klimaatlas)

Aus dem Standortvergleich auf der Basis der Monatswerte (Abb. 1) wird deutlich, dass niedrigere oder höhere Lufttemperaturen an den einzelnen Standorten auf vergleichbaren Temperaturunterschieden in den einzelnen Monaten beruhen, während bei den Niederschlägen deutliche Unterschiede in der Verteilung innerhalb eines Jahres bestehen. Insbesondere die Standorte Dornburg und Gülzow weisen geringe Winterniederschläge und hohe Niederschläge im Hochsommer auf, während die Standorte Haus Düsse und Werlte sich durch eine weitgehend ausgeglichene Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf auszeichnen.

Boden: Böden bester Bonität aus der Sicht der Bodenart, der Durchwurzelungstiefe und der Menge an pflanzenverfügbarem Wasser sind an den Standorten Dornburg, Haus Düsse, Rauischholzhausen und Witzenhausen gegeben (Tab. 2). Böden deutlich geringerer Bonität weisen die Standorte Gülzow und Werlte auf, deren Speicherkapazität für Wasser um 70 mm (Gülzow) bzw. 90 mm (Werlte) geringer ist als an den Gunststandorten. Insbesondere am Standort Gülzow sind niedrige Temperaturen, niedrige Jahresniederschläge (Tab.1), eine sehr ungleiche Niederschlagsverteilung im Jahresverlauf (Abb. 1) und eine geringe nutzbare Feldkapazität (Tab. 2) vereinigt. Hingegen wird am Standort Werlte die geringe

Parameter	Dornburg	Gülzow	Haus Düsse	Ravischholz- havsen	Straubing	Werlte	Witzhausen
Bodentyp: (Oberboden)	Para- braun- erde (PB)	Kollu- visol / Pseudo- gley	Haft- pseudo- gley – PBe	PB – Haft- pseudo- gley	РВе	PB – Pseudo- gley	Haft- pseudo- gley – PB – Braun- erde
Bodenart (Oberboden)	Ut 4	Sl 2	Ut 4	Ut 3	Ut 4	Su 2	Ut 4
Wasserversorgung (nFKWE)	183 mm	151 mm	229 mm	226 mm	157 mm	134 mm	223 mm
Durchwurzelungstiefe	110 cm	70 cm	100 cm	110 cm	90 cm	70 cm	100 cm
Bodenpunkte (BP)	65	45	72	65	76	31	80
Humusgehalt: Corg (%)	1,03	1,31	1,46	0,94	0,99	1,39	1,1
Gesamt-N (%)	0,11	0,106	0,155	0,098	0,1	0,096	0,122
pH-Wert	7,2	5,6	7,0	7,0	7,0	5,2	6,9

Tab. 2: Übersicht zu Kenngrößen der Böden an den Versuchsstandorten (Quelle: Angaben aus Analysen von [5] in Verbindung mit der Bodenkundlichen Kartieranleitung [6])

Bodengüte (Tab. 2) durch hohe und gleichmäßig verteilte Niederschläge (Abb. 1) sowie hohe Temperaturen (Tab. 1) möglicherweise ausgeglichen.

Versuchszeitraum: Die Versuche wurden an den sieben Standorten erstmalig im Herbst 2005 mit der Aussaat von Senf und den Winterungen nach Getreide begonnen. Sie wurden in den beiden folgenden Jahren jeweils auf einer benachbarten Fläche nach Wintergetreide neu angelegt. Der Versuch endet mit der Ernte der Zweitkulturen.

Versuchsvarianten: Schwerpunkt des dreijährigen Feldversuches ist die Prüfung des Anbaukonzeptes Zweikultur-Nutzung. Als Erstkulturen werden Winterrübsen (75 Korn/m²), Winterroggen (250 Korn/m²) und die Gemenge aus Winterroggen und Wintererbse (170 + 25 Korn/m²) bzw.

Winterroggen und Wintergerste (80 + 200 Korn/m²) ausgesät (Tab. 2). Die Ernte der Erstkulturen erfolgt ab dem BBCH-Stadium 75, wenn die Pflanzen für die Silierung einen TS-Gehalt von etwa 30 % erreicht haben. Weiterhin richtet sich der Erntetermin an den einzelnen Standorten auch nach der aktuellen Witterung, um nach der Ernte der Erstkulturen gute Bedingungen zur Saat der Zweitkulturen nach flacher Bodenbearbeitung zu haben. Die Zweitkulturen Mais, Sorghum-Hybride, Sonnenblume und Mais-Sonnenblumen-Gemenge in alternierenden Reihen werden durch Einzelkornablage bei 75 cm Reihenabstand gesät und auf 10 (Mais, Sonnenblume, Mais-Sonnenblumen-Gemenge (5 + 5)) bzw. auf 25 Pflanzen/m² (Sorghum-Hybride) vereinzelt. Der Erstkultur Winterroggen-Wintergerste-Gemenge folgen Sudangras-Hybride (25 kg/ha; Getreideabstand), Amarant (400 – 500 g/ha; Getreideabstand), Hanf (400 Korn/m²; Getreideabstand) und ein Gemenge aus Mais, Sonnenblume und Amarant (Mais, Sonnenblume 5 + 5 Pflanzen/m² und 75 cm Reihenabstand, Amarant in einer zweiten Überfahrt mit 200 g/ha und Getreideabstand). Für die Ernte der Zweitkulturen wird das Stadium BBCH 83 angestrebt. Sollte dies bis Mitte Oktober nicht erfüllt sein, wird die Ernte dessen ungeachtet durchgeführt, um einer potenziellen Folgefrucht Winterweizen noch hinreichend gute Ausgangsbedingungen zu bieten.

Hauptfrucht-Nutzung	Zweikultur-Nutzung	
Haupt- und Zwischenfrucht	Erstkulturen	Zweitkulturen
Senf*) - Mais [BBCH 85]	Winterrübsen [ab BBCH 75]	Mais, Sorghum-Hybride, Sonnenblumen, Mais-Sonnen- blumen-Gemenge [BBCH 83]
Senf*) - Sonnenblume [BBCH 85]	Winterroggen _{Grünschnitt} [ab BBCH 75]	Mais, Sorghum-Hybride, Sonnenblumen, Mais-Sonnen- blumen-Gemenge [BBCH 83]
Winterroggen Energie [ab BBCH 81]- Senf*)	Winterroggen _{Grünschnitt} - Wintererbsen-Gemenge [ab BBCH 75]	Mais, Sorghum-Hybride, Sonnenblumen, Mais-Sonnen- blumen-Gemenge [BBCH 83]
Winterroggen Brotgetreide [BBCH 92] – Senf*)	Winterroggen _{Grünschnitt} - Wintergersten-Gemenge [ab BBCH 75]	Sudangras, Amarant, Hanf, Mais-Sonnenblumen-Amarant- Gemenge [BBCH 83]

^{*)} Senf als Sommer-Zwischenfrucht

Tab. 3: Versuchsvarianten im Systemversuch mit Kulturarten und angestrebtem Entwicklungsstadium zur Ernte (BBCH-Code).

Für den Vergleich mit einer Zweikultur-Nutzung wurde aus dem Spektrum der möglichen Kulturen in der Hauptfrucht-Nutzung Mais und Sonnenblume (10 Pflanzen/m²) nach der abfrierenden Sommerzwischenfrucht Senf (25 kg/ha), Winterroggen (250 Korn/m²) zur Ernte in der frühen Teigreife (Häcksler) bzw. zur Nutzung in der Vollreife (Mähdrescher) als Brot- bzw. Energiegetreide (Biogas) gewählt. Nach Roggen wird Senf als Zwischenfrucht zur Biogasbereitung angebaut und Mitte Oktober geerntet.

Sorten: Senf: Sorte Setoria; Winterrübsen: Sorte Lenox; Winterroggen-Energie: Sorte Balistic, Stamm LPH 76; Winterroggen-Brotgetreide: Sorte 1 Visello, Sorte 2 Rasant; Winterroggen-Grünschnitt: Sorte Vitallo; Wintererbse: Sorte EFB 33; Wintergerste: Sorte Lomerit; Silomais: Sorte: Atletico, Stamm: KXA 5233 und KXA 5243; Sonnenblume: Sorte 1:Methasol, Sorte 2: Alisson; Sorghum-Hybride: Sorte: Rona 1; Sudangras-Hybride: Sorte: SuSu; Hanf: Sorte: Futura; Amarant: Sorte: Bärnkrafft.

Versuchsdurchführung: Der Versuch wird an allen Standorten in gleicher Weise in zweifacher Wiederholung durchgeführt. Alle Partner erhalten das Saatgut aus einer Partie. Es erfolgt nur bei der Bemessung der Stickstoffdüngermenge eine Anpassung an die Rahmenbedingungen des Versuchsstandortes.

Stickstoffdüngung: Basis für die kulturartspezifische Bemessung der N-Düngermenge ist das jeweilige N-Sollwert-Konzept der einzelnen Bundesländer, in denen die Versuche angelegt sind. Zur Berücksichtigung eines geringeren N-Bedarfes der Pflanzen aufgrund der vorgezogenen Ernte bei der Zweikultur-Nutzung sowie zur Realisierung eines möglichst niedrigen Nährstoffgehaltes der Pflanzen zur Ernte werden die N-Sollwerte entsprechend reduziert. Die Reduktion der N-Düngergabe erfolgt bei der Aufteilung der Düngergaben bei der letzten Düngergabe.

Pflanzenschutz: Vorgabe für den Versuch ist, soweit wie möglich auf den Einsatz chemischer Behandlungsmittel zu verzichten. Sie sollen nur eingesetzt werden, wenn Totalausfälle zu befürchten sind. Die Unkrautbekämpfung in den Zweitkulturen wird durch zweimalige Maschinenhacke, ersatzweise durch Handhacke oder durch Jäten realisiert. Nur in der Variante Roggen-Brot wird der praxisübliche Pflanzenschutz durchgeführt. Ebenso wird beim Winterrübsen im Herbst ein Herbizid eingesetzt, da hier aus versuchstechnischen Gründen das Striegeln nicht möglich ist.

Zeit- und Endernten sowie Inhaltsstoffe: Entsprechend der Vorgaben aus der ökologischen Begleitforschung werden zu vorgegebenen Terminen Zeiternten mit Analyse der N-Gehalte in Boden und Pflanze durchgeführt sowie die Wassergehalte des Bodens ermittelt. Mit den Wassergehalten des Bodens wird auf das aktuell pflanzenverfügbare Wasser geschlossen, indem von der aktuellen Gesamtwassermenge im durchwurzelbaren Boden die Menge an Totwasser – beide Werte nach [5, 6] (vgl. Tab. 2) – abgezogen wird.

Zur Ernte mit Ertragsfeststellung werden in dem getrockneten Erntegut die Inhaltsstoffe gemäß erweiterter Weender Analyse, die Gehalte an P, K, Ca, Mg, Na, S und Cl analysiert sowie der Heiz- und Brennwert bestimmt. Mit den Erträgen, den Gehalten an Rohprotein, Rohfett, Rohfaser und N-Freien Extraktstoffen und den spezifischen Mengen an Biogas sowie Gehalten an Methan im Biogas nach [7] werden die Gaserträge je Flächeneinheit berechnet.

Ökonomie: Mit Hilfe der Gaserträge/ha und Jahr (Ganzjahreserträge) und den Angaben der Partner zu den Bewirtschaftungsdaten werden im Rahmen der ökonomischen Begeleitforschung von [8] die Kosten je m³ Methan sowie je t TM für die Varianten ermittelt.

3. Ergebnisse

Vorausgeschickt sei, dass die Basis für die nachfolgenden Ausführungen nur die Ergebnisse sind, die im ersten Versuchsjahr gewonnen wurden, da zur Zeit der Berichtslegung die Ernte der Versuche aus dem zweiten Jahr noch nicht abgeschlossen ist.

Witterung: Im ersten Versuchsjahr (Herbst 2005 bis Herbst 2006) folgt an allen Standorten einem milden Herbst mit leicht überdurchschnittlichen Temperaturen und unterdurchschnittlichen Niederschlägen ein langer, kalter Winter mit überdurchschnittlichen Niederschlägen bis in den Mai hinein. Hierdurch wurde die Entwicklung der Kulturen im Frühjahr verzögert. Insbesondere der Mais in der Hauptfrucht-Nutzung zeichnete sich in dieser Zeit durch ein nur geringes Wachstum aus. Im Monat Juni, aber auch zum Teil im Juli fielen deutlich unterdurchschnittliche Niederschläge, was am Standort Werlte mit nur 35 mm Regen in diesen beiden Monaten zu Ausfällen bei der Etablierung der Zweitkulturen Sonnenblume, Amarant und Hanf führte. Daher wurden am Standort Werlte diese Varianten mit lückigen, teilweise nur kniehohen Beständen nicht in die Auswertung einbezogen. Verbunden mit dem Niederschlagsdefizit waren deutlich überdurchschnittliche Temperaturen im Juni und insbesondere im Juli

(\sim 5 °C über dem Durchschnitt). Erst im August fielen an fast allen Standorten überdurchschnittliche Niederschläge und milderten das große Wasserdefizit, beeinflussten aber die Getreideernte negativ (Roggen-Brot). Im September und Oktober waren überdurchschnittliche Temperaturen zu verzeichnen und im September unterdurchschnittliche Niederschläge.

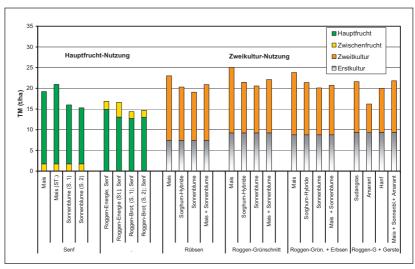


Abb. 2: Jahres-Trockenmasseerträge (t TM/ha) für die Varianten der Hauptfrucht-Nutzung und Zweikultur-Nutzung (Varianten vgl. Tab. 2) im Mittel der sieben Versuchsstandorte im ersten Versuchsjahr (Herbst 2005 – Herbst 2006).

Erträge: Die Erträge der einzelnen Kulturen in der Hauptfrucht- und der Zweikultur-Nutzung im Mittel aller Standorte ist in Abb. 2 dargestellt. Aus ihr kann zunächst entnommen werden, dass mit der Zweikultur-Nutzung höhere Jahreserträge verbunden sind als mit der Hauptfrucht-Nutzung einschließlich Zwischenfrucht. Der größte Ertragsfortschritt ist bei Winterroggen als Erstkultur zu verzeichnen sowie mit Mais als Zweitkultur. Sowohl in der Hauptfrucht-Nutzung als auch als Zweitkultur ist die Sonnenblume dem Mais unterlegen. Die Saat des Gemenges von Mais und Sonnenblume stellt ein Fortschritt gegenüber dem Reinanbau der Sonnenblume dar. Etwa gleichwertig zu diesem Gemenge ist die Sorghum-Hybride als Zweitkultur sowie die Sudangras-Hybride und das Gemenge

aus Mais, Sonnenblume und Amarant, die nach dem Gemenge Winterroggen-Wintergerste angebaut wurden. Weiterhin ist Abb. 2 zu entnehmen, dass mit dem Anbau von Winterroggen als Hauptfrucht gefolgt von Senf etwas höhere Erträge zu erzielen sind als mit Sonnenblumen als Hauptfrucht.

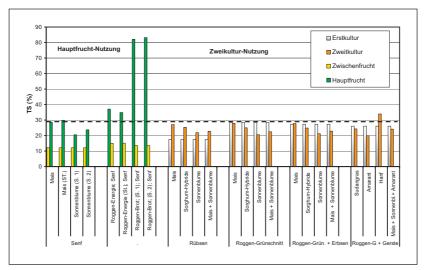


Abb. 3: Trockensubstanz-Gehalte (% TS) in den Pflanzen der Varianten der Hauptfrucht-Nutzung und Zweikultur-Nutzung (Varianten vgl. Tab. 2) im Mittel der sieben Versuchsstandorte im ersten Versuchsjahr (Herbst 2005 – Herbst 2006).

Trockensubstanz-Gehalt: Neben der reinen Ertragsleistung ist für die praktische Umsetzung einer Anbaustrategie auch die Ernte und Konservierung von Biomassen von großer Bedeutung. Vorgabe für eine sichere Silierung sind neben ausreichend vergärbaren Zuckern ein TS-Gehalt in der Biomasse von etwa 30 %. Dieser TS-Gehalt wurde im Mittel der Standorte nur bei Mais und Roggen als Hauptfrucht bzw. beim Roggen als Erstkultur erreicht (Abb. 3). Deutlich zu niedrige TS-Gehalte waren beim Senf, bei der Sonnenblume als Hauptfrucht und als Zweitkultur und beim Winterrübsen als Erstkultur zu verzeichnen. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass witterungsbedingt an einzelnen Standorten die Erstkulturen etwas früher geerntet werden mussten, sodass normalerwei-

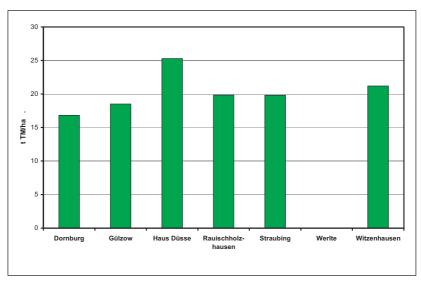


Abb. 4: Jahres-Trockenmasseerträge (t TM/ha) für die sieben Versuchsstandorte im ersten Versuchsjahr (Herbst 2005 – Herbst 2006) im Mittel aller Varianten.

se bei den Gemengen mit Roggen diese Vorgabe zu realisieren ist. Insbesondere bei den Kulturen Sonnenblume, Rübsen und Senf muss diesbezüglich auch durch Züchtung diese Kenngröße verbessert werden.

Standortvergleich: In Ergänzung zu Abb. 2 ist in Abb. 4 die Ertragsleistung an den einzelnen Standorten im Mittel der Kulturen dargestellt. Hiernach hatte im ersten Versuchsjahr und gemessen an den geprüften Kulturen der Standort Haus Düsse das höchste, der Standort Dornburg das niedrigste Ertragspotenzial. Der Standort Werlte wurde in diese Darstellung nicht mit aufgenommen, da aufgrund extremer Trockenheit nur mit Mais, Sorghum- und Sudangras-Hybride eine erntbare Biomasse erzielt werden konnte.

Vergleich Hauptfrucht- zu Zweikultur-Nutzung: Zur Identifizierung, an welchen Standorten eine Zweikultur-Nutzung der Hauptfrucht-Nutzung überlegen ist, werden aus dem Versuch die Varianten Senf gefolgt von Mais oder Sonnenblume in der Hauptfrucht-Nutzung im Vergleich zu Winterroggen gefolgt von Mais oder Sonnenblume in der Zweikultur-Nutzung herangezogen (Abb. 5). Die höchsten Differenzen zwischen den Anbaukonzepten sind an den Standorten Gülzow und Haus Düsse bei

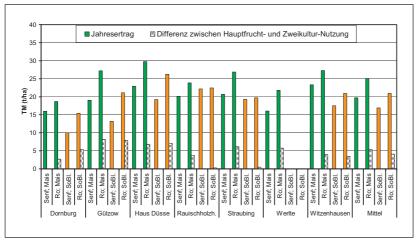


Abb. 5: Ertragsdifferenz (t TM/ha) zwischen Mais (schwarz) bzw. Son-nenblume (grau) in der Hauptfrucht-Nutzung nach Senf und Roggen als Erst-kultur gefolgt vom Mais bzw. Sonnenblume als Zweitkultur in der Zweitkultur-Nutzung (Varianten vgl. Tab. 2) an den sieben Versuchsstandorten im ers-ten Versuchsjahr (Herbst 2005 – Herbst 2006) sowie im Mittel der Standorte.

Mais und Sonnenblume (>7 t TM/ha) und an den Standorten Straubing und Werlte bei Mais bzw. in Dornburg bei Sonnenblume als Zweitkultur zu verzeichnen (~6 t TM/ha). Mit Roggen gefolgt von Sonnenblume konnte an den Standorten Rauischholzhausen und Straubing kein höherer Ertrag erzielt werden als mit Sonnenblume in der Hauptfrucht-Nutzung. Beim Vergleich dieser Ertragsdifferenzen mit den Rahmenbedingungen an den Versuchsstandorten im ersten Versuchsjahr kann, wie anfangs postuliert, der Wasserversorgung der Pflanzen ein großer Einfluss auf die Ertragsleistung zugemessen werden (Tab. 4). Abweichend von der Einschätzung der Standorte auf der Basis der Bodenkennwerte, insbesondere der Menge an pflanzenverfügbarem Wasser in den durchwurzelbaren Horizonten (Tab. 2), und der Mittelwerte zur Wasserversorgung durch die Niederschläge hinsichtlich Gesamtmenge (Tab. 1) und zeitlicher Verteilung (Abb. 1 unten) ist für die Ertragsleistung die aktuelle Jahreswitterung von größerer Bedeutung. Der Umfang an pflanzenverfügbarem Wasser im Boden zur Saat der Zweitkultur – dem "Restwasser" von der Vorfrucht – und insbesondere die Regenmengen in den Monaten Juni und Juli entscheiden über den

		Mais		Sonnenblume			
	Saat – BBCH 35	BBCH 35 — Ernte	Saat – Ernte	Saat – BBCH 35	BBCH 35 — Ernte	Saat – Ernte	
Hauptfrucht- Nutzung	+ 0,68	+ 0,41	+ 0,56	+ 0,71	- 0,02	+ 0,57	
Zweikultur- Nutzung	+ 0,35	+ 0,83	+ 0,80	+ 0,85	+ 0,25	+ 0,59	

Tab. 4: Korrelationskoeffizienten (r) zu der Beziehung zwischen der Summe aus dem pflanzenverfügbaren Wasservorrat im Boden zur Saat und der Regenmenge im Zeitraum von der Saat bis BBCH 35, von BBCH 35 bis zur Ernte bzw. von der Saat bis zur Ernte (mm) und dem Pflanzenertrag (t TM/ha) für Mais bzw. Sonnenblume in der Hauptfrucht-Nutzung und der Zweikultur-Nutzung.

Umfang des Mehrertrages. So hatten z.B. die Sonnenblume und insbesondere der Mais am Standort Gülzow mehr Wasser während ihrer Jugendentwicklung zur Verfügung als am Standort Dornburg. Aus Sicht der Wasserspeicherkapazität ist aber der Standort Dornburg eindeutig im Vorteil (Tab. 2). Nicht zu erklären sind hiermit die Ergebnisse am Standort Werlte, an dem der Mais, obwohl im Juni und Juli nur 39 mm Regen fielen und 59 mm pflanzenverfügbares Wasser im Boden waren, einen Mehrertrag von 6 t TM/ha im Vergleich zu Mais als Hauptfrucht erzielte.

Ziel der weiteren Versuchstätigkeit ist es, diese ersten Beziehungen anhand der Ergebnisse aus dem zweiten und dritten Versuchsjahr zu erhärten und zusammen mit weiteren Faktoren in multiplen Korrelationen zu prüfen, bevor weiterreichendere Aussagen getroffen werden. Im zweiten Schritt ist dann für die Analyse der Standorteignung der Systeme zu prüfen, wie oft die vorgefundenen Konstellationen in der Vergangenheit eingetreten sind und wie oft Witterungsbedingungen zu erwarten sind, bei denen dem einen oder anderen System bzw. der einen oder anderen Pflanzenart der Vorzug gegeben werden kann.

Weitere Standorteffekte: Entsprechend Abb. 2 hat neben Mais und Mais-Sonnenblumen-Gemenge auch die Sorghum-Hybride und die Sudangras-Hybride ein höheres Ertragspotenzial als Zweitkultur als Sonnenblume. An den Standorten Dornburg und Haus Düsse ist die Ertragsleistung dieser Pflanzen sogar der Ertragsleistung von Mais ebenbürtig. An diesen Standorten sowie in Rauischholzhausen ist der Roggen als Hauptfrucht gefolgt von Senf eine Alternative zu Mais in der Hauptfrucht-Nutzung; ein

Ergebnis, das wie die anderen Ergebnisse in den weiteren Versuchsjahren zu bestätigen ist.

Ökonomie: Wurde der Vergleich zwischen den Systemen und Pflanzenarten bisher auf der Basis der Ertragsleistung der Kulturen durchgeführt, so sind in Abb. 6 die Rohstoffkosten für die einzelnen Varianten in Cent/m³ Methan und in Abb. 7 für die einzelnen Biomassen in Cent/t Trockenmasse im Mittel der Versuchsstandorte dargestellt. Angemerkt sei, dass für Amarant und Hanf noch keine Gasausbeuten und dementsprechend Rohstoffkosten ausgewiesen werden können, da die Abbaubarkeit der Inhaltsstoffe in diesen Biomassen noch nicht bekannt ist.

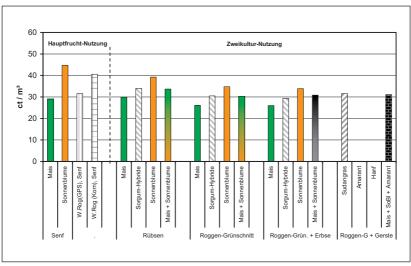


Abb. 6: Rohstoffkosten frei Silo (ct/m³ Methan) für die Varianten der Hauptfrucht-Nutzung und Zweikultur-Nutzung (Tab. 2) im Mittel der sieben Versuchsstandorte im ersten Versuchsjahr (Herbst 2005 – Herbst 2006) nach Berechnung von [8].

In Verbindung mit Abb. 5 kann festgestellt werden, dass beim Anbau von Mais und insbesondere von der Sonnenblume die höheren Erträge der Zweikultur-Nutzung meistens mit niedrigeren Rohstoffkosten als in der Hauptfrucht-Nutzung einhergehen (Abb. 6). Die notwendige Ertragsdifferenz zur Realisierung niedriger Rohstoffkosten ist beim Anbau der Sonnenblume niedriger als beim Mais, da die Sonnenblume ein spezifisch

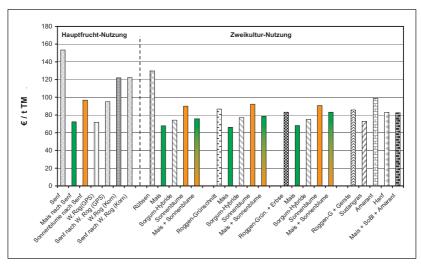


Abb. 7: Rohstoffkosten frei Silo (EUR/t TM) für die einzelnen Biomassen in den Varianten der Hauptfrucht-Nutzung und Zweikultur-Nutzung (Tab. 2) im Mittel der sieben Versuchsstandorte im ersten Versuchsjahr (Herbst 2005 – Herbst 2006) nach Berechnung von [8].

teures Substrat ist (Abb. 7), was bei einer Zweikultur-Nutzung mit etwa vergleichbaren Ertragsanteilen von Erst- und Zweitkultur z.B. durch den kostengünstigeren Roggen kompensiert wird. Hohe spezifische Rohstoffkosten sind auch beim Senf, beim Rübsen und beim Amarant zu verzeichnen, ebenso beim Roggen zur Ernte in der Vollreife, bei dem aber die energetische Nutzung des Strohs, die zur Kostenreduktion führen wird, noch nicht berücksichtigt ist.

Aus der Sicht der Rohstoffkosten (Abb. 6) ist zunächst dem Mais der Vorzug zu geben. Etwa gleichrangig folgen ihm die übrigen Kulturarten bis auf die Sonnenblume, die vorerst zur Realisierung artenreicher Fruchtfolgen besser im Gemenge mit Mais angebaut werden sollte als im Reinanbau. Die nicht sehr deutlichen Unterschiede in den Substratkosten der übrigen Kulturen zum Mais in der Hauptfrucht-Nutzung sind eine klare Zukunftsperspektive für den Energiepflanzenanbau, in Verbindung mit Fortschritten im Anbau und in der Züchtung dieser wenig bearbeiteten Kulturen, die Palette der nutzbaren Arten zu erweitern. Zu unterstreichen ist die Suche nach weiteren potenziellen Pflanzenarten durch die standort-

spezifischen Ergebnisse zu den Substratkosten, die aber bisher erst einjährig sind. Ihnen ist zu entnehmen, dass in Dornburg dem Winterroggen, in Rauischholzhausen der Sonnenblume in der Hauptfrucht-Nutzung der Vorzug zu geben ist und in Haus Düsse und Straubing die Sorghum-Hybride mit Mais als Zweitkultur konkurrieren kann.

4. Fazit

Ziel der Versuchstätigkeit ist es, das Anbausystem der Zweikultur-Nutzung unter verschiedenen Umwelten im Bundesgebiet zu prüfen, um Möglichkeiten und Vorzüge, aber auch die Grenzen dieses System zu erkennen. Vergleichsmaßstab ist der Hauptfruchtanbau nach oder gefolgt von Zwischenfrüchten, um auch hier mit ihnen eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung und möglichst hohe Substanzproduktion realisieren zu können. Aus dieser auf drei Jahre angelegten Prüfung mit einer breiten Palette von Kulturen kann aus dem ersten Versuchsjahr mit aller Vorsicht folgendes festgestellt werden:

- Mit der Zweikultur-Nutzung können höhere Jahreserträge an Biomasse im Vergleich zur Hauptfrucht-Nutzung erzielt werden, die bei den vergleichbaren Varianten mit niedrigeren Substratkosten verbunden sind. Die notwendige Ertragsdifferenz zur Realisierung niedriger Substratkosten in der Zweikultur-Nutzung hängt nicht nur von der Pflanzenart ab, sie nimmt auch mit zunehmendem Ertragsniveau zu.
- Die Zweikultur-Nutzung erleichtert es auch, Pflanzenarten wie Sorghum-Hybride und Sudangras-Hybride zu vertretbaren Kosten anzubauen, die aufgrund ihrer Empfindlichkeit gegenüber niedrigen Temperaturen und besonders Frost nicht vor Ende Mai gesät werden sollten. Vor ihnen eine Winterzwischenfrucht anzubauen und als Substrat zur Biogaserzeugung mit zu verwenden ist effektiver als eine abfrierende Sommerzwischenfrucht zu bestellen oder eine Winterfurche durchzuführen.
- Zwar erlauben Durchschnittswerte zur Jahreswitterung und bodenphysikalische Kenngrößen wie die Menge an pflanzenverfügbarem Wasser eine erste Einschätzung zur Standortgüte und der Chance, mit der Zweikultur-Nutzung einen signifikanten Ertragsfortschritt zu erzielen. Die Ergebnisse aus dem ersten Versuchsjahr weisen aber

darauf hin, dass beeinflusst von der aktuellen Jahreswitterung der Wasserversorgung der Pflanzen durch Vorrat und Niederschlag im Juni und Juli eine große Bedeutung zukommt. Jedoch können auch unter deutlichem Wassermangel mit einzelnen Kulturarten noch Ertragsfortschritte in der Zweikultur-Nutzung im Vergleich zur Hauptfrucht-Nutzung erzielt werden. In Kombination mit Versuchen zur Zusatzbewässerung aus Teilprojekt 5 des Verbundvorhabens [1] können weitere Erkenntnisse zu diesem Grenzbereich gesammelt werden.

5. Referenzen

- [1] FNR (2007): Verbundvorhaben "Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" (Gesamtkoordination TLL Jena). Teilprojekt 6 "Systemversuch zum Zweikultur-Nutzungssytem auf sechs Standorten im Bundesgebiet" (Koordination Universität Kassel). http://www.tll.de/vbp/vbp_idx.htm
- [2] Scheffer, K. und Stülpnagel, R. (1993): Wege und Chancen bei der Bereitstellung des $\rm CO_2$ -neutralen Energieträgers Biomasse Grundgedanken zu einem Forschungskonzept. In Jutzi, S. C.; Becker, B. (Hrsg.): Pflanzengenetische Ressourcen Erhaltung und multiple, nachhaltige Nutzung. Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr. 49, S. 147 162
- [3] Heinz, A.; R. Stülpnagel, M. Kaltschmitt, K. Scheffer und D. Jazierska (1999): Feucht- und Trockengutlinien zur Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen. Vergleich anhand von Energie- und Emissionsbilanzen sowie anhand der Kosten. Forschungsberichte des Instituts für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. Stuttgart, Band 63, 280 Seiten
- [3] Scheffer, K. (2004): Neue Anbau- und Verwertungsstrategien für die Biokraftstoffproduktion: Eine ökonomische und ökologische Analyse. BBE-/UFOP-Fachkongress für Biokraftstoffe, Berlin, 10 S.
- [4] Deumlich, D. (2007): Durchführung der Profilansprache und Ermittlung der Bodenkennwerte. Leibnitzzentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF), Müncheberg. Übermittlung der Ergebnisse im September 2007
- [5] Eckelmann, W. (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. verbesserte und erweiterte Auflage. Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover
- [6] FNR (2006): Handreichung Biogasgewinnung und Nutzung. Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow
- [7] Toews, T. (2007): Durchführung der ökonomischen Analyse. Justus-Liebig-Universität Gießen, FB 9, Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft. Übermittlung der Ergebnisse im September 2007

Danksagung: Die Autoren bedanken sich für die Förderung des Vorhabens durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Die Autoren bedanken sich gleichzeitig bei den Partnern in diesem Teilprojekt [1] für die gewissenhafte Durchführung der Versuche sowie für die Diskussion der Ergebnisse. Namentlich möchten wir nennen Frau I. Klostermann und Frau D. Jäger (Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft Mecklenburg-Vorpommern (LFA), Gülzow), Frau Dr. A. Nehring und Frau M. Oswald (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Dornburg), Herrn A. Horstmann und Herrn R. Kurz (LWK Nordrhein-Westfalen, Haus Düsse), Herrn Dr. L. Behle-Schalk (Universität Gießen, Rauischholzhausen), Frau Dr. M. Fritz und Herrn F. Heimler (Technologie und Förderzentrum (TFZ), Straubing) sowie Herrn C. Rieckmann und Herrn F. Wilken (LWK Niedersachsen, Werlte).

Autoren:

Dr. Reinhold Stülpnagel Universität Kassel Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen E-Mail: reinhold.stuelpnagel@uni-kassel.de

Dr. Christine von Buttlar, Dipl. Ing. agr. Florian Heuser, Dr. Doris Wagner, Prof. Dr. Michael Wachendorf

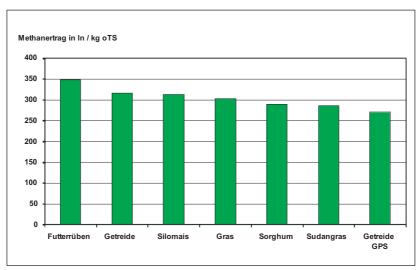
Ackerfuttergräser als Biogassubstrat

Dr. Matthias Benke LWK Niedersachsen

1. Einleitung

Für die Beschickung von Biogasanlagen nimmt der Maisanbau derzeit die dominierende Rolle ein. Gleichwohl gilt es mögliche Alternativen aufzuzeigen. Insbesondere in grünlandorientierten Regionen kann auch der Anbau von Ackergrasmischungen eine interessante Ergänzung zum Maisanbau darstellen, zumal aus der Praxis signalisiert wird, dass insbesondere die Einspeisung unterschiedlicher Gärsubstrate zu Synergieeffekten hinsichtlich der Gasausbeute bzw. -erträge führt.

Wie die Grafik 1 aus der KTBL Datensammlung zeigt, weist Gras allgemein gute Methanerträge pro kg organischer Trockenmasse auf.



Grafik 1: Spezifische Methanerträge (Quelle: Ktbl Datensammlung 2006)

In der Praxis jedoch ist festzustellen, dass der Anteil der Grassilage in der Ration für Biogasanlagen sehr gering ist und nur sehr wenige Anlagen mit Grasanteilen von mehr als 50 % gefahren werden.

Ziel des vorzustellenden Projektes ist es, die Eignung verschiedener Ackerfutterpflanzen unter den unterschiedlichen regionalen Standortbedingungen in Brandenburg, Thüringen und Niedersachsen für die energetische Nutzung zu ermitteln. Dieses Teilprojekt "Ackerfuttermischungen" aus dem Verbundvorhaben "Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands" ist Bestandteil des BMVEL Verbundvorhabens (EVA), welches von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe gefördert wird. Beteiligte Partner sind das LVLF Brandenburg, die TLL Thüringen und die LWK Niedersachsen.

2. Vorstellung des Satellitenprojektes

Es werden mehrjährige Ackergrasmischungen und Leguminosen-Gras-Gemenge hinsichtlich ihrer Eignung für die energetische Nutzung (Biogas, Methan) geprüft. Die Parameter Biomasse-Ertrag, Inhaltsstoffe und Konserviereignung des mehrschnittigen Ackerfutters wurden ausgewertet.

2.1 Material und Methoden

Die Versuche wurden im Frühjahr 2005 in den Bundesländern Thüringen, Brandenburg und Niedersachsen als zweifaktorielle Streifenanlage in vier Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße ist je nach Versuchstandort unterschiedlich gewählt.

Der Versuch wurde in Brandenburg an zwei Standorten, in Thüringen und Niedersachsen an jeweils vier Standorten durchgeführt.

Auf dem Standort Berge in Brandenburg wurden die Ackerfuttermischungen unter einer Deckfrucht Sommergerste einen Tag nach der Sommergerstenaussaat gedrillt. Der zweite brandenburgische Versuch in Paulinenaue, sowie die Versuche in Thüringen und Niedersachsen wurden ausschließlich in Reinsaat ausgedrillt.

Die Standortauswahl und die angebauten Mischungen wurden von den jeweilig zuständigen Länderdienststellen in Niedersachsen, Brandenburg und Thüringen ausgewählt. Die Standortcharakterisierung ist der nachfolgenden Tabelle 1 zu entnehmen.

Ort	Kreis	Höhe m ü. NN	Boden- art	Acker- zahl	Jahres- mittel Temp. °C	Jahres- mittel Nieder- schlag in mm	Aussaat im Jahr 2005 am
Standorte in Ni	edersachsen						
Sophien- hof	Aurich	2	See- marsch	74	9,1	836	21.04.
Wehnen	Ammer- land	10	hum. Sand	30	9,0	733	12.04.
Bramstedt	Diepholz	36	sand. Lehm	47	8,7	725	28.04.
Vreschen- Bokel	Ammer- land	1,5	Moor	32	9,0	733	18.04.
Standorte in Th	üringen						
Burkers- dorf	Saale-Orla- Kreis	440	sand. Lehm	36	7,0	642	29.04.
Dornburg	Saale- Holzland- Kreis	260	Lehm	46 – 80	8,1	578	19.04.
Haufeld	Saalfeld- Rudolf- stadt	430	Lehm	31 – 68	7,0	635	21.04.
Oberweiß- bach	Saalfeld- Rudolf- stadt	660	Schluff- lehm	31	5,9	842	28.04.
Standorte in	Standorte in Brandenburg						
Paulinen- aue	Havelland	28	humoser Sand	28 – 35	9,0	514	14.04
Berge	Havelland	40	D/ lehmiger Sand	30 – 45	9,2	502	20.04.

Tab. 1: Standorte

In Niedersachsen repräsentieren die vier Standorte die wichtigsten Standortgruppen im Hinblick auf die Bodenart. So befindet sich der Standort Sophienhof mit einem jungen Seemarschboden in einem maritimen Klimaraum. Der Standort Wehnen charakterisiert die leicht humosen Sandböden in der nordwestdeutschen Tiefebene des Binnenlandes. In südöstlicher Richtung dazu befindet sich der Versuch in Bramstedt auf einem sandigen Lehmboden. Auf einem Übergangsmoor in der nordwestdeutschen Tiefebene unter maritimen Klimaeinfluss liegt der Standort Vreschen-Bokel.

Die Standorte in **Thüringen** sollen die sehr heterogenen Standortbedingungen Thüringens repräsentieren. Der Standort Burkersdorf steht für die günstigen Übergangslagen zum Vorgebirge. Es ist ein futterwüchsiger Standort, auf dem vor allem Rotkleegrasgemische Vorteile haben. Bei reinen Ackergrasmischungen besteht die Gefahr stärkerer Auswinterung bei Kahlfrösten.

Der Standort Dornburg ist ein klassischer Ackerbaustandort im wärmeren Löß-Lehm-Gebiet, auf welchem aus Sicht des Futterbaus der Mais dominiert. Grünland ist in diesen Gebieten nur in sehr schmalen Flusstälern vorhanden. Als sommertrockener, kalkreicher Standort gehört Haufeld zu den klassischen Luzerneanbaugebieten. Gräserreinsaaten haben begründet durch die ausgeprägte Sommertrockenheit vor allem Wachstumsprobleme nach dem ersten Aufwuchs. Der Versuchsstandort Oberweißbach kennzeichnet die niederschlagsreichen Mittelgebirgsstandorte mit Problemen bei der Auswinterung von Gräsern. In diesen Gebieten dominiert das Grünland. Eine Umschichtung der Bestände durch gezielte Nachsaat mit geprüften Mischungen könnte für diese Standorte neue Nutzungsmöglichkeiten erschließen.

In **Brandenburg** sind die Versuche auf einem humosen Sand und auf einem lehmigen Sand angelegt worden. Der Standort Paulinenaue befindet sich auf einer Fläche alluvialer Herkunft mit dem Bodentyp Gley. Dieser grundwasserbeeinflusste Sandstandort besitzt einen hohen Humusgehalt. Bei dem Standort Berge handelt es sich um einen lehmigen Sandstandort, der sich auf einer Parabraunerde befindet.

Nutzungsregime

Ziel der Versuche ist es, das Leistungsvermögen verschiedener Mischungen von langlebigeren, mehrschnittigen Futterpflanzen aus Sicht der Ertragsbildung und Qualitätsentwicklung unter den differenzierten Stand-

ortbedingungen zu überprüfen. Die Wahl der Mischungspartner erfolgte aus Sicht der unterschiedlichen Standortansprüche. Da diese regional stark differieren, ist es für die Erstellung von Empfehlungen wichtig, die Differenzen zwischen den Mischungen unter den einzelnen Standortbedingungen zu quantifizieren.

Bei der Planung der Versuche sollten folgende Fragestellungen abgeklärt werden: Welche Ackerfuttermischungen bringen bei welcher Schnittfrequenz die höchsten Biomasseerträge und wie wirken sich veränderte Schnittzeitpunkte auf die Gasausbeute des Erntematerials aus?

Dazu wurden in den jeweiligen Bundesländern unterschiedliche Ackermischungen angesät, die aber unter gleichen Nutzungsregimen beerntet werden.

Abstufung	Schnittzeitpunkt	Beschreibung	Schnitte je Jahr	
1)	1. Aufwuchs	Beginn Ährenschieben	41: 5	
1)	Folgeaufwüchse	Ende Schossphase (ES 30)	4 bis 5	
2)	1. Aufwuchs	Ende Ähren-/Rispenschieben (ES 59) bei Gräsern bzw. Ende Knospenschieben (ES 59)	3 bis 4	
	Folgeaufwüchse	Ende der Schossphase (ES 30) / Beginn der Blüte (ES 59)		

Tab. 2: Faktor Nutzungsregime

Die Ackerfuttermischungen unterscheiden sich zwischen den einzelnen Bundesländern deutlich. Während in Niedersachsen schwerpunktmäßig weidelgrasreiche Mischungen mit vorwiegend kurzlebigen Arten, wie z.B. Welsches Weidelgras ausgewählt wurden, dominieren in Thüringen und Brandenburg ausdauernde Ansaatmischungen. Der Einsatz von Leguminosen beschränkt sich in Niedersachsen auf Rotkleebeimischungen, während in den östlichen Bundesländern neben Rotkleemischungen für trockene Standorte auch Luzerne mit in den Ansaatmischungen eingesetzt wird.

In allen Bundesländern ist lediglich die Mischung A3, bestehend aus Welschem Weidelgras, Bastardweidelgras und Deutschem Weidelgras identisch. Sie fungiert als Bindeglied bei der Beurteilung der einzelnen Standorte und Ansaatmischungen. Die Mischung A3 plus Rotklee ist zudem noch in den Ländern Niedersachsen und Brandenburg jeweils auf allen Standorten vertreten. Da in Niedersachsen vorwiegend kurzlebige Weidelgräser angebaut wurden, sind die vier Versuche im Herbst 2006 noch einmal angelegt worden, da die Nutzungsdauer einzelner Mischungen lediglich ein- bis zweijährig hohe Ertragsleistungen erlaubt und die Winterhärte einzelner Mischungspartner, wie beispielsweise das Einjährige Weidelgras, nur sehr eingeschränkt ist.

Mischungen in Niedersachsen

Insgesamt werden 9 unterschiedliche Ansaatmischungen geprüft. Sie sind durchweg stark weidelgrasbetont. In den Varianten 7 und 8 ist als Leguminose der Rotklee den Gräsermischungen beigefügt. Die Stickstoffdüngung wurde entsprechend bei diesen Mischungen reduziert.

Die Düngung der Varianten erfolgt in Abhängigkeit von den Mischungspartnern. Die Aufteilung der N-Düngung zu den einzelnen Schnitten erfolgt für die Mischungen 1–6 und 9 folgendermaßen: 100/80/60/40 kg N/ha. Für die Mischung 7 ist die Aufteilung der N-Düngung: 60/40/40; und für die Mischung 8 ist es: 40/0/0



Bild 1: Ackerfuttermischungen in Bramstedt, Niedersachsen

Mischung	Art	Sorte	Saatmenge kg/ha
Niedersachsen			
1. Weidelgrasmischung A2	Einj. Weidelgras Welsches Weidelgras	Lemnos (t) Fabio (t) Mondora (t)	15 30
2. Weidelgrasmischung A1, diploid	Welsches Weidelgras	Zarastro Alamo	40
3. Weidelgrasmischung A1, tetraploid	Welsches Weidelgras	Mondora Fabio	50
4. Weidelgrasmischung A3	Welsches Weidelgras Bastardweidelgras Dt: Weidelgras	Mondora (t) Ibex (t) Twins (t)	10 10 15
5. Bastardweidelgras	Bastardweidelgras	Rusa (t) Ibex (t)	45
6. Weidelgrasmischung A5	Dt. Weidelgras früh Dt. Weidelgras mittelfrüh Dt. Weidelgras spät	Lacerta (t) M Twins (t) Tivoli (t)	9 12 9
7. Mischung A3 plus Rotklee	Welsches Weidelgras Bastardweidelgras Dt. Weidelgras Rotklee	Mondora (t) Ibex (t) Twins (t) Temara (t)	7,5 7,5 10 10
8. Bastardweidelgras plus Rotklee	Bastardweidelgras Rotklee	Ibex (t) Temara (t)	15 12
9. Mischung A 1	Welsches Weidelgras	Alamo Fabio (t)	22,5 22,5

Mischung	Art	Sorte	Saatmenge kg/ha
Brandenburg			
1. Weidelgrasmischung A2	Wiesenschweidel Welsches Weidelgras	Paulita Fabio	15 20
2. Weidelgrasmischung A3	Welsches Weidelgras Bastardweidelgras Dt. Weidelgras	Mondora Ibex Twins	10 10 15
3. Weidelgrasmischung A3 plus Rotklee	Welsches Weidelgras Bastardweidelgras Dt. Weidelgras Rotklee	Mondora Ibex Twins Titus	7,5 7,5 10 10
4. Gräsermischung plus Rotklee	Wiesenschweidel Wiesenschweidel Rotklee	Paulita Liphlea Titus	8 2 12
5. Gräsermischung plus Luzerne (Berge)	Wiesenschweidel Wiesenlieschgras Luzerne	Paulita Liphlea Planet	8 2 18
5. Bastardweidelgras plus Rotklee (Paulinenaue)	Bastardweidelgras t Rotklee	Ibex Temara t	15 10
6. Luzerne-Rotklee- mischung	Wiesenschweidel Wiesenlieschgras Rotklee Luzerne	Paulita Liphlea Titus Planet	8 2 2 12
Thüringen			
1 Rotkleegras	Wiesenschwingel Wiesenlieschgras Rotklee	Lifara Corner Temara	9 3 13
2 Luzernegras	Knaulgras Luzerne	Treposno Planet	2 18
3 Luzerne-/Rotkleegras	Wiesenschwingel Wiesenlieschgras Rotklee Luzerne	Lifra Corner Temara Planet	5 2 6 7
4 Weidelgrasmischung A3	Welsches Weidelgras Bastardweidelgras Dt. Weidelgras	Taurus Redunca Magyar, Sirius	10 10 15
5 Gräsermischung	Dt. Weidelgras Wiesenschwingel Wiesenlieschgras	Magyar, Sirius Lifara Corner	14 8 3

Tab. 3: Ackerfuttermischungen

Mischungen in Brandenburg

Die Auswahl der Mischungen an den Standorten im Land Brandenburg Paulinenaue und Berge ist identisch mit der Ausnahme, dass in Paulinenaue anstelle der Gräsermischung 5 (Wiesenschweidel und Wesenlieschgras mit Luzerne) Rotkleegras mit Bastardweidelgras geprüft wird.

Mischungen in Thüringen

Rotkleegras: Diese Mischung gehört zu den bewährten Empfehlungen für die feuchteren Gebiete in den Vorgebirgslagen. Aus Kostengründen wurde bewusst auf eine Vielartenmischung verzichtet, die nach derzeitigem Erkenntnisstand nicht unbedingt zu höheren Erträgen bzw. Qualitäten führen muss.

Luzernegras: Stellt eine bewährte Mischung für extrem trockene Standorte dar. Dort verspricht dieses Gemisch zumindest noch einen ansprechenden Ertrag. Eine Mischung von Luzerne mit aus Sicht der Fütterung höherwertigen Gräsern verspricht unter diesen Standortverhältnissen wenig Erfolg, da kurzfristig eine Umschichtung zu einem Luzernereinbestand, mit den damit verbundenen Schwierigkeiten für die Silierung, zu befürchten ist.

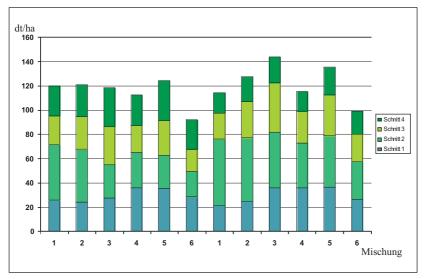
Luzerne/Rotkleegras: Hat in vorausgegangenen Versuchen eine hohe Standortvariabilität und Ertrags- bzw. Qualitätsstabilität nachgewiesen. Eine Quantifizierung der Vor- oder Nachteile gegenüber Mischungen mit nur einem legumen Mischungspartner unter differierenden Standortbedingungen steht noch aus.

Weidelgrasmischung (A3): Ist die bewährte Standardmischung für alle futterwüchsigen Lagen mit pflügbaren Böden. Die Nutzungsdauer dieser Mischung ist allerdings eingeschränkt.

Gräsermischung: Dient als längerlebige Mischung zum Vergleich zur wahrscheinlich wüchsigeren Mischung A3. Die Prüfung soll die Differenzen aufzeigen und Nutzungsmöglichkeiten für das Grünland erschließen.

2.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen über die Länder ein im Prinzip einheitliches Bild. Unabhängig von den unterschiedlichen Mischungen wird deutlich, dass die Nutzung mit verminderter Schnittfrequenz insgesamt mehr oder weniger deutliche Mehrerträge pro Hektar und Jahr liefert. Dieses wird



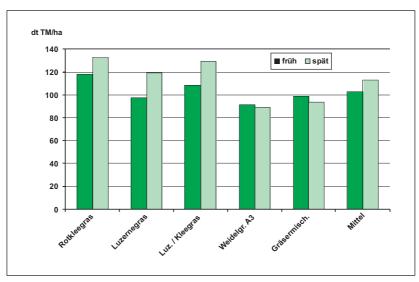
Grafik 2: TM – Jahreserträge 2006 am Standort Paulinenaue

anhand einzelner Standortergebnisse bzw. der zusammenfassenden Ergebnisse in einzelnen Bundesländern verdeutlicht.

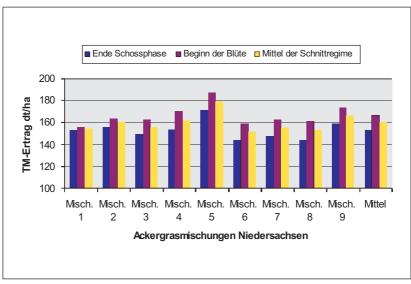
In Brandenburg zeigte sich im Mitel beider Standorte 2006 ein Mehrertrag des späten Regimes mit 122 dt TM/ha gegenüber 114 beim frühen Regime.

In Thüringen erzielten die Schnitte des frühen Regimes 103 dt TM/ha und die des späten 113 dt TM/ha.

Im Mittel der niedersächsischen Standorte brachte das frühe Schnittregime einen Ertrag von 155,5 dt TM/ha und das späte Schnittregime lag mit 168 dt TM/ha deutlich darüber. Der erste Schnitt dieses Jahres zeigt ebenso einen deutlichen Mehrertrag des späten Schnittregimes von ca. 75 dt TM/ha gegenüber 55 dt TM/ha.

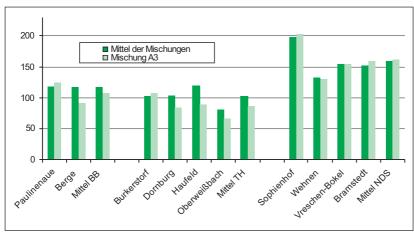


Grafik 3: Jahreserträge 2006 in Thüringen über alle Standorte



Grafik 4: TM – Jahreserträge 2006 in Niedersachsen

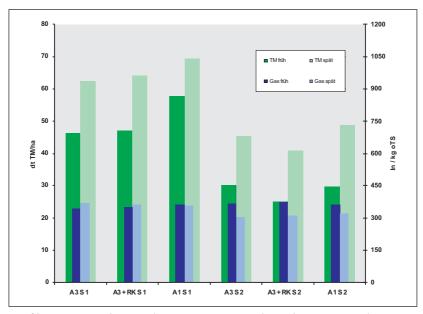
Wie die nachfolgende Grafik verdeutlicht, liegen hinsichtlich der unterschiedlichen Mischungen in den einzelnen Bundesländern erhebliche Ertragsunterschiede vor. Beim Vergleich der jeweils gewählten Mischungen zu Vergleichsvariante A 3 zeigt sich, dass in Niedersachsen die A 3 – Mischung gegenüber dem Durchschnitt der übrigen Mischungen Vorteile aufweist. D.h., dass unter diesen klimatischen und standörtlichen Gegebenheiten weidelgrasbetonte Mischungen ertragliche Vorteile bieten können. Anders verhält es sich beispielsweise in Brandenburg, wo die ausdauernden Mischungen mit Luzerne- bzw. Rotkleeanteilen gegenüber der A 3-Mischung ertraglich besser abschneiden. Mit Ausnahme des Standortes Burkerstorf fällt die A 3-Mischung auf den übrigen thüringischen Standorten auf Grund der Höhenlage oder der Wasserversorgung ertraglich ab.



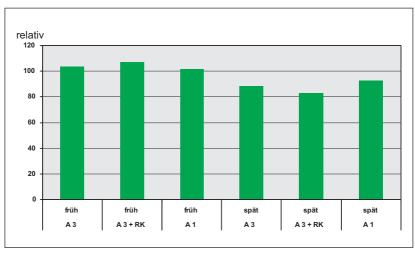
Grafik 5: Ertragsvergleich der Mischung A3 über alle Standorte

2.3 Gasausbeuten bei den Ackerfuttermischungen

Ausgewählte Varianten dieses Projektes wurden im Batchverfahren beim ATB in Potsdam-Bornim auf ihren Biogasertrag untersucht. Erste Ergebnisse zeigen, dass die Biomasse im frühen Stadium geschnitten tendenziell höhere Gaserträge bringt. Dieser spezifisch höhere Gasertrag reicht jedoch nicht aus um beim Gesamtertrag je ha über dem ertragreicheren späten Schnittregime zu liegen. Im Jahr 2007 wurden zusätzliche Untersuchun-



Grafik 6: Spez. Methan- und TM- Erträge, 1. und 2. Schnitt am Standort Wehnen 2006



Grafik 7: Relative spezifische Methanerträge (relativ) am Standort Wehnen 2007

gen einiger Varianten des ersten sowie des zweiten Schnittes durchgeführt. Auch hier zeigt sich beim frühen Schnittregime ein spezifisch höherer Gasertrag.

3. Praxisbericht – Biogasanlage Ihausen



Seit Dezember 2005 ist die Biogasanlage Ihausen in der Nähe von Oldenburg in Betrieb. Hier wird zu einem großem Anteil Gras vergoren. Begründet ist dieses in der Flächenstruktur dieser Region. Es gibt hier einen vergleichsweise niedrigen Anteil an ackerfähiger Fläche, der größte Teil der Flächen besteht aus Dauergrünland.

Der Betrieb bewirtschaftet 90 ha Grünland und baut auf 20 ha Silomais an. Weiterhin werden 20 bis 30 ha Silomais gekauft und von angrenzenden Milchviehbetrieben wird ca. weitere 100 ha die Nutzung des 3. Grasschnittes gekauft. Außerdem wird in der Umgebung auf vielen Flächen benachbarter Betriebe ein so genannter Räumungsschnitt Ende Oktober durchgeführt. Die Besonderheit dieser überwiegend Grassilage verarbeitenden Biogasanlage liegt in seinen verhältnismäßig kleinen Fermentern mit einem Durchmesser von nur 15 m. Diese werden mit einem großen Paddelrührwerk durchmischt. Über einen Feststoffdosierer mit stehenden

Schnecken gelangt das Substrat in die Fermenter. Außerdem gewährleistet die Anordnung der Fermenter kurze Pumpwege. Somit ist die Biogasanlage in der Lage einen hohem Anteil an Grassilage in der Ration zu fahren. Diese setzt sich wie folgt zusammen:

- 1,1 t LKS
- 3,5 t Maissilage
- 6,7 t Grassilage
- 4 m³ Rindergülle

Die Erfahrungen des Anlagenbetreibers mit dem Einsatz von Gras als Substrat sind durchweg positiv. So rechnet er mit durchschnittlichen Gaserträgen von 180 – 200 m³ je Tonne Substrat. Die Substratkosten liegen unter 20 EUR je Tonne. Durch seine Anlage entsteht keine Konkurrenz um die Ackerflächen somit bleiben das Pachtniveau stabil. Durch Zusammenarbeit mit benachbarten Milchviehbetrieben hat die Anlage Rückenwind in der Region. Und der Betrieb der Anlage ermöglicht eine Nutzung der Dauergrünlandflächen.

Momentan befindet sich die Anlage in der Ausbauphase, zurzeit wird ein BHKW mit 90 kW betrieben, welches um ein zweites erweitert wird. Man strebt so eine Leistung von insgesamt 500 kW an. Weiterhin soll eine Separation des Gärrestes zum Einsatz kommen, die flüssige Phase kann dann teilw. zur Verdünnung im Fermenter eingesetzt werden, um so zukünftig Schwimmschichten zu vermeiden. Tendenziell soll der Anteil des eingesetzten Grases in Zukunft weiter erhöht werden.

4. Fazit

Mit Ackerfuttermischungen lassen sich hohe Trockenmasse- sowie hohe Methanerträge je ha erzielen. Es hat sich gezeigt, dass die reduzierte Schnittfrequenz höhere TM Erträge liefert als die Vielschnittnutzung. Bei durch reduzierte Schnittfrequenz verspäteter Schnittnutzung nimmt die spezifische Gasausbeute ab. Dem jeweiligen Standort angepasste Ansaatmischungen zeigen Ertragsvorteile. Im maritimen Klima bieten weidelgrasbetonte Mischungen Vorteile, während die Luzernemischungen eher auf trockenen Standorten überzeugen. Bei steigenden Markterlösen auf ackerfähigen Standorten werden die Grünlandaufwüchse zur Biomassenutzung stärkere Bedeutung gewinnen.

Es zeichnet sich ab, dass Ackergräser insbesondere als Sommer- und Winterzwischenfrucht zunehmend zum Einsatz kommen werden. In Milchvieh-Futterbauregionen werden zunehmend dritte und vierte Aufwüchse von Dauergrünland als auch Ackergrasbeständen in Biogasanlagen eingesetzt.

Autor:

Dr. Matthias Benke LWK Niedersachsen Mars-la-Tour-Str. 1 – 13 26121 Oldenburg

E-Mail: matthias.benke@lwk-niedersachsen.de

Symposium

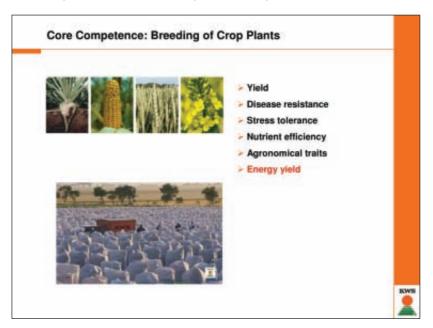
Energiepflanzen

ZÜCHTUNG/NEUE KULTUREN

Strategien der KWS im Bereich der Energiepflanzenzüchtung

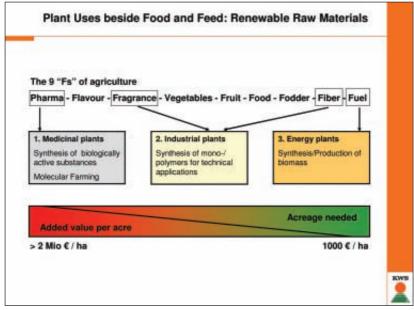
Dr. Hinrich Harling KWS SAAT AG

Die KWS SAAT AG züchtet landwirtschaftliche Nutzpflanzen der gemäßigten Klimazonen. Die KWS-Züchtung nutzt ein breites Spektrum konventioneller und biotechnologischer Methoden zur kontinuierlichen Verbesserung wichtiger Eigenschaften wie Ertrag, Stresstoleranz und Nährstoffeffizienz, insbesondere bei Mais, Zuckerrübe, Getreide und Ölfrüchten.



Aus landwirtschaftlichen Nutzpflanzen kann eine Fülle von Produkten gewonnen werden, die einer technischer Verwertung außerhalb des Lebens- und Futtermittelbereiches zugeführt werden. Mit zunehmendem Flächenbedarf bei abnehmendem Wertschöpfungspotential je Fläche können unterschieden werden:

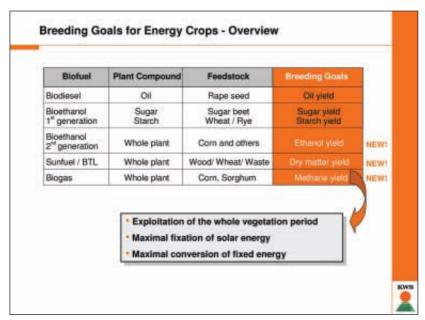
- 1. Molecular Farming, d.h. die gezielte Synthese von biologisch aktiven Substanzen in Nutzpflanzen.
- 2. Industriepflanzen produzieren Stoffe, die direkt oder indirekt für chemisch/technische Anwendung genutzt werden. Dabei handelt es sich um Öle, Proteine, Stärke, etc. für technische Anwendung oder um Substrate, die in nachgelagerten Syntheseschritten zu Aminosäuren, Enzymen oder Polymeren umgesetzt werden.
- 3. Energiepflanzen werden primär mit dem Ziel einer energetischen Verwertung gezüchtet und angebaut.



Ziel der Energiepflanzenzüchtung der KWS ist es, durch Optimierung der Substrate einen entscheidenden Beitrag zur Effizienz und damit zur Wirtschaftlichkeit der Wertschöpfungsketten Bioenergie zu leisten und neue Märkte für die Züchtung zu erschließen. Höchste Effizienz und

höchstes Potential wird bei der Ganzpflanzenverwertung über die Feuchtschiene gesehen.

Ganzpflanzennutzung erfordert für die Züchtung die Definition neuer Zuchtziele, insbesondere Trockenmasseertrag. Durch innovative Züchtungsstrategien können innerhalb relativ kurzer Zeiträumen Pflanzen mit einem deutlich erhöhten Trockenmasseertrag bereitgestellt werden.



Dies wird am Beispiel der "Energiemaiszüchtung" der KWS verdeutlicht. Die Grundlagen wurden in einem von der FNR geförderten F&E-Projekt gelegt. Die Arbeitshypothese ist, dass der Ideotyp für Energiemais sich deutlich von vorhandenen Silomaissorten unterscheidet und dass deutlich verbesserte Energiemaissorten daher nicht aus laufenden Züchtungsprogrammen für Silomais selektiert werden können.

Dies basiert auf Arbeiten von Weiland (2001) und Eder und Oechsner (2006), die etwa gleiche Methanerträge je kg TS für Stärke und Cellulose ermittelt haben. Die Zuchtstrategie für Energiemais kombiniert daher im Wesentlichen Spätreife mit Kühletoleranz und Kurztagsgenen (Schmidt, 2005). Ziel ist die schrittweise Erhöhung des TM-Ertrages auf bis zu 300 dt TM innerhalb von 10 Jahren.

Example: Energy Maize for Biogas Production

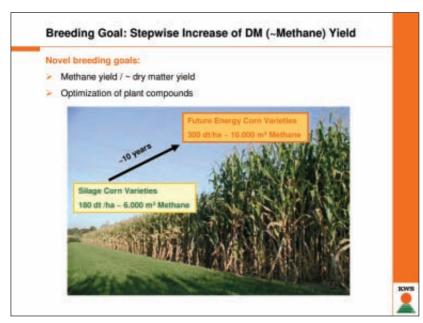
Maize:

- high biosynthetic potential (C4 plant)
- established agricultural crop, integrated in existing crop rotations
- very high genetic variability for new breeding goal: methane yield

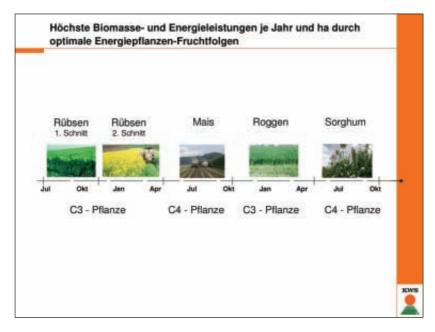
	silage maize	energy maize
methane formation	minimal in rumen	maximal in fermenter
resting time	1/2 day	30-40 days
starch content	high > 32% mature corn required	not essential
dry matter content	30-35% for max. energy uptake	25-30% to prevent leaching



Development of Energy Corn (EC) Harvest EC DMwering yield/ha EC Harvest Flowering EC: Energy Corn SC SC: Silage Corn time Breeding strategies: 1. Shift to much later maturity group 2. (MA) integration of cold tolerance into later maturity groups > 3. (MA) integration of genes for short-day photoperiodic response







Bereits heute sind erste Energiemais-Hybride der KWS im Markt, die Züchtungspipeline zur kontinuierlichen Verbesserung durch Zusammenführung der verschiedenen Materialgruppen ist gut gefüllt. Die bereits heute erreichbaren Erträge von Prototypen in Leistungsprüfungen lassen erkennen, dass unter geeigneten Umweltbedingungen ein Ertragspotential von ca. 300 dt/ha von Energiemaishybriden realisiert werden kann.

Zur optimalen Nutzung von Fläche und Vegetationszeit müssen "Energiepflanzen"-Fruchtfolgen entwickelt werden. Die KWS untersucht daher die Potentiale weitere Nutzpflanzen zur Erhöhung des TM-Ertrages, u.a. in einem weiteren FNR-Projekt.

Pflanzenzüchtung kann daher einen entscheidenden Beitrag zur Effizienzsteigerung im Bereich Bioenergie liefern. Weitere Effizienzsteigerungen auf nachgelagerten Stufen der Wertschöpfungsketten sind möglich und nötig.

Die Pflanzenzüchtung muss eng mit allen Akteuren der Wertschöpfungskette interagieren, um frühzeitig deren Anforderungen an die optimalen Substrate zu kennen und entsprechende Zuchtprogramme zu initiieren.

Um aber auch langfristig die Vorzüglichkeit der Pflanzenproduktion

Challenges for R&D: Bioenergy

Goal: Increased effectiveness and efficiency along value chain

- 1. Improvement of productivity / cost efficiency of plant substrates
 - Improved energy yield per hectare
- 2. Optimization of plant composition
 - Adaptation to technical demands of conversion processes
- 3. Improvement of conversion technologies
 - Increased effectiveness of conversion process, turnover rates, yield
 - > Improved purity and quality of products
- 4. Improvement of purification procedures to obtain pure conversion products
- 5. "Whole plant / zero waste"-concepts
 - ⇔ Utilization of whole plants, nutrition cycles ⇔ Biorefinery



Biorefinery Definition: Biorefinery refers to the conversion of biomass feedstock into a spectrum of valuable chemicals and energy. Whole Plant / Zero Waste Concept: CHEMICALS CONVERSION biochemically RESIDUES thermochemically **ENERGY PLANTS** ENERGY · improved energy RESIDUES yield/ha EXTRACTION RESIDUES · optimized plant · proteins composition · fatty acids · carbohydrates · novel compounds

in Europa gegenüber anderen Regionen zu sichern, sollten neue, "intelligente" Pflanzen neben einem hohen Ertrag auch höherwertige "addedvalue compounds" aufweisen. Hier sind innovative Züchtungsstrategien gefragt, die neben züchterischem Know-how auch Technologien wie "Molecular Farming" und "Metabolic Engineering" erfordern. Neue Partnerschaften zwischen allen Beteiligten der Wertschöpfungsketten sind erforderlich, um produktgetrieben neue Pflanzensorten zu entwickeln.

Autor: Dr. Hinrich Harling KWS SAAT AG Grimsehlstr. 31, 37555 Einbeck E-Mail: h.harling@kws.de

Strategien der SAATEN-UNION im Bereich der Energiepflanzenzüchtung

Dr. Heinrich Wortmann Saaten-Union GmbH

Die SAATEN-UNION wurde 1965 durch den Zusammenschluss von sieben mittelständischen Pflanzenzüchtern als Antwort auf die immer schwieriger werdenden Aufgaben (Ertrag/Erlös; Kosten; Nachhaltigkeit) in der nationalen und internationalen Pflanzenzüchtung gegründet. Um diesen Aufgaben – u.a. Nutzung von modernen Zucht- und Labormethoden – gerecht zu werden, wurden Servicegesellschaften und Zuchtkooperationen gegründet. Ein weiterer Schwerpunkt ist die zentrale Vermarktung von Sorten der Gesellschafter, die von zahlreichen europäischen Tochtergesellschaften und internationalen Repräsentanten übernommen wird. Über 20 Kulturarten werden züchterisch auf 18 Zuchtstationen in Deutschland und sieben Stationen im Ausland bearbeitet. Auf über 100 Prüforten werden die Zuchtprodukte auf ihren landeskulturellen Wert hin geprüft. (Weitere Informationen unter www.saaten-union.de)

Gesellschafter der SAATEN-UNION GmbH

- Fr. STRUBE Saatzucht, GmbH & Co.KG
- Norddeutsche Pflanzenzucht, Hans-Georg Lembke KG
- P. H. Petersen Saatzucht, Lundsgaard GmbH & Co. KG
- W. v. Borries-Eckendorf, GmbH & Co. KG
- Dr. Hans Rolf Späth, GmbH & Co. KG
- Nordsaat Saatzuchtgesellschaft mbH
- Dr. J. Ackermann & Co.

Die Züchter der SAATEN-UNION sehen ihre zentrale Aufgabe in der Sicherstellung von hochwertigen Sorten und Saatgut für die menschliche Ernährung und die tierische Veredlung. Neu hinzu kommen die Evaluierung und die Entwicklung von Sorten für die Produktion von Biomasse,

für Biogas, von Öl und stärkehaltigen Pflanzen für Bioethanol sowie von Pflanzen zur reinen energetischen Nutzung. Der Züchtung fällt dabei die besondere Aufgabe der Bereitstellung von geeigneten Pflanzen und Sorten sowohl in biologischer als auch ökologischer und ökonomischer Hinsicht zu. Unter dem Oberbegriff "Energiepflanzen" werden die genutzten Pflanzenarten und -sorten getestet und neu zusammengestellt. Neue/alte Kulturarten rücken in den Blick der Züchter.

Die SAATEN-UNION hat Strategien zur Energiepflanzenzüchtung entwickelt, um diesen neuen Anforderungen gerecht zu werden. Der Energiepflanzenanbau hat in den letzten Jahren drastisch zugenommen (Tabelle 1).

Bioenergiepflanzen Anbau (Still.Fl.+AF)					
	2006	\rightarrow	1,57	Mio. ha	
	2007	\rightarrow	1,75	Mio. ha	
Prognose	2010	\rightarrow	1,97 – 2,50	Mio. ha	
	2020	\rightarrow	3,40 – 3,45	Mio. ha	
	2030	\rightarrow	4,30 – 4,44	Mio. ha	

Tab. 1: Bioenergiepflanzenanbau in Deutschland (FNR 2007)

Laut Prognosen, wird sich der Anbau von Energiepflanzen bis 2030 verdreifachen (auf der Basis von 2006 auf bis zu 4,44 Mio. ha). Bei einer Ackerfläche von ~ 12 Mio. ha mit einem knapp ~ 45%igen Getreideanteil wird es zu einer Konkurrenz zwischen dem Anbau für Nahrungsmittel und den für Energiepflanzen kommen. Auch bei sinkender Bevölkerungszahl kann die Landwirtschaft nur über steigende Produktivität der Fläche d.h. i.d.R. mehr Ertrag und intelligenten Fruchtfolgen allen Verwendungszwecken gerecht werden.

Die Pflanzenzüchtung ist davon geprägt, dass Zuchtzieländerungen auch unter Zuhilfenahme modernster Zuchtmethoden 8 bis 12 Jahre benötigen, denn so lange dauert es bis zur Sortenzulassung. Umso mehr machen sich die Züchter der SAATEN-UNION Gedanken darüber, wie die neuen und alten Zuchtziele miteinander in Einklang gebracht werden können. Verschiedenste Forschungsaktivitäten sollen dabei helfen, die Züchtung noch effektiver zu gestalten. Im Getreidebereich kooperieren die SAATEN-

UNION Züchter mit Universitätsinstituten in der Grundlagenforschungen und den angewandten Forschungsaktivitäten für die Bioethanol- und Biomasseproduktion. Beim Mais steht die Verbesserung der Verdaulichkeit im Fokus der Züchtungsforschung. Die verschiedensten Gräserarten werden auf eine kostengünstige Biomasseproduktion hin getestet. Auch eine neue Kulturart – Sorghum – rückt ins Blickfeld der Züchtung. Hier ist aber mehr ein Screening und Anbauversuche von Sorten aus dem europäischen und außereuropäischen Ländern gefragt. Sorghum soll auf marginalen Böden und in den von Trockenheit geprägten Gebieten Ostdeutschlands den Mais ersetzen, um die Biomasseproduktion sicherer zu gestalten.

Strategien für die Züchtung von Energiegetreide

Die Bedeutung von Getreide für die Ernährung und Veredlung wird in Zukunft ähnlich hoch sein wie bisher, wenn nicht sogar noch steigen. Zur Energienutzung werden nicht alle Getreidearten die gleiche Wertigkeit haben.

In der Tabelle 2 sind die Anforderungen der verschiedenen Nutzungsarten im Vergleich zur traditionellen Nutzung gegenüber gestellt. Betrachtet werden die Merkmale Kornertrag, Stärke, Protein, sonstige Inhaltstoffe und Strohertrag.

Merkmale	Verbrennung Wärme	Bioethanol Kraftstoff	Biomasse Biogas	BtL Kraftstoff	Vergleich zu Feed/Food
Kornertrag	+++	+++	+++	+++	+++
Stärke	+++	+++	++	0	++/0
Protein			0	0	0/+++
sonst. Inhaltsstoffe		++	0	0	+/0
Stroher- trag/Blattmasse	+++	°	+++	+++	

⁺⁺⁺ hohe Bedeutung; Ausprägung des Merkmals maximieren

Tab. 2: Anforderungen der verschiedenen Nutzungsarten im Vergleich zur traditionellen Nutzung beim Getreide

⁰ Status quo erhalten

⁻⁻⁻ Ausprägung des Merkmals stark reduzieren

Strohertrag nur interessant wenn Bioethanol aus Zellulose möglich

Thermische Nutzung: Für den Brennwert sind Kornertrag, Stärkegehalt und Strohertrag entscheidend. Der Proteingehalt und diverse Inhaltstoffe vermindern die relative Vorzüglichkeit von Getreide gegenüber Holz. Im Vergleich zur Feed/Food-Nutzung werden bei der thermischen Nutzung hohe Gehalte an Protein und diversen Inhaltsstoffen als kritisch betrachtet. Demgegenüber ist ein hoher Strohertrag für diese Nutzungsart sehr wünschenswert.

Bioethanolproduktion: Für die Bioethanolnutzung sind der Kornertrag, der Stärkegehalt und die Amylasen (Inhaltsstoffe), die den Stärkeabbau beschleunigen, entscheidend. Im Vergleich zur Feed/-Food-Nutzung besteht der Unterschied nur in dem geforderten niedrigem Proteingehalt. Ein hoher Strohertrag ist dann wünschenswert, wenn Ethanol auch aus Zellulose wirtschaftlich hergestellt werden kann.

BtL-Nutzung: Nach dem jetztigen Kenntnisstand unterscheiden sich die Zuchtziele für die BtL-Nutzung gegenüber der Feed/Food-Nutzung nur in der konträren Gewichtung von Stroh.

Biomasse-Nutzung: Die Biomassenutzung unterscheidet sich von der Feed/Food-Nutzung nur in der besonders hohen Gewichtung der Blattund Stängelmasse, während die übrigen Merkmale ihre ursprüngliche Bedeutung behalten.

Fazit

Für diese 4 Nutzungsrichtungen kann also über die Getreidearten hinweg kurzfristig mit dem verfügbarem Sortenspektrum gearbeitet werden. Mittel- bis langfristig wird sich je nach wirtschaftlicher Bedeutung ein Markt für Spezialsorten entwickeln.

Betrachtet man die einzelnen Getreidearten in Verbindung mit den verschiedenen Energienutzungen, so ergibt sich folgendes Bild:

Thermische Verwertung: Für die thermische Verwertung ist die Technik mehr gefordert als die Züchtung. Insbesondere sollten erst verbraucherfreundliche gesetzliche Rahmenbedingungen geschaffen werden, bevor die Züchtung gesonderte Zuchtprogramme erstellt.

Bioethanolproduktion: Zur Bioethanolproduktion werden zzt. Roggen, Triticale und Weizen eingesetzt. Spezialzüchtungen für Deutschland werden nicht favorisiert. In Frankreich und Großbritannien dagegen gibt

es für die Alkoholproduktion einen speziellen Markt, der von speziellen Zuchtprogrammen aus unserem Haus bedient wird. Die Winterweizensorte GLASGOW setzt dort neu Maßstäbe. In Deutschland setzen wir auf Sorten mit geringem Proteingehalt und hohem Ertrag, also klassische Futterweizentypen. Auch für Roggen und Triticale wird es in absehbarer Zeit keine gesonderten Zuchtprogramme für spezielle Bioethanoleignung geben. Nur fertige Sorten werden auf ihre spezielle Eignung geprüft werden.

BtL: BtL ist in aller Munde, aber eine Rohstoffbeschaffenheitsbeschreibung, die züchterisch verwertbar wäre, gibt es noch nicht.

Biomasseproduktion: Für die Biomasseproduktion lassen sich prinzipiell alle Getreidearten verwenden. Die relative Vorzüglichkeit richtet sich nach dem Standort und der geplanten Folgekultur.

Roggen als Biomasselieferant

Roggen wird von den Betreibern der Biogasanlagen gerne als zusätzlicher Biomasselieferant eingesetzt. Frühzeitiger Wachstumsbeginn im Frühjahr und schnelles Massenwachstum besonders bei den Spezialsorten vom Grünschnittroggen favorisieren diese Kulturart. Insbesondere zum Erntezeitpunkt EC51-59 (Mitte bis Ende Mai) ist der Grünschnittroggen unschlagbar. Eine Folgekultur, sei es Mais oder Sorghum, ermöglichen noch einen beachtenswerten Biomasseertrag. Populations- oder auch Hybridroggen kann u.U. einen ähnlich hohen Ertrag bringen wie Grünschnittroggen, braucht aber i.d.R. bis zu zwei Wochen länger bis zum vorgegebenen Ernteschnittzeitpunkt. Diese Zeit fehlt dann der Folgekultur zur Biomasseproduktion.

In Anbetracht der großen Relevanz von Roggen, wurde von den Roggenzüchtern der SAATEN-UNION und der Bundesanstalt für Züchtungsforschung Groß Lüsewitz ein Antrag bei der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) gestellt. Folgende Thematik soll bearbeitet werden: Züchterische Evaluierung von Sorten und pflanzengenetischen Ressourcen (PGR) bei Roggen für die Bioenergienutzung. (FNR-22018305)

Es werden verschiedene Sorten des Grünschnittroggens, von in- und ausländischen Populationsorten, von Zuchtstämmen, von genetische Ressourcen, deren Testkreuzungen und einige Sorten des Tetraroggen geprüft.

Vom ersten Prüfjahr liegen die ersten Ergebnisse der Eigenleistung (also noch nicht der Hybriden) vor. In dem Bild 1 sind die Ergebnisse des 1. (EC51-59) und des 2. (EC75-80) Schnitttermins einander gegenüber gestellt.

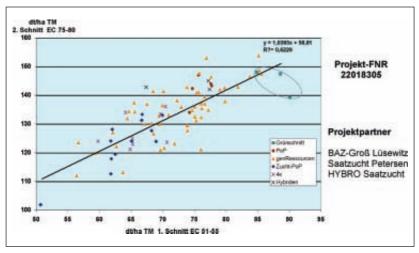


Bild 1: Biomasseproduktion von verschiedenen Sortentypen und Herkünften beim Roggen Leistungsprüfungen 2007 an 3 Orten mit je 2 Wiederholungen

Auffällig ist die enorme Spannweite der genetischen Ressourcen von 55 dt TM/ha bis 85 dt TM/ha zur 1. Ernte und 112 dt TM/ha bis 156 dt TM/ha zur 2. Ernte. Die Grünschnittsorten weisen zur 1. Ernte den höchsten TM Ertrag auf, während es zum 2. Erntezeitpunkt Sorten aus den genetischen Ressourcen gibt, die ähnlich hoch im Ertrag liegen. Die "normalen" Populationssorten können bei beiden Schnittterminen nicht mit dem Grünschnittroggen konkurrieren. Gleiches gilt für das Zuchtmaterial und dem Tetraroggen. Hier zeigt sich die strenge Selektion auf Kornertrag und auf geringe Halmlänge. Eine übermäßige Bestockung war kein Zuchtziel. Ein weiterer Grund ist der starke Mehltaubefall im Herbst und praktisch den ganzen "Winter" über. Dadurch wurde die Bestockung stark reduziert.

Die Ergebnisse zeigen schon jetzt, dass in den genetischen Ressourcen ein großes Potential für die langfristige, züchterische Nutzung insbesondere für die Nutzungsrichtung Biomasse liegt. Allgemein sollten die traditionellen agronomisch wichtigen Zuchtziele – Standfestigkeit, Virusresi-

stenzen, Resistenzen gegenüber Fuß-, Blatt- und Ährenkrankheiten nicht aus dem Blickfeld der Züchtung verschwinden. Ganz im Gegenteil: Erntesicherheit (Standfestigkeit) und Resistenzen gewinnen bei der Bedeutung der Gesamtpflanze als Ernteprodukt eine wesentlichere Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Energiepflanzen.

Mais als Biomasselieferant

Mais ist der Haupt-Biomasselieferant für die Biogasanlagen. Mit der Bezeichnung Energiemais hebt er sich von den traditionellen Nutzungsrichtungen ab. Auf Grund der spezifischen Anforderungen sind hier Spezialsorten gefordert, die auch von den Züchtern der SAATEN-UNION entwickelt werden.

Welches sind nun die Anforderungen an einen Energiemais?

Verdaulichkeit: Primäres Ziel ist der Methanertrag pro kg organischer Trockensubstanz. Dieses soll erreicht über eine hohe Verdaulichkeit der Gesamtpflanze erreicht werden, wobei bei steigendem Anteil der Restpflanze der Kolbenanteil relativ gesehen zurückgeht. Dazu muss die Verdaulichkeit der Zellwände (Bild 2) (Hemizellulosen und Cellulosen Anteil von ~ 36 % der TS) gesteigert werden. Wird die Verweildauer des Maissubstrates im Fermenter reduziert, so erhöht sich die Gesamtproduktionsleistung der Biogasanlage. Das vorhandene Zuchtmaterial zeigt für dieses Merkmal eine enorme Variabilität, die durch entsprechende Analysen züchterisch



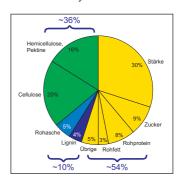


Bild 2: Ligninbarrieren und Verdaulichkeit sowie Anteile der verschiedenen Verdaulichkeitsfraktionen

genutzt wird. Die Ermittlung des Methanertrages ist sehr kosten- und zeitaufwendig und noch nicht standardisiert, d.h. die bei verschiedenen Institutionen festgestellten Werte sind nicht direkt vergleichbar. Solange hier keine standardisierte und schnelle Methode zur Verfügung steht, kann nur über die indirekten Merkmale selektiert werden.

"Stay-Green": Der "Stay-Green" Effekt – die Abreife der Blätter (Bild 3) wird verzögert bei gleichzeitiger Abreife des Kolbens – bringt eine hohe Ernteflexibilität und die noch grünen Blätter bringen einen zusätzlichen Energieertrag. Aber Vorsicht, dieser Effekt ist nur bei frühen und mittel frühen Sorten erwünscht. Bei spätem Material führt der "Stay-Green" Effekt zu niedrigeren TS-Gehalten.



Bild 3: Maisblätter zur gleichen Zeit geerntet: links abgereift; rechts Blatt mit "Stay-Green" Effekt

TS-Gehalt: Der TS-Gehalt der Gesamtpflanze ist für die Qualität der Silierung entscheidend. Daher sind an den Rohstoff ähnliche Anforderungen zu richten, wie an einen guten Silomais. Mit 29 % TS als unterste Grenze bis zu 35 % TS wird das Erntefenster eingegrenzt.

Traditionelle Zuchtziele wie Kühletoleranz, Robustheit in der Aussaatverträglichkeit und schnelle Jugendentwicklung dürfen nicht vernachlässigt werden. Die Maiszüchter der SAATEN-UNION stellen mit den Sorten BREDERO, AVENTURA und SUBITO Hybriden zur Verfügung, die eine wirtschaftliche Biomasseproduktion ermöglichen. Das Sortenmaterial wird konsequent weiter bearbeitet.

Andere Kulturarten als Energiepflanzen

Raps: Raps ist Grundlage für die Produktion von Biodiesel. Bei Energieraps wird zzt. keine Änderung der Öleigenschaften angestrebt. Die Anhebung des Ölertrages steht weiterhin im Mittelpunkt der Züchtung.

Gräser: Bei den Gräsern steht ein beachtliches Sortiment an Sorten und Sortentypen für den Anbau zur Verfügung. Eine regional spezifische Evaluierung für die Biomassenutzung ist notwendig. Entsprechende Versuche sind in der Planung. Insbesondere die Anzahl der wirtschaftlich vertretbaren Schnitte stehen hier zur Diskussion. Wesentliches Zuchtziel ist die Anhebung des Gesamttrockenmasseertrages bei gleichzeitiger Reduzierung der Anzahl Schnitte.

Rüben: Bei den Futter- und Zuckerrüben sehen wir zzt. keinen Handlungsbedarf in der Modifizierung der Zuchtzielsetzung für eine spezifische Energienutzung. Hier ist mehr die Technik gefragt als die Züchtung.

Sorghum: Trotz des sehr beachtlichen Sorten und Artenkataloges der SAATEN-UNION werden neue Kulturarten auf ihren wirtschaftlichen Einsatz hin geprüft. So wird Sorghum auf seine Verwendbarkeit zur Biomasseproduktion intensiv geprüft. Sorghum ist wie Mais eine C4-Pflanze, aber nicht sehr gut an die hiesigen klimatischen Verhältnisse adaptiert. Interessant ist Sorghum als trockenresistente Kulturart auf leichten und marginalen Böden. Für eine vergleichbare Biomasseproduktion benötigt Sorghum 30 % weniger Wasser als Mais. Damit wird der Anbau insbesondere in den östlichen Bundesländern, sowie in Bayern und Baden-Württemberg interessant. Die SAATEN-UNION führt entsprechende Anbauversuche zur Biomasseproduktion durch. Innerhalb von zwei Jahren wurden Sorten (GOLIATH und BOVITAL) in den Anbau gebracht, die 25 % des Sorghumanbaus in 2007 ausmachten. Hierbei konnte man auf Ergebnisse in Österreich und Ungarn zurückgreifen. Eine eigene Züchtung ist nicht geplant.

Forschungsbedarf in der Energiepflanzenzüchtung

Das erklärte Ziel der Bundesregierung ist der Ausbau der regenerativen Energien. Dazu soll bis 2020 insgesamt bis zu 30 % der Ackerfläche für die Energieproduktion genutzt werden. Zur Erreichung dieses Zieles bedarf es geeigneter Rohstoffe. Die Strategie der Zweinutzungssorten vor den

Spezialsorten ist nur kurz bis mittelfristig sinnvoll, solange die Anbaufläche noch gering ist. Die Kosten für Spezialzüchtungen sind zu hoch. Der Forschungsbedarf ist besonders hoch bei den Rohstoffen zur Biomasseproduktion. Einen ähnlich hohen Bedarf sehen wir bei der Züchtung von Sorten zur Bioethanolproduktion. Der Forschungsbedarf erstreckt sich auf Grundlagen und Anbauversuche. Im kurz bis mittelfristigen Zeithorizont wird die Verbrennung und die BtL-Nutzung noch keine große Rolle spielen. Daher sehen wir hier nur einen geringen Forschungsbedarf.

Begleitende Maßnahmen: Fruchtfolgenentwicklung und Beratung

Zur Strategie der Energiepflanzenzüchtung in der SAATEN-UNION zählen auch sogenannte begleitende Maßnahmen. Darunter verstehen wir die Entwicklung von Fruchtfolgen allgemein und spezielle Fruchtfolgen für die Bioenergieproduktion. Eine weitere Maßnahme sehen wir in der Beratung der praktischen Landwirtschaft. Die Kenntnisse über Spezialsor-



Bild 4: Beispiel für eine Bioenergiefruchtfolge in wüchsigen Lagen mit genügender Wasserversorgung (Quelle: Fachberatung Saaten-Union)

ten und Fruchtfolgen müssen in die Praxis transportiert werden. Nur dann können effizient Bioenergie und Nahrungsmittel ohne große Konkurrenz nebeneinander produziert werden.

In Bild 4 ist eine spezielle Bioenergiefruchtfolge für sogenannte wüchsige Lagen dargestellt. In 5 Jahren sind 7 Ernten möglich. Die Humusbilanz ist positiv. Alle Fruchtfolgeglieder sind für die Bioenergienutzung möglich. Roggen, Mais und Kleegras sind für die Biogasanlage vorgesehen, der Weizen für die Bioethanolproduktion und der Raps für Biodiesel. Zu beachten ist aber auch hier, dass jedes Schema dem Standort angepasst werden muss. Insbesondere Untersaaten (Jahr 2) sind nur etwas für Könner und erfolgreich bei guten Anbauverhältnissen.

Die Beratung der Praxis erfolgt weitestgehend durch Einzelgespräche, regionale Feldtage und Messen. Moderne Kommunikationsmittel wie das Internet transportieren schnell und aktuell Informationen an spezielle Zielgruppen.

Zusammenfassung

Die Strategie der SAATEN-UNION zur Energiepflanzenzüchtung wird kurz und mittelfristig durch Zweinutzungssorten (Ernährung + Energie) geprägt. Spezialsorten werden aktuell nur im Mais und im Roggen für die Biomasseproduktion entwickelt. Mittel- bis langfristig sind Spezialsorten anderer Getreidearten für die Bioethanol- und Biomasseproduktion denkbar, wenn der Bedarf dafür besteht.

Als begleitende Maßnahmen sieht die SAATEN-UNION aufeinander abgestimmte Kulturarten und Sorten in speziellen Bioenergie- und Marktfruchtfolgen. Der Beratung als Transferinstrument von Expertenwissen in die Praxis wird besonderer Beachtung geschenkt.

Autor:

Dr. Heinrich Wortmann Saaten-Union GmbH Eisenstr. 12, 30916 Isernhagen

E-Mail: heinrich.wortmann@saaten-union.de

Sonnenblumen und Roggenganzpflanzen als Biogassubstrat

Dr. Volker Hahn Universität Hohenheim

Einleitung

Aus Gründen der Fruchtfolge und der unterschiedlichen Standortbedingungen müssen verschiedene Kulturpflanzen für die Verwertung in Biogasanlagen in Betracht gezogen werden. Roggen ist ein anspruchsloses Getreide, das seine Vorzüge auf leichten, wenig produktiven Böden hat, aber auch auf guten Böden hohe Erträge erzielen kann. Wegen seiner zügigen Jugendentwicklung im Frühjahr bringt er zusätzliche Vorteile gegenüber anderen Getreidearten. Sonnenblumen zeichnen sich durch ein rasches vegetatives Wachstum auch unter kühlen Bedingungen und eine sehr gute Nährstoffaneignung aus. Beide Fruchtarten können sowohl als Zwischenfrucht wie auch als Hauptfrucht eingesetzt werden. Als Zwischenfrucht wird Roggen bereits im April/Mai grün geschnitten, damit Mais oder Sonnenblumen zum optimalen Saattermin folgen können. Sonnenblumen könnten dagegen als Zwischenfrucht nach einer Hauptfrucht (Biogas)-Roggen zum Aussaattermin Juni/Juli in Frage kommen. Das Ziel dieses Projektes ist es, Roggen und Sonnenblumen für den Einsatz in Biogasanlagen züchterisch zu optimieren.

Nutzung von Roggenganzpflanzen

Einfluss des Schnitttermins auf die Biomassebildung

Ein divergentes Sortiment aus 56 Hybridroggen, vier Populationsroggen und vier Grünschnittroggen wurde 2006 an vier Orten (Hohenheim, Eckartsweier, Wohlde, Klausheide) mit zwei Wiederholungen geprüft. Das

Material wurde an drei Terminen geerntet: (1) Anfang Mai zum Zeitpunkt des Ährenschiebens, (2) Ende Juni zur Milchreife und (3) Ende Juli zur Vollreife. Beim ersten Schnitttermin wurden im Mittel über alle Genotypen und vier Orte 79 dt Trockenmasse (TM)/ha geerntet, beim zweiten Termin 158 dt TM/ha (jeweils bezogen auf 0 % Restfeuchte) und zur Vollreife wurden insgesamt 145 dt TM/ha geerntet. Die Trockensubstanzgehalte (TS) stiegen von 19 % im ersten Schnitt auf 38 % im zweiten Schnitt und 86 % zur Vollreife. Bei allen Ernteterminen war die genotypische Varianz für den Trockenmasseertrag signifikant (P=0,01). Die Versuchsergebnisse sind ausführlich dargestellt in Seggl und Miedaner (2007).

Erste Ergebnisse zur Biogasbildung

Bei Proben des zweiten Erntetermins führte die Landesanstalt für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen den Hohenheimer Biogasertragstest (HBT) durch (Hellfrich und Oechsner, 2003). Dafür wurden anhand der Ertrags- und Boniturdaten 25 Genotypen von zwei Orten und zwei Wiederholungen ausgewählt. Der spezifische Gasertrag (m³ Gas/kg oTS) unterschied sich zwischen den Genotypen. Bei den sehr frühreifen Grünschnittroggen, die bei der zweiten Ernte schon weit entwickelt waren, war der spezifische Gasertrag auf Grund der bereits einsetzenden Lignifizierung des Halmes geringer. Die Methangehalte im Gas (% CH4 im Gas) unterschieden sich zwischen den Genotypen nicht signifikant, in der Tendenz erhöhte sich aber der Methangehalt im Gas mit zunehmender Abreife. Beim spezifischen Methanertrag, errechnet durch die Multiplikation des spezifischen Gasertrages mit dem Methangehalt im Gas, waren keine genotypischen Unterschiede festzustellen. Dies ist auch insofern nachvollziehbar, als die Effekte des abnehmenden spezifischen Gasertrages bei fortschreitender Reife der Pflanzen durch den steigenden Methangehalt im Gas aufgehoben wurden. Im Mittel aller Proben wurde ein Methanertrag von 4330 Nm³/ha erzielt.

Biomasseerträge von Standardsorten

Um herauszufinden, wie hoch der Trockenmasseertrag von derzeit genutzten Roggensorten liegt, wurden 2006 und 2007 drei Hybrid-, zwei Popula-

tionssorten und zwei Grünschnittroggen an vier bzw. drei Orten auf ihren Biomasseertrag zur Milchreife untersucht (Tab.1).

Im Mittel wurden Erträge von 15 bis 16 t Trockenmasse erzielt. Zwischen den Orten und Jahren traten dabei starke Schwankungen auf. In EWE 2006 stand der Versuch auf einem stark nachlieferungsfähigen Auenlehm, in 2007 herrschte hier früher Trockenstress. Die auf Körnernutzung gezüchteten Hybriden und Populationen erzielten ähnliche mittlere Erträge wie die Grünschnittroggen. Im sehr warmen Winter 2006/2007 zeigte sich jedoch eine gewisse Überlegenheit der Grünschnittroggen, die, im Gegensatz zu den auf Kornleistung selektierten Sorten, ihr Wachstum praktisch den gesamten Winter über nicht einstellten.

Material	2006			2007			Mittel	
	EWE	НОН	KLA	WOH	EWE	НОН	WOH	
Hybriden (N=3)	193	143	145	147	115	155	147	149
Populationen (N=2)	179	134	150	144	122	163	151	149
Grünschnitt (N=2)	164	160	146	151	129	177	159	155

EWE = Eckartsweier, HOH = Hohenheim, KLA = Klausheide, WOH = Wohlde

Tab. 1: Trockenmasseerträge (dt/ha) von Roggen zur Milchreife

Biomasseerträge von neuem Hybridmaterial

Bisher wurden Roggenhybriden nur auf Kornertrag geprüft, in diesem Projekt wird erstmals die Eignung eines breiten Sortiments von Zuchtmaterial zur Biomassegewinnung untersucht. Dazu wurden insgesamt 140 Roggen-Inzuchtlinien mit jeweils vier Elite-Tester gekreuzt, um 240 Interpool- und 320 Intrapool-Hybriden zu erstellen. Diese wurden 2007 an den Orten Eckartsweier, Hohenheim und Wohlde auf ihren Biomasseertrag geprüft. Die Ernte erfolgte mit einem kommerziellen, reihenunabhängigen Häcksler zur Milchreife. Der Roggen wurde, je nach Standort, mit Trockensubstanzgehalten von 31 – 39 % geerntet. Im Mittel erzielten die Interpool-Hybriden einen Trockenmasseertrag von 155 dt/ha bei einer Variation zwischen 142 und 169 dt/ha. Die Intrapool-Hybriden variierten zwischen 145 und 160 dt/ha bei einem Mittelwert von 151 dt/ha. In beiden Gruppen wurde eine signifikante genotypische Varianz ermittelt. Die besten Hybridkombinationen ergaben dreiortig einen TM-Ertrag von 175 dt/ha. Dies

bedeutet, dass mit diesem Elitematerial eine weitere Züchtung auf ertragsstärkere Hybriden möglich ist.

Verwendung genetischer Ressourcen

Mit der Verwendung genetischer Ressourcen erhofft man, einen weiteren Zuchtfortschritt in der Biomassebildung von Roggen erzielen zu können. Um dies zu untersuchen, wurde ein so genanntes "Weltsortiment" bestehend aus 25 Populationen extrem divergenter Herkunft (Europa, Russland, Ostasien, Iran, Südamerika) mit zwei Elitetestern gekreuzt. Die genetischen Ressourcen und die daraus erstellten Testkreuzungen wurden 2007 an drei Orten geprüft. Im Mittel über beide Tester und die drei Orte wurden 156 dt TM/ha erzielt. Die Testkreuzungen variierten dabei zwischen 142 und 175 dt TM/ha (gemittelt über beide Tester), die besten Hybridkombinationen ergaben sogar 177 dt/ha und damit einen ähnlich hohen Ertrag wie das Elitezuchtmaterial. In den meisten Fällen wurde dieser Ertrag durch einen deutlichen Heterosiszuwachs erzielt. Die Ergebnisse zeigen, dass genetische Ressourcen ein erhebliches Potenzial zur Erstellung frühreifer Biogassorten im Rahmen der Hybridzüchtung haben. Als Populationen per se sind sie aufgrund ihrer Lageranfälligkeit, mäßigen Qualitäten und oft geringen Ertragsleistung nicht nutzbar.

Nutzung von Sonnenblumen-Ganzpflanzen

Nutzung als Zwischenfrucht

Durch ihr rasches Wachstum bietet die Sonnenblume die Möglichkeit, auch als Zwischenfrucht nach Winterroggenganzpflanzensilage angebaut werden zu können. Solch ein Verfahren hat den Vorteil, dass durch die verschiedenen Erntezeitpunkte weniger Siloplatz benötigt wird und die Arbeitsspitzen entzerrt werden. Zudem ist es dadurch möglich, zu weiteren Terminen Gärreste ausbringen zu können. An den beiden Standorten Groß-Gerau und Eckartsweier wurde der Trockenmasseertrag und der Trockensubstanzgehalt (TS) von Sonnenblumen untersucht, die Ende Juni gesät wurden. Geprüft wurden vier Ölsonnenblumensorten, zwei Biogastypen, vier Experimentalhybriden und zwei Populationen. Im Mittel

wurden knapp 9 t Trockenmasse bei einem TS-Gehalt von 20 % geerntet (Tabelle 2). Nur die Ölsonnenblumen erreichten TS-Gehalte von über 20 %. Ein TS-Gehalt von mindestens 25 % ist erwünscht, da ab diesen Gehalten keine Sickersaftbildung der Silagen zu erwarten ist. Rechnet man mit 300 Nm³ Methan je Tonne Trockenmasse, so kann man mit Zwischenfruchtsonnenblumen einen Methanertrag von ca. 1.800 Nm³/ha erzielen.

Тур	Trockensubstanz- gehalt (%)	Ertrag (dt/ha)
Öl (N=4)	24,6	87
Biogas (N=2)	18,4	95
Experimentalhybride (N=4)	18,0	96
Population (N=2)	17,8	73
Mittel	20,2	89
LSD 0,05	3,1	23

Tab. 2: Trockensubstanzgehalte und Trockenmasseerträge von Zwischenfruchtsonnenblumen (2 Orte, 2006)

Nutzung als Hauptfrucht

Neben der Zwischenfruchtnutzung können Sonnenblumen auch als Hauptfrucht angebaut werden. Um Ergebnisse über die Biomasseleistung von Sonnenblumen zu erhalten, wurden 2007 verschiedene Ölsorten an vier Orten (Eckartsweier, Hohenheim, Bonn, Rostock) angebaut und auf ihren Trockenmasseertrag getestet. Im Mittel über die vier Orte wurden 110 dt TM/ha geerntet bei einem Trockensubstanzgehalt von 29,9 %. Die Erträge schwankten zwischen 77 und 140 dt TM/ha. Gleichzeitig wurden vier neu entwickelte und auf höheren Biomasseertrag selektierte Hybriden (Biogastypen) mit getestet. Diese erzielten im Mittel einen Ertrag von 150 dt/ha bei einem TS-Gehalt von 25,3 %. Die beste Hybride erreichte 156 dt/ha.

Nutzung genetischer Ressourcen

Ein Teil der genetische Ressourcen der Sonnenblume zeigt ein enormes Längenwachstum. Pflanzen mit einer Größe von über 5 m sind in Genbanken beschrieben. Solche Genbank-Accessionen wurden in den letzten Jahren angebaut, um ihre Eignung als Biomasse-Sonnenblumen zu untersuchen. Unter den Bedingungen in Eckartsweier (südliche Rheinebene) schwankte das Längenwachstum der genetischen Ressourcen zwischen 2 m und 3,5 m. Ein Teil dieses Materials wurde 2005 in Leistungsprüfungen mehrortig auf ihre Biomasseleistung geprüft. Dabei wurde sehr schnell deutlich, dass die Pflanzen zwar eine enorme Wüchsigkeit zeigen, aber durch ihre mangelhafte Standfestigkeit nicht anbauwürdig sind. Deshalb wurden die genetischen Ressourcen mit Elitetestern gekreuzt. Auch die so erstellten Hybriden zeigten jedoch noch keine ausreichende Standfestigkeit. Folglich wurden die genetischen Ressourcen mit besonders standfesten Linien gekreuzt und die Nachkommenschaften streng auf Standfestigkeit selektiert. Die ersten dieser Nachkommenschaften wurden im Winterzuchtgarten 2006/2007 mit einem Elitetester gekreuzt und die so erstellten Hybriden wurden 2007 an den beiden Orten Eckartsweier und Rostock geprüft. Im Mittel erzielten die Testhybriden einen Ertrag von 130 dt TM/ha. Einige Testhybriden zeigten gegenüber den zum Vergleich mit angebauten Biogastypen jedoch deutlich höhere Trockenmasseerträge mit Maximalwerten von über 200 dt TM/ha bei einer sehr guten Standfestigkeit. Diese einjährigen Ergebnisse müssen allerdings in den nächsten Jahren noch überprüft werden. Erste Untersuchungen des Ölgehalts dieser Testkreuzungen lassen hoffen, dass die Trockenmasseerträge bei Sonnenblumen erhöht werden können, ohne damit den Ölertrag je Hektar zu erniedrigen.

Zusammenfassung

Für die Züchtung bedeuten diese Ergebnisse, dass für die Zwischenfruchtnutzung als Grünschnittroggen im Mai eigene Zuchtprogramme notwendig sind. Die wichtigste Eigenschaft ist hier die Massenbildung im zeitigen Frühjahr, alle anderen Zuchtziele können vernachlässigt werden. Für die Nutzung des Roggens als Hauptfrucht kann auf leistungsfähiges Körnerhybridmaterial zurückgegriffen werden, das bereits agronomische Vorteile, wie Krankheitsresistenz und eine gute Standfestigkeit, mit sich bringt. Allerdings ist eine zusätzliche Prüfung auf den Biomasseertrag zur Milchreife notwendig, um die ertragsstärksten Genotypen zu diesem Schnittzeitpunkt zu selektieren. Durch die Verwendung genetischer Ressourcen kann die Ausgangsbasis zur Erstellung von biomassereichem Hybridroggen in Zukunft ausgeweitet werden .

Werden Sonnenblumen als Zwischenfrucht angebaut, so sind dafür Ölsonnenblumen am besten geeignet. Für einen Hauptfruchtanbau eignen sich diese Körnersonnenblumen weniger, da sie ein zu geringes Massenwachstum und eine zu frühe Abreife aufweisen. Speziell auf einen hohen Biomasseertrag gezüchtete Hybriden zeigten höhere Trockenmasseerträge. Dieser kann durch Einkreuzung geeigneter genetischer Ressourcen zukünftig weiter gesteigert werden.

Literatur

- Helffrich, D. und H. Oechsner, 2003: Hohenheimer Biogasertragstest Vergleich verschiedener Laborverfahren zur Vergärung von Biomasse. Agrartechnische Forschung 9, 27-30.
- Seggl, A. und T. Miedaner, 2007: Energieroggen als Substrat f
 ür Biogasanlagen. Getreide Magazin 4/2007, 241-243.

Dieses Projekt wurde in Zusammenarbeit mit Dr. P. Wilde und J.-C. Gudehus (Lochow-Petkus GmbH, Bergen) bzw. Dr. A. Zacharias und M. Ganßmann (KWS SAAT AG, Einbeck) durchgeführt und von den genannten Firmen finanziell unterstützt.

Das dieser Veröffentlichung zugrunde liegenden Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz unter dem Förderkennzeichen der FNR 22013104 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Autoren:

Dr. Volker Hahn Universität Hohenheim, Landessaatzuchtanstalt, Versuchsstation Waldhof 2, 77731 Willstätt E-Mail: vhahn@uni-hohenheim.de

Prof. Thomas Miedaner

Sorghumhirsen – Sorten- und Herkünftevergleich

Dr. Albrecht Roller Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe

Einführung

Als Folge der hohen und weiter wachsenden Zahl von Biogasanlagen besteht in der praktischen Landwirtschaft eine verstärkte Nachfrage nach weiteren Pflanzen neben Mais, die sich als Substrat für die Methangaserzeugung eignen. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Forderung, im Pflanzenbau leistungsstarke Energie- und Rohstoffpflanzen mit gutem Methanertrag bereitzustellen. Als alternative Rohstoff- und Energiepflanzen bieten sich Hirsen an, darunter besonders die Sorghumhirse (Sorghum bicolor).

Die Sorghumhirsen wurden züchterisch weiterentwickelt, wie die Neuzulassungen von brown-midrib Genotypen (bmr), photoperiode-sensitive Genotypen (pps) und männlich-sterile Genotypen (ms) zeigen. Die braune Mittelrippe ist ein phänotypischer Marker, der mit einem reduzierten Ligningehalt korreliert (McCollum et al., 2007). Die bmr-Eigenschaft geht auf eine chemisch induzierte Mutation zurück. Gegenüber dem Normaltyp ist der Ligningehalt des bmr-Typs um ca. $20\,\%$ – $30\,\%$ reduziert, die damit einhergehende Erhöhung der Verdaulichkeit beträgt ca. $10\,\%$ – $20\,\%$. Die Färbung der Mittelrippe wird weiter genutzt, um zwischen "dry" und "juicy" Sorghumtypen zu unterscheiden. Erfahrungen aus den USA zeigen, dass der dry-Typ bei gleichem phänologischem Stadium gegenüber dem juicy-Typ einen um bis zu $3\,\%$ höheren Trockensubstanzgehalt erreicht, bei etwas herabgesetzter Schmackhaftigkeit.

Aufgrund der weltweiten Bedeutung als Nahrungs- und Futterpflanze, ihrer breiten Anpassung an verschiedene Umwelten, der vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten sowie des häufig beschriebenen hohen Ertrags-

potenzials wird am Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in einem ersten Schritt die Sorghumhirse pflanzenbaulich bearbeitet.

Sorghumhirse ist eine sehr wärmeliebende Kulturart. Sorghum kann starke Trockenheit ertragen und einige Sorten bilden noch bei 300 – 400 mm Jahresniederschlag vergleichsweise gute Erträge. Dabei werden herkunftsabhängig deutliche Sortenunterschiede beschrieben. Auf Trockenstress reagiert Sorghum mit einem weitgehenden Wachstumsstop, kann aber bei neuer Wasserzufuhr in vollem Umfang weiter assimilieren. Die Mindestwärmesumme in der Vegetationszeit (Mai/September) beträgt rund 2.500 °C. Dies entspricht einer mittleren Tagestemperatur von ca. 16 °C.

Ausgangspunkt für einen optimierten Anbau ist die richtige Sortenwahl. Im Jahr 2007 sind 255 Sorten von 29 Züchtern aus fünf Kontinenten in der Sammlung am TFZ repräsentiert. Die Sammlung enthält sämtliche Sorghumtypen/Genotypen (Sorghum bicolor, S. bicolor x S. sudanense, Sorghum sudanense).

Standortbeschreibung

Die Versuchsanlage befindet sich bei Straubing auf 360 m Höhe über NN. Die mittlere Jahrestemperatur am Standort beträgt 8,5 °C, die jährliche Niederschlagssumme 673 mm. Für den Zeitraum Mai bis September 2006/2007 wichen am Versuchsstandort die Niederschlagswerte um + 62 bzw. + 194 mm und die Temperatur um + 0,2 bzw. - 0,7 °C vom langjährigen Mittel ab. Die Versuchsflächen liegen auf einem Lössboden mit der Bodenart schluffiger Lehm (uL). Der Bodentyp wird als Parabraunerde mit der Ackerzahl 76 beschrieben. Eine für die Region typische Fruchtfolge ist Kartoffeln – Wintergetreide – Zwischenfrucht – Zuckerrüben. Sowohl im Jahr 2005 als auch 2006 stand auf den Flächen des Hirseversuches Winterweizen als Vorfrucht.

Erste Ergebnisse

Als zentrale Größe zur Beschreibung der frühen Vitalität und Wüchsigkeit von Sorghum dient der Feldaufgang der einzelnen Sorten. Zwischen den Sorten und Sorghumtypen bestehen deutliche Unterschiede im Feldaufgang (Tab. 1). Dies lässt vermuten, dass die Saatgutpartien je nach Herkunft

in sehr verschiedenen Umwelten erzeugt wurden, deren Einfluss sich am Aussaatort im Feldaufgang widerspiegelt. Gemittelt über alle Sorten lag der Feldaufgang in beiden Versuchsjahren bei 60 %.

	Feldaufgang %	(Min. – Max.)
Sudangras	66,4	(51,2 – 77,4)
Futterhirse 1	63,9	(21,9 – 82,7)
Dual Purpose-Hirsen	60,6	(39,4 - 68,4)
Futterhirse 2	58,3	(34,5 – 75,7)
Zuckerhirse	57,2	(25,2 – 81,8)
Körnerhirse	49,4	(24,4 – 68,7)

Tab. 1: Feldaufgang (%) im Jahr 2007 nach Sorghumtypen getrennt am Standort Straubing.

Unterschiedliche Saat- und Erntetermine an vier verschiedenen bayerischen Standorten zeigten, dass die Sorghumhirse zur Ausschöpfung ihres Ertragspotenzials eine ausreichend lange Vegetationsdauer benötigt, die nach den Ergebnissen des ersten Prüfjahres auf mindestens 120, besser 150 Tage anzusetzen ist (Tab. 2). Dies ist ein Hinweis darauf, dass unter zentraleuropäischen Klima- und Langtagsbedingungen der angenommene Vorteil einer kurzen Vegetationsperiode (laut FAO- und Züchterangaben 90 – 120 Tage) von den Pflanzen nicht ganz realisiert werden kann.

In beiden Versuchsjahren zeigt sich am Standort Straubing, dass die Temperatursumme von 2.500 °C während der relevanten Vegetationszeit kaum erreicht wird. Die Temperatursumme im Zeitraum vom 20.05. bis 30.09. lag im Mittel der beiden Versuchsjahre bei 2240 °C. Ohnehin geringe Trockensubstanzgehalte (TS) erreichen Sorghumsorten mit photoperiodischer Sensitivität (pps), die erst im September bei Tageslängen kleiner 12,5 Stunden die Rispe schieben und daher erst spät mit der Abreife beginnen. Sorten mit ausgeprägter pps-Eigenschaft sind vor allem in Zuckerhirsen und einigen Futterhirsen (S. bicolor) sowie in S. bicolor x S. sudanense zu finden.

In einem Tastversuch zur Produktionstechnik werden die Faktoren Saatstärke, Reihenweite und N-Düngung variiert. Beobachtungen aus dem ersten Untersuchungsjahr deuten darauf hin, dass Sorghumhirse einen geringeren N-Düngerbedarf als Silomais hat. Der Reihenabstand übte keinen nennenswerten Einfluss auf den Trockensubstanzgehalt der geprüf-

	Euerhausen	Sausenhofen	Almesbach	Nevötting
Region	Ochsenfurter Gäu	Nordbayer. Hügelland	Ostbayer. Hügelland	Moränen- Hügelland
Höhe über NN (m)	310	440	430	405
Bodenart/-zahl	uL/80	sL/55	1S/36	sL/55
Jahresnieder- schlag/ Mai-Sep. '06 (mm)	658/360	650/404	672/421	901/430
Jahrsmitteltem- peratur/ Mai- Sep. '06 (°C)	9,1/17,7	7,5/16,5	7,7/15,9	7,8/16,6
Aussaat/Ernte	25.04./11.09.	21.06./26.09.	06.06./06.10.	12.05./28.09.
TM-Ertrag (t ha ⁻¹)*	13,5 (8,6 – 16,5)	10,8 (9,4 – 13,5)	16,5 (14,3 – 21,0)	15,2 (9,4 – 22,9)
Trockensubstanz (%)*	19,8 (18,2 – 21,6)	16,6 (15,1 – 18,1)	22,6 (21,5 – 23,6)	22,8 (21,2 – 24,1)

^{*} Minimum und Maximum der geprüften Sorten in Klammern

Tab. 2: Standortkurzbeschreibung und Ertragsleistung einschnittiger Futterhirsen in Bayern 2006

ten Sorten aus, wobei sich ein leichter Vorteil für die 50 cm Reihe abzeichnete. Entgegen der Erwartung wurden bei niedrigen Saatstärken keine höheren TS-Gehalte in Sorghumhirse erreicht. Der Effekt der Saatstärke auf den Trockenmasseertrag (TM) war jedoch eindeutig und konsistent. In jedem Sortentyp wurden beachtliche Mehrerträge mit ansteigender Saatstärke gemessen. Im laufenden Versuchsjahr trat jedoch in vielen Sorten starkes Lager auf, so dass keinesfalls zu hohen Saatstärken geraten werden kann. Denn hohe Saatstärken haben eine Abnahme der Stängelstärke zur Folge, die zur Minderung der Standfestigkeit beiträgt. Unter den wenig standfesten Sorten befinden sich einige bmr-Sorten, was zumindest teilweise der Ligninreduktion in der Pflanze zuzuschreiben ist.

Im Versuchsjahr 2006 reichten die Trockenmasseerträge von 14 t/ha (Körnerhirse) bis zu 21 t/ha (Futtersorghum, Sorghum/Sudan), bei mittleren TS-Gehalten von 22,8 % (Futtersorghum) bis knapp 26 % in Sudangras (Tab. 3). Während die Ertragshöhe als befriedigend bis gut einzustufen ist,

verfehlten die TS-Gehalte, die aus der Tierfütterung bekannten Grenzwerte für eine verlustfreie Silierung (25 % – 28 %) noch deutlich. Gleichwohl übertrafen in allen genannten Sorghumtypen einige Sorten den Mittelwert des Ertrages oder des TS-Gehaltes zum Teil erheblich. In den Futtersorghum-Typen und Sorghum/Sudangras-Typen erreichten einzelne Sorten TM-Erträge von bis zu 26 t/ha.

Die Erträge einiger im ersten Versuchsjahr besonders ertragsstarken Sorten sind mit Vorbehalt in Tabelle 4 aufgeführt. Allerdings zeichnet sich eine Tendenz ab, dass hohe Erträge mit geringerem Trockensubstanzgehalt verbunden sind und umgekehrt. Dabei handelt es sich vorwiegend um spätreife Sorten, die entsprechend spät in die generative Phase treten.

	Trocken- masseertrag (t/ha)	Trocken- substanzgehalt (%)	Wuchshöhe (cm)
Futtersorghum, dry	20,4	25,6	360
Futtersorghum, juicy	19,2	21,4	310
Futtersorghum, bmr	18,0	21,4	295
Sorghum/Sudan, dry	21,1	26,4	335
Sorghum/Sudan, juicy	20,1	23,5	320
Sorghum/Sudan, bmr	17,2	22,7	295
Sudangras	18,5	25,8	285
Körnerhirse	14,0	25,1	135
Mittel	18,6	24,0	292

Tab. 3: Mittelwerte des Trockenmasseertrages, des Trockensubstanzgehaltes und der Wuchshöhe verschiedener Sorghum-Sortentypen im Jahr 2006 am Standort Lerchenhaid (Straubinger Gäu)

(Saattermin 07. Juni, Saatstärke: 37,5 Körner m⁻²)

Aus der Betrachtung der Trockenmasseerträge getrennt nach Herkunft und Sorghumtyp kann kein Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Umwelten und der Ertragsausbildung am Versuchsstandort abgeleitet werden.

Die Analyse der Pflanzeninhaltsstoffe zeigt jedoch gerade beim Zuckergehalt große Unterschiede zwischen den Sorten auf (Tab. 5). So sind einige von den Züchtern als Zuckerhirse beschriebene Sorten im hiesigen Anbau

Sorte	Genotyp	TM (t/ha)	TS (%)
Goliath	Sorghum bicolor	21,3	23,7
Sucrosorgho 506	Sorghum bicolor	23,9	20,5
Rona	Sorghum bicolor	18,3	22,3
Super Sile 20	Sorghum bicolor	19,9	21,7
Susu	S. bicolor x S. sudanense	17,5	23,6
Vercors	Sorghum sudanense	22,8	26,5

Tab. 4: Trockenmasseerträge (t/ha) und Trockensubstanzgehalte (%) gängiger Sorghumarten im Jahr 2006 am Standort Straubing

Sorte	Roh- protein (%)	Roh- faser (%)	Roh- fett (%)	Roh- asche (%)	Stärke (%)	Zucker (%)	ADF (%)	ADL (%)
Della (Futtersorghum)	6,5	25,1	1,3	5,1	<0,1	22,1	29,4	3,9
DSM 7-521 (Futtersorghum)	6,9	27,4	1,2	11,8	<0,1	20,2	27,4	2,3
Super Sile 20 (Futtersorghum)	6,9	29,4	1,2	7,4	<0,1	17,0	33,3	5,1
Rona (Futtersorghum)	6,9	23,3	1,4	8,3	5,2	14,8	28,6	4,7
Sucrosorgho 506 (Futtersorghum)	7,7	31,2	1,6	6,2	<0,1	11,9	37,5	5,9
Goliath (Futtersorghum)	7,3	33,0	1,4	9,0	<0,1	10,8	38,9	6,5
Susu (S. bicolor x S. sudanense)	8,5	26,6	2,0	6,1	14,0	7,7	32,5	5,7
Sucrosse S-1 (S. bicolor x S. sudanense)	8,0	31,7	1,5	5,4	16,4	4,3	39,4	7,1
Piper (Sorghum sudanense)	9,3	30,6	1,7	6,3	9,9	3,3	37,1	6,8
Friggo (Körnersorghum)	11,6	16,0	2,1	5,9	39,2	3,1	20,2	3,3

Tab. 5: Analysewerte (% der TS) ausgewählter Inhaltsstoffe in Sorghumhirsen

zuckerarm. Möglicherweise führen die kühlen Wuchsbedingungen verglichen zur Herkunftsregion zu einem veränderten Stoffwechsel der Pflanze.

Bereits im ersten Versuchsjahr wurde deutlich, dass die zweischnittige Nutzung von Sorghumhirsen unter bayerischen Witterungsbedingungen nicht praktikabel ist. Der geringe Ertrag und die gemessenen Trockensubstanzgehalte von maximal 16 % machen diese Nutzungsform obsolet.

Messungen zum Biogaspotenzial von Sorghum ergaben je nach Sorte und Typ eine Methanausbeute zwischen 257 und 344 l/kg organischer Trockensubstanz (oTS).

Berichte über ertragsrelevante Schädigungen durch Krankheiten und Schädlinge in Hirse liegen bislang für Deutschland noch nicht vor.

Ausblick

Die neuartige Kulturpflanzennutzung als Ganzpflanze zur Silierung und anschließenden Biogaserzeugung eröffnet die Möglichkeit, speziell unvollständig ausreifende Arten und Sorten zu nutzen.

Sorghumhirsen sind in der Anbaupraxis sowohl als Hauptfrucht denkbar, mit einer Aussaat um den 15. Mai, oder als Zwischenfrucht bis spätestens 20. Juni.

Ob Hirse als Hauptfrucht Durchsetzungspotenzial entwickeln kann, oder auf das Zweikulturnutzungssystem beschränkt bleibt bzw. eine regionale Alternative zu Mais darstellen kann, muss durch weitergehende Versuche und Sortenauswahl geklärt werden. Das laufende Jahr wird zeigen, ob die Ertragswerte aus 2006 reproduzierbar sind und welche Sorten in Bayern einer weiteren Prüfung unterzogen werden sollten. Die Auswahl der Sorten wird sich am Feldaufgang, TM-Ertrag, TS-Gehalt, an den prozentualen Anteilen der Pflanzeninhaltsstoffe und der Standfestigkeit orientieren. Durch die züchterische Bearbeitung wird in den nächsten Jahren mit einer weiteren Ertragssteigerung und Verbesserung der Kältetoleranz zu rechnen sein.

Literatur

- McCollum, T., McCuistion, K., Bean, B. (2005): Brown mid-rib and photoperiodsensitive forage sorghums. AREC 05-20.
- http://amarillo.tamu.edu/programs/agronomy/publications (Stand: 12. Februar 2007).

Autoren:

Dr. Albrecht Roller Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe Schulgasse 18, 94315 Straubing E-Mail: albrecht.roller@tfz.bayern.de

E. Sticksel, B. Widmann

Symposium

Energiepflanzen

ÖKOLOGISCHE ASPEKTE

Ökologische Begleitforschung zum Energiepflanzenanbau

Johannes Hufnagel ZALF e.V.

Einleitung

Für den Anbau von Energiepflanzen auf Ackerflächen werden traditionelle Anbausysteme angepasst oder durch neue ersetzt. Modifiziert werden im Wesentlichen Art und Betriebsmitteleinsatz für landwirtschaftliche Maßnahmen, Erntezeitpunkte, Fruchtfolgen sowie angebaute Fruchtarten. Auch neue Standorte könnten sich als geeignet für den Energiepflanzenanbau herausstellen. Im Ergebnis wird sich die Art und Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus auch regional unterscheiden. Der Energiepflanzenanbau ist wie jede Form landwirtschaftlicher Produktion eng mit Natur und Umwelt verzahnt; es ist deshalb zu erwarten, dass sich auch der Energiepflanzenanbau zwangsläufig auf Umwelt und Natur auswirken wird - sei es nun positiv oder negativ. Immer häufiger erheben sich Stimmen, die befürchten, dass der Energiepflanzenanbau per se und ausschließlich negative Folgen für die Umwelt haben wird, insbesondere dann, wenn der Landwirt maximale Energieerträge anstrebt. Für verallgemeinerbare Aussagen über mögliche ökologische Folgen sowie für Gestaltungsempfehlungen für einen umweltverträglichen Energiepflanzenanbau fehlt bisher fundiertes Wissen. Vor diesem Hintergrund wurde eine ökologische Begleitforschung für das Verbundprojekt "Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands (EVA)" initiiert. Näheres zum Projekt "EVA" findet sich im Beitrag von A. Vetter et al. in vorliegender Publikation.

Das ZALF hat im Rahmen des EVA-Verbundprojektes die Aufgabe der Abschätzung der "Ökologische Folgewirkungen des Energiepflanzenanbau" übernommen. Dabei konzentriert sich die Analyse der Folgewirkun-

gen auf die Produktion von Energiepflanzen durch die deutsche Landwirtschaft zur Produktion von Biogas. Die Aufgabe des Projektes ist es, abiotische (= Wirkungen auf die unbelebte Umwelt) und biotische (= Wirkungen auf Flora und Fauna) Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus zu beschreiben, zu analysieren und zu quantifizieren. Die abiotische Begleitforschung beschäftigt sich im einzelnen mit den Folgen des Energiepflanzenanbaus auf den Humushaushalt, die Grundwasserneubildung, den Nährstoffaustrag, die Erosion sowie die Energieeffizienz des Energiepflanzenanbaus; die biotische Begleitforschung fokussiert auf die Habitatqualität von Energiepflanzenbeständen und -anbausystemen für wildlebende Pflanzen und Tiere.

Methoden und Datengrundlage

Die zentrale Frage des Projektes lautet: "Wodurch unterscheidet sich der Anbau von Energiepflanzen systemimmanent von "traditioneller" Produktion von Marktfrüchten?"; sie lautet nicht "Welche ökologischen Folgewirkungen verursacht Landwirtschaft generell?" Aus diesem Verständnis ergibt sich der folgende methodische Ansatz: Die spezifischen ökologischen Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus werden abgeleitet, in dem Anbauverfahren und -system des Energiepflanzenanbaus mit "traditioneller" Marktfruchtproduktion ("baseline") verglichen werden. So wird beispielsweise analysiert, welche energiepflanzenbedingten ("neuen") Folgewirkungen auftreten, wenn Körnermais durch Energiemais ersetzt wird bzw. sich der Anteil von Mais in der Fruchtfolge oder in der Landschaft ändert. Dieser Ansatz gewährleistet, das spezifisch Neue des Energiepflanzenanbaus zu bewerten und nicht die ökologischen Folgewirkungen beim Maisanbau insgesamt.

Die Analyse der Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus erfolgt in zwei Schritten, die sich jeweils unterschiedlicher Datenherkünfte bedienen:

1) Daten von Parzellenversuchen, in denen das Verbundprojekt "EVA" eine Vielzahl von Energieanbauverfahren und -systemen an allen in Deutschland relevanten Ackerbau – Standorten prüft, werden mit existierenden Algorithmen und Modellen "exante" Abschätzungen durchgeführt und die ökologischen Folgewirkungen des Energiepflanzenanbaus beschreiben, analysiert und quantifiziert.

2) Daneben werden – insbesondere für die biotische Folgenabschätzung – eigene Versuche auf Praxisschlägen durchgeführt, um neuartige Aspekte des Energiepflanzenanbaus zu untersuchen und zu verallgemeinern. Die Erkenntnisse werden in ein biotisches Abschätzungsmodell ("Lebensraummodell") integriert. Am Beispiel ausgewählter Zielorganismen (Laufkäfer, Spinnen, Blütenbesucher, Beikräuter, Vögel) werden u.a. folgende Themen betrachtet: Beziehungen zwischen der Vegetationsstruktur der Energiepflanze und der Zönosenstruktur der untersuchten Organismengruppen, Beziehungen zwischen der Vegetationsdynamik der Energiepflanze und der Populationsdynamik von Organismen sowie der Einfluss veränderter Managementmaßnahmen auf Interaktionen zwischen ausgewählten Organismengruppen.

Erste Ergebnisse

Abiotische Folgewirkungen

Der "Anbauverfahrens-" und "Anbausystemvergleich" zwischen dem Energiepflanzenanbau und der "traditionellen" Produktion von Marktfrüchten zeigt folgende Unterschiede, die systemimmanent sind und zu spezifischen, abiotischen Folgewirkungen führen:

1) Bei der Produktion von Marktfrüchten wird Stickstoff in erheblichem Mengen durch den Verkauf der Marktfrüchte aus dem System exportiert - meist bleiben nur geringe Mengen in Form von Stroh auf dem Schlag zurück. Anders beim Energiepflanzenanbau: Ein hoher Prozentsatz des durch die Energiepflanzen entzogenen Stickstoffs findet sich im Gärrest wieder, wird auf die Produktionsfläche zurückgeführt und bleibt so im System. Etwa 40 Prozent des Gesamtstickstoffs im Gärrest liegen organisch gebunden vor. Die Gesamtmengen an Stickstoff im Gärrest liegen je nach Fruchtart und bei heutigen Erträgen zwischen 80 und 180 kg Stickstoff (siehe Abb. 1), wobei die Stickstoffmengen im Gärrest noch erheblich höher ausfallen können, wenn beispielsweise mit den von der Züchtung versprochenen Maissorten Erträge von bis zu 30 t TM erzielt werden (siehe Abb. 2). Die Folge ist ein erhebliches Potential für die Stickstoffauswaschung, insbesondere dann, wenn die mit dem Gärrest ausgebrachten Stickstoffmengen bei der mineralischen Düngung nicht angemessen berücksichtigt werden. Dies ist nicht immer ganz einfach: die Verfügbarkeit des mit dem Gärrest ausgebrachten Stickstoffs wird stark von der Witterung beeinflusst, was eine zeitliche und mengenmäßige Abstimmung von Stickstoffangebot und Stickstoffbedarf erschwert. In diesem Zusammenhang ist noch zu prüfen, ob ganz auf eine mineralische Stickstoffdüngung verzichtet werden kann.

Auf der Ebene des Anbausystems wird die Gefahr der Stickstoffauswaschung erhöht, wenn durch Futtermittel oder Kosubstrate zusätzlicher Stickstoff ins System importiert wird, sie wird dementsprechend verringert, wenn Stickstoff exportiert wird, z.B. durch Abpressen und Verbrennen der Feststofffraktion bzw. durch Verkauf des trockenen und pelletierten Gärrestes als Dünger.

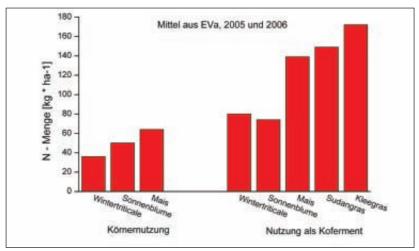


Abb. 1: Verbleib an Stickstoff im Stroh bei Körnernutzung sowie Rückführung an Stickstoff durch den Gärrest für ausgewählte Fruchtarten; Datengrundlage: EVA-Versuche, Standort Dornburg, Erntejahre 2005 und 2006, KTBL, 2005.

2) Anders als bei der Produktion von Marktfrüchten, wird bei der energetischen Verwertung von Pflanzen in der Biogasanlage der gesamte, in der oberirdischen Biomasse gebundene Kohlenstoff abgefahren und nur ein kleiner Teil mit dem Gärrest auf die Fläche zurückgebracht. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob die mit dem Gärrest zurückgebrachte Menge an Kohlenstoff ausreicht, um eine ausgeglichene Humusbilanz zu gewährleisten. Abb. 3 zeigt die Humusbilanz von ausgewählten Fruchtarten bei Körnernutzung und bei Nutzung in

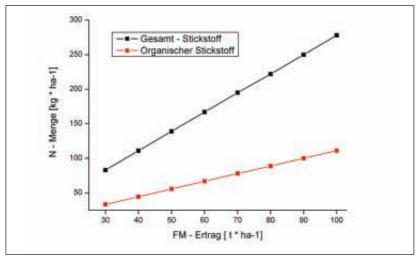


Abb. 2: N-Mengen im Gärrest in Abhängigkeit des Maisertrages; Datengrundlage: Annahmen aus EVA abgeleitet.

der Biogasanlage. Bei Körnernutzung ist die Humusbilanz ausgeglichen oder positiv, bei energetischer Verwertung trifft dies nur für Triticale und Grünroggen-GPS sowie für Luzerne zu, die Humusbilanz von Mais ist deutlich negativ.

Auf "Anbausystemebene" (z.B. Betrieb, Fruchtfolge) verschlechtert sich die Humusbilanz zusätzlich dann, wenn aufgrund steigender Methanausbeute weniger Kohlenstoff auf die Flächen zurückgebracht wird oder Kohlenstoff über das Abpressen der Feststofffraktion der Biomasse oder über getrocknete Gärsubstrat-Pellets aus dem System exportiert wird. Verbessert wird die Humusbilanz auf Systemebene dann, wenn eine energetische Nutzung mit der Produktion von Marktfrüchten abwechselt oder unproduktive C-Verluste reduziert werden, z.B. während der Silierung. Weitere Schritte zur Verbesserung der Humusbilanz ist der Import von Kohlenstoff über Futtermittel sowie durch externe Co-Substrate oder von Flächen, die ohnehin eine positive Humusbilanz aufweisen wie z.B. Dauergrünland. Die zuletzt genannten Maßnahmen erhöhen jedoch – wie oben erläutert – die Gefahr einer Stickstoffauswaschung. Dies führt im Energiepflanzenanbau zu einem Dilemma, das es noch zu lösen gilt.

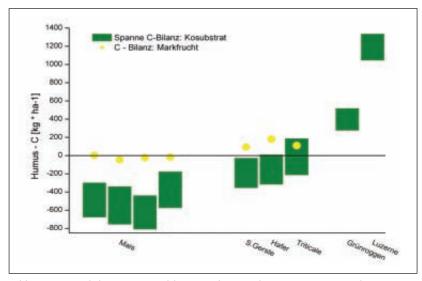


Abb. 3: Humusbilanz ausgewählter Fruchtarten bei Körnernutzung bzw. energetischer Nutzung in der Biogasanlage, berechnet mit REPRO für unterschiedliche Humusreproduktionsleistungen des Gärrestes sowie der Annahme, dass der Gärrest vollständig auf die jeweilige Produktionsfläche zurückgeht. Datengrundlage: EVA-Versuche, Standort Dornburg, Erntejahre 2005 und 2006, KTBL, 2005, GUTSER, 2006.

3) Der Vergleich der Anbauverfahren von Energiepflanzen mit denen der traditionellen Produktion von Marktfrüchten lässt keine gravierenden Unterschiede erkennen, was die die Folgewirkungen hinsichtlich Windund Wassererosion, Bodenverdichtung sowie Grundwasserneubildung erkennen. Es ist jedoch auf das große Potential zu verweisen, das im Energiepflanzenanbau steckt, um die genannten Probleme im Vergleich zur traditionellen Produktion deutlich zu reduzieren.

Auf Systemebene verursacht der Energiepflanzenanbau immer dann Umweltprobleme, wenn der Flächenanteil "negativer" Früchte (z.B. Mais) in der Fruchtfolge oder der Fläche zunimmt, eine Verengung der Fruchtfolge zu einem höherem Pflanzenschutzmitteleinsatz (z.B. Raps) führt, der Anbau ausgedehnt wird auf Standorte, die bisher deutlich extensiver genutzt wurden oder für die jeweilige Fruchtart ungeeignet sind sowie immer dann, wenn eine Umnutzung per se zu Umweltpro-

blemen führt (z.B. Grünlandumbruch). In den genannten Punkten unterscheidet sich der Energiepflanzenanbau **nicht** von der traditionellen Produktion von Marktfrüchten.

Biotische Folgewirkungen

Mit der Einführung des Energiepflanzenanbaus gehen folgende systemimmanente Veränderungen auf Anbauverfahrens- und Anbausystemebene gegenüber der "traditionellen" Produktion von Marktfrüchten einher, welche die Nutzung der Anbauflächen mit Energiepflanzen als Habitat für wildlebende Tiere und Pflanzen wesentlich modifizieren können:

1) Die Orientierung auf optimale Silagequalitäten, eine hohe Schnittanzahl auf dem Dauergrasland, den verstärkten Anbau von Zwischenoder Zweitfrüchten resultiert in zeitlich vorgezogenen Ganzpflanzenernten, vorgezogenen Schnittterminen bei einer Vielzahl von Anbaukulturen, welche im konventionellen Marktfruchtanbau einer Körnernutzung oder Anwelksilage-, Grünmasse- bzw. Heunutzung unterliegen. Die vorgezogenen Erntetermine führen dazu, dass ein Teil der an diese Kulturarten angepassten wildlebenden Pflanzen- und Tierarten ihren Reproduktionszyklus nicht mehr beenden können und dadurch die Populationen geschwächt werden. Abb. 4 stellt diesen Zusammenhang am konkreten Beispiel der Beikrautflora in einem Winterweizenschlag im Untersuchungsgebiet Thüringen dar. Von dem vorgezogenen Erntetermin sind nicht alle Arten betroffen. Ein Teil der auf den Ackerflächen vorkommenden Arten vermehrt sich generell nicht über Samen (z.B. vegetative Beikräuter) oder erreicht in Winterweizen generell keine Samenreife (zufällig vorkommende Arten). Im dargestellten konkreten Fall sind 5 Arten (20 %) durch den vorgezogenen Erntetermin direkt betroffen und erreichen die Samenreife im Vergleich zum herkömmlichen Erntetermin nicht mehr. Auch wenn diese Zahl von Jahr zu Jahr leicht variieren kann, bringt sie jedoch den Stellenwert des vorgezogenen Erntetermins zum Ausdruck. Arten der Agrarflächen sind generell an solche Störungen, wie einen vorgezogenen Erntetermin, angepasst und werden durch eine einmalige oder in der Fläche wechselnde Ganzpflanzenernte nicht nachhaltig in ihrer Populationsdynamik gestört. Bedeutung erlangt diese Verfahrensänderung jedoch dann, wenn die Ganzpflanzenernte mehrjährig hintereinander auf derselben Fläche oder auf einem Großteil der Betriebsfläche angewandt wird.

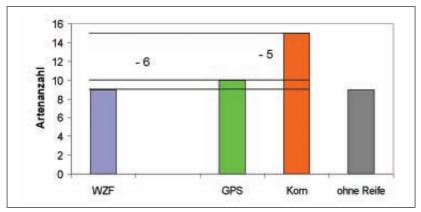


Abb. 4: Einfluss der Erntezeitpunkte in Winterweizen auf die Samenreife der Beikräuter. Dargestellt ist die Anzahl von Arten des regionalen Arteninventars, die bei den verschiedenen Ernteterminen ihre Samenreife erreichen, bzw. die Differenz zwischen den einzelnen Terminen (Vorläufige Ergebnisse aus Praxisversuchen, Thüringen 2006, WZF = Winterzwischenfrucht, GPS = Ganzpflanzenernte)

2) Im Rahmen des Energiepflanzenanbaus wird eine Reduktion des Faktoreneinsatzes, u.a. beim Pflanzenschutz, möglich, weil insbesondere hinsichtlich der Qualität des Erntegutes niedrigere Ansprüche gelten als beim Marktfruchtanbau für z.B. die Herstellung von Lebensmitteln. Dies trifft vor allem für den Einsatz von Fungiziden, Insektiziden und Halmstabilisatoren zu. Insofern keine deutliche Reduktion des Biomasseeintrages eintritt, kann auch der Herbizideinsatz abgesenkt, der Aufwand an mineralischer Düngung vermindert und verstärkt reduzierte Bodenbearbeitung eingesetzt werden. Für die auf dem Ackerland wildlebenden Pflanzen und Tiere sind diese Maßnahmen sehr bedeutsam. Ein reduzierter Faktoreneinsatz könnte generell dazu beitragen, die Vielfalt und Individuendichten in allen Artengruppen zu erhöhen, sowohl bei den Beikräutern, Laufkäfern, Spinnen als auch bei den Blütenbesuchern. Darüber hinaus werden dadurch auch die Nahrungsketten stimuliert. Unsere bisherigen Felduntersuchungen ergaben in diesem Zusammenhang, dass eine erhöhte Restverunkrautung, wie sie im Falle eines reduzierten Herbizideinsatzes zu erwarten ist, u.a. die Diversität der Blütenbesucher deutlich befördert. Der Effekt

der Restverunkrautung erwies sich dabei als stärker als der Effekt des Anbaus von Kulturpflanzen bzw. Kulturpflanzenmischungen mit einem insektenrelevanten Blühaspekt. Die Möglichkeit zur Reduktion des Faktoreneinsatzes und im Falle des Pflanzenschutzes vor allem zur Reduktion des Vorsorgeaufwandes wird wesentlich von der Stellung der Energiepflanzen im Fruchtwechsel bestimmt. Werden Energiepflanzen im Wechsel mit Marktfrüchten angebaut, dann ist eine Reduktion des Vorsorgeaufwandes beim Energiepflanzenanbau nur beschränkt möglich und ggf. positive Effekte einer einmaligen Reduktion verpuffen schnell. In reinen Energiepflanzenfruchtfolgen kann der Faktoreneinsatz stärker und dauerhafter gesenkt werden, womit sich positive Effekte auf die wildlebenden Zönosen aber auch relevante Effekte auf den Biomasseertrag akkumulierend verstärken können. Um letzteren Effekt auszuschließen, bedarf es einer bisher noch fehlenden Anpassung der Bekämpfungsrichtlinien (Schadschwellen) für den Energiepflanzenanbau.

3) Zu den am häufigsten im Zusammenhang mit dem Energiepflanzenanbau geäußerten Befürchtungen gehört die Annahme einer weiteren Einengung und Uniformierung des Fruchtartenspektrums. Diese Befürchtungen sind durch die aktuell wahrnehmbare Situation, insbesondere den zu beobachtenden Trend zur Zunahme des Maisanbaus, genährt. Im Gegensatz zu der momentanen Situation steht die grundsätzlich gegebene Möglichkeit, im Rahmen des Energiepflanzenanbaus auf Kulturarten, Sorten und Mischanbauvarianten zurück zu greifen, die als Marktfrüchte nicht vermarktbar sind. Es bestehen also zahlreiche Optionen zu einer Aufweitung und Diversifizierung des Kulturpflanzenanbaus. Hier zeigt sich eine klare Dissonanz zwischen den vorhandenen Potenzialen und der gegenwärtigen Situation. Die damit verbundenen biotischen Auswirkungen sind weitreichend. Nahezu jede einzelne Kulturart verfügt aufgrund ihres speziellen Anbauzeitraumes, ihrer speziellen Vegetationsstruktur und Mikroklimas, über ihren Blühaspekt, ihre Neigung zur Ausbildung von Streu- und Vegetationsschichten etc. über speziell angepasste wildlebende Pflanzen- und Tierarten, die bevorzugt in einzelnen Kulturartenbeständen günstige Habitatbedingungen finden. Über diesen Effekt wirkt eine Kulturartenvielfalt auch gleichzeitig generell diversitätsfördernd für alle auf den Ackerflächen lebenden Organismengruppen. Dieser Effekt ist umso stärker, je stärker sich die angebauten Kulturarten in ihren strukturellen und dynamischen Eigenschaften unterscheiden, zum Beispiel beim Wechsel von überwinternden und Sommerkulturen oder die Einbindung mehrjähriger Kulturarten (z.B. Ackerfutter). Je abwechslungsreicher die Fruchtfolgen, umso stärker der Beitrag der Anbauflächen für die Artendiversität (β-Diversität) auf Landschaftsebene. Die Verengung der Fruchtfolgen oder der Anbau in Monokulturen wirkt genau gegensätzlich, stark diversitätsreduzierend. Über die Nahrungsketten sind durch diese Effekte nicht nur die auf dem Acker lebenden Arten, sondern auch über die Nahrungsketten auch Kleinsäuger, Wildtiere und Vögel der Offenlandschaften betroffen. Abb. 5 vergleicht den Beitrag einzelner Fruchtfolgen aus dem EVA-Verbundprojekt am Standort in Mecklenburg-Vorpommern für die Diversität in der Beikrautflo-

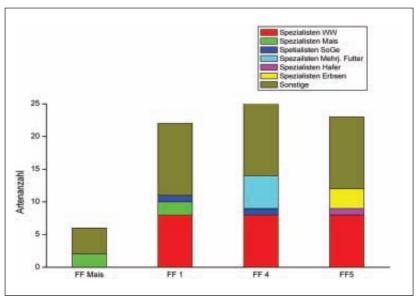


Abb. 5: Beitrag verschiedener Energiefruchtfolgen auf die Vielfalt in der Beikrautflora im Vergleich zum Anbau von Energiemais in Monokultur. Vorläufige Ergebnisse aus Praxisversuchen am Standort Lübesse in Mecklenburg-Vorpommern 2006. Kalkuliert aus der ermittelten Bindung des Vorkommens einzelner Beikrautarten an den Anbau spezifischer Kulturarten (Abkürzungen: SoGe = Sommergerste, WW = Winterweizen, Ha = Hafer, 2* = zweijährig, FF = Fruchtfolge).

- ra mit dem Anbau von Mais in Monokultur. Die Monokultur bietet in diesem Falle nur einem Viertel der regionalen Beikrautarten Lebensraum und würde dauerhaft zu einem starken Artenrückgang führen. Die anderen Fruchtfolgen unterscheiden sich vor allem hinsichtlich des speziellen Beitrages der mehrjährigen Fruchtarten. Der dargestellte Gesamtzusammenhang ist auch in der dargestellten Relation für die anderen untersuchten Artengruppen (Blütenbesucher, Laufkäfer, Spinnen) zutreffend.
- 4) Zusätzlich zu den im bisherigen Marktfruchtanbau können für eine energetische Nutzung völlig neuartige Kulturarten, Sorten und Mischkulturen angebaut werden. Damit können neuartige Habitatbedingungen in Agrarlandschaften entstehen, aber auch alte "vergessene" Kulturarten zurück in den Anbau gebracht werden. Durch den Anbau neuartiger Kulturpflanzen können vor allem die in agrarischen Artengemeinschaften typischen stark einseitigen Dominanzen einzelner Arten abgeschwächt und u.a. lokal gefährdete Arten bzw. Artengruppen gezielt gefördert werden. Abb. 6 verdeutlicht die zu erwartenden Effekte am Beispiel des Ersatzes von Mais durch Sudangras auf der Grund-

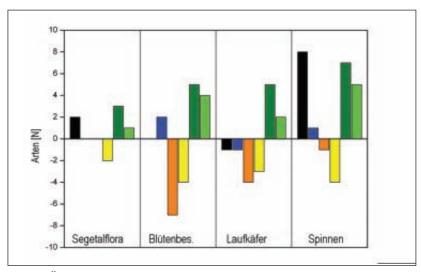


Abb. 6: Änderungen in den Artenanzahlen verschiedener Organismengruppen durch den Ersatz von Mais durch Sudangras (Zu- und Abgänge in den Artenanzahlen, Ergebnisse aus Praxisversuchen, Thüringen 2005).

lage von regionalen Erhebungsdaten aus dem EVA-Projekt. Neben leichten Veränderungen bei den Arten, die in nahezu allen Kulturarten vorkommen (Generalisten), gehen zunächst die an Mais angepasste Spezialisten zurück. Dafür treten neue Arten auf, die z.B. mit der veränderten Bestandesstruktur im Sudangras besser zurecht kommen. In der Gesamtbilanz bedeutet dies am Beispiel der dargestellten einjährigen Untersuchungsdaten eine Zunahme bei den Spinnen und Beikräutern durch den Sudangrasanbau und einen leichten Rückgang bei den Laufkäfern, während sich die Blütenbesucher in der Artenanzahl nicht verändern würden. Über die Veränderung in der Artenanzahl hinaus war durch den Sudangrasanbau vor allem ein Rückgang in den Individuendichten, vorzugsweise bei den im Mais sehr dominanten Arten der Blütenbesuchern, Laufkäfern und Spinnen zu verzeichnen. Im Falle einer Fruchtwechselstellung würden sich die spezifischen Effekte von Mais und Sudangras additiv ergänzen. Erst ein mehrjähriger Ersatz könnte zu Veränderungen in der Artenanzahl und in der Zusammensetzung der vorkommenden Artengemeinschaften.

Literatur

- GUTSER R., EBERTSEDER (2006): Die Nährstoffe in Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern ein unterschätztes Potenzial im Nährstoffkreislauf landwirtschaftlicher Betriebe. In KTBL: Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern in der Landwirtschaft Nutzen und Risiken, 7 22. KTBL-Vortragstagung vom 19. bis 20. April 2006 in Osnabrück, KTBL-Schrift 444, 272 S.
- KTBL, (KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRT-SCHAFT), (HRSG.), 2005: Faustzahlen für die Landwirtschaft, 13. Aufl., Darmstadt, 1095 S.

Autor:

Johannes Hufnagel

ZALF e.V.

Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg (Mark)

E-Mail: jhufnagel@zalf.de

Michael Glemnitz, Matthias Willms

Strategien zur naturverträglichen Biomassebereitstellung

Prof. Alois Heißenhuber Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues der TU München

1. Hintergrund

Die Frage nach der Naturverträglichkeit der Biomasseerzeugung und bereitstellung stellt sich generell, unabhängig davon, ob diese Biomasse im Energie- oder im Nahrungsmittelbereich Verwendung findet. Derartige Fragen rücken heute deshalb in den Vordergrund, weil auf der Grundlage der politischen Rahmengestaltung (EEG, Kraftstoffquotenregelung, u.a.) regional teilweise eine deutliche Ausweitung bestimmter Kulturen erfolgt.

Der Betreiber einer Bioenergieanlage muss, insbesondere vor dem Hintergrund steigender Erzeugerpreise für agrarische Rohstoffe und aufgrund gestiegener Flächenkonkurrenz, bestrebt sein, eine möglichst hohe energetische Ausbeute pro Hektar zu erzielen. Der höchste Ertrag wird derzeit überwiegend durch Anbau von Mais erzielt. Nicht zuletzt daraus können sich Konflikte hinsichtlich der Naturverträglichkeit des Energiepflanzenanbaus ergeben. Der Anbau des Maises erreicht im nationalen Gesamtumfang gegenwärtig in etwa das Niveau seiner Hochphase zu Beginn der Neunziger Jahre.

Landwirtschaftliche Erzeuger können bei hohen Nahrungsmittelpreisen ihre Verdienstmöglichkeiten zwischen dem Verkauf der Biomasse an Biogasanlagenbetreiber und dem erzielbaren Markterlös für Nahrungsund Futtermittel abwägen. Zur Wahrung einer höheren Einkommensoption ist es aus Erzeugersicht vielfach vorteilhaft, Pflanzen anzubauen, die sich für verschiedene Verwertungspfade eignen. Die Naturverträglichkeit bei der Biomassebereitstellung ist daher derzeit nicht geringer einzustufen wie beim Anbau von entsprechenden Pflanzen für die Nahrungsmittelerzeugung.

Was aber bedeutet die zunehmende Nutzung landwirtschaftlicher Fläche mit Energiepflanzen im regionalen und Standort bezogenen Kontext? Zur Beantwortung dieser Frage wurde eine Methodik¹ entwickelt, die Aussagen zur Naturverträglichkeit des Energiepflanzenanbaus in Abhängigkeit des jeweiligen Standortes treffen kann. Die Ergebnisse sollen in Planungen² und Potenzialabschätzungen einfließen und als Diskussionsgrundlage für regionale Prozesse dienen.

2. Ökologische Risikoanalyse

Die hier getroffenen Aussagen zur Naturverträglichkeit basieren auf einer Ökologischen Risikoanalyse. Diese berücksichtigt in Anlehnung an Untersuchungen der Europäischen Umweltagentur (EEA 2006) Auswirkungen wie Bodenerosion durch Wasser und Wind, Bodenverdichtung, Nährstoffauswaschung, Pflanzenschutzmitteleinträge und Auswirkungen auf die Biodiversität. Darüber hinaus werden Schutzgebiets- und Erhaltungsziele existierender Naturschutzflächen in die Analyse des regionalen Landschaftshaushaltes einbezogen.

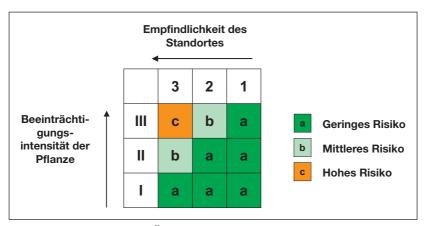


Abb. 1: Risikomatrix in der Ökologischen Risikoanalyse (vgl. Scholles 1999, verändert)

 $[\]frac{1}{2}$ vgl. hierzu Kleinschmit et al. (2006) $\frac{2}{2}$ siehe auch Schultze & Köppel (2007)

Die Risikoeinstufung hinsichtlich der Naturverträglichkeit ergibt sich aus der Beeinträchtigungsintensität einer Kulturpflanze und der Empfindlichkeit des Standortes (vgl. Abb. 1).

Beispielsweise ist das Erosionsrisiko des Maisanbaues ganz entscheidend von den Standortbedingungen (Bodenart, Hangneigung, u.a.) abhängig.

Die Risikoeinstufung ist am Beispiel eines Ackerschlags der Beispielregion in Abbildung 2 dargestellt. Der Standort weist aufgrund seiner Hangneigung hinsichtlich des Bodenabtrags durch Wasser eine hohe Empfindlichkeit (Stufe 3) auf. Wird auf diesem Standort Mais (ohne Mulchsaatverfahren, Stufe III) angebaut, so ist das Risiko der Umweltbelastung als hoch einzustufen. Durch Mulchsaatverfahren (Stufe II) ließe sich das Risiko auf ein mittleres Niveau zurückfahren.

Für die Gesamtfläche einer Region ergeben sich aus der Verschneidung der Beeinträchtigungsintensität der Kulturpflanzen und der Verknüpfung mit der Empfindlichkeit des Standortes verschiedene Flächenkategorien:

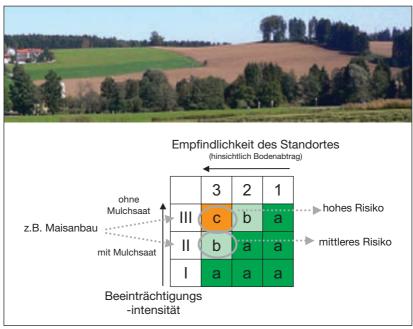


Abb. 2: Ökologische Risikoanalyse: Ermittlung des Umweltrisikos am Beispiel eines Ackerschlages

- a. Flächen, für die keine Einschränkung hinsichtlich des Anbaues bestimmter Energiepflanzen vorliegt
- b. Flächen, bei denen die Naturverträglichkeit über die Einhaltung von Anbauauflagen gewährleistet wird
- c. Flächen, bei denen der Anbau bestimmter Energiepflanzen vermieden werden sollte.

In einem Entscheidungsbaum ist für einzelne Kulturpflanzen festgelegt, welcher der drei differenzierten Flächentypen Teilflächen der Region zuzuordnen ist. Die Zuweisung der Ackerfläche erfolgt mittels einer Geoinformationsanalyse. Hierbei wird die gesamte landwirtschaftliche Ackerfläche⁴ differenziert dargestellt.

3. Ergebnisse der Ökologischen Risikoanalyse

In Abbildung 3 ist exemplarisch das Ergebnis der Geoinformationsanalyse für das Beispiel Maisanbau in einer der beiden Untersuchungsregionen dargestellt.

Nach den Vorgaben der Naturverträglichkeit entfallen in der Ökologischen Risikoanalyse von den rund 44.000 ha im Untersuchungsgebiet 48 Prozent auf eine Nutzung, die lediglich eine Einhaltung der guten fachlichen Praxis verlangt. 43 Prozent bedürfen beim Anbau von Mais der Einhaltung spezifischer Nutzungsauflagen. Dabei sind bei 18 Prozent Boden schützende Maßnahmen, bei knapp 30 Prozent Verdichtung vermindernde und bei rund 20 Prozent Maßnahmen zur Minderung des Pestizideintrages für die Gewährleistung der Naturverträglichkeit erforderlich. An einem Teil der Standorte müssen Maßnahmenkombinationen erbracht werden. Auf rund 4.000 Hektar bzw. 9 Prozent der Ackerfläche erscheint ein Anbau von Silomais nicht angeraten. Ursächlich ist diese Nutzungsbeschränkung für Silomaisanbau auf die hohen Risiken eines Bodenabtrages – beispielsweise wegen zu großer Hangneigung – oder des Austrags von Pestiziden – beispielsweise wegen stark durchlässiger Böden – zurückzuführen. Grundsätzlich stehen diese Flächen aber für eine Nutzung mit anderen Energiekulturen zur Verfügung.

⁴ Anmerkung: Gründland soll nach den Vorgaben von Cross Compliance unberührt bleiben.

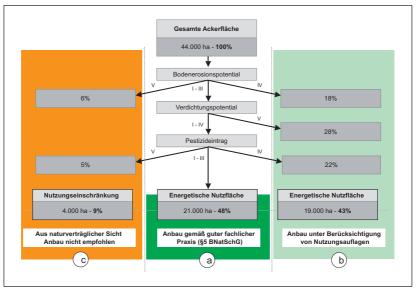


Abb. 3: Ackerflächenverteilung nach den Naturverträglichkeitsregeln einer Ökologischen Risikoanalyse für den Maisanbau (Beispielregion Chiemgau)

4. Diskussion und Ausblick

Die Methodik der Ökologischen Risikoanalyse hat sich als sachgerechtes Instrument bei der standörtlichen Differenzierung der landwirtschaftlichen Flächennutzung erwiesen. In der Ökologischen Risikoanalyse werden dieselben Umweltaspekte abgedeckt, die von den Bestimmungen von Cross Compliance erfasst werden (vgl. Abb. 3). Jedoch ist die grundsätzlich unterschiedliche Ausrichtung der beiden Instrumente zu berücksichtigen. Das Verfahren der Ökologischen Risikoanalyse ist stark ergebnisorientiert und dabei aufwändig in der Durchführung. Cross Compliance ist hingegen stark handlungsorientiert und zielt auf einen vergleichsweise geringeren Kontrollaufwand ab.

Für die Verbesserung der Naturverträglichkeit im Energiepflanzenanbau bzw. allgemein der landwirtschaftlichen Flächennutzung sollte gewährleistet werden, dass Cross-Compliance-Forderungen vollständig und konsequent realisiert werden. Für die Bereitstellung von Biomasse und die

Indikatoren Ökologische Risikoanalyse	Indikatoren Cross Compliance
•Bodenabtrag durch Wasser und Wind	•Erosionsvermeidung : mindestens 40% der Ackerfläche zw. Dez. und Februar bewachsen
•Nährstoffauswaschung	*Düngeverordnung: Höchstwerte (170 kg N), Bilanzierung mit max. möglichem Austrag
•Verdichtung	*Organischen Substanz und Bodenstruktur : mindestens drei Kulturen/ Humusbilanz/ Bodenhumusuntersuchung
•Schadstoffeintrag	•Pflanzenschutzrichtlinie
-Biotopentwicklungspotenzial nach Schutzwürdigkeit	•FFH-Richtlinie: Verweis auf Bewirtschaftungsvorgaben bzwauflagen
•/NVEKOS -Daten	-Erhalt des Dauergrünlandes - Basiswert- Änderungen um -8% bzw10% erfordem Gegenmaßnahmen

Abb. 4: Indikatorenvergleich Cross Compliance und Ökologische Risikoanalyse

Nutzung von Gärresten sollte die Einhaltung der noch tolerierbaren Nährstoffüberschüsse anhand betriebs- und schlagbezogener Nährstoffbilanzen sichergestellt werden. Dabei sind selbstverständlich auch die in der zugekauften Biomasse enthaltenen Nährstoffe zu erfassen. In der Beratung sollten diesbezüglich regional bezogene Lösungsmöglichkeiten zur Anbauoptimierung bereitgestellt werden.

Wie sich in der Ökologischen Risikoanalyse gezeigt hat, treten in der Region Flächen auf, bei denen die Einhaltung der Cross-Compliance-Forderungen gegenwärtig erfolgt, bei denen jedoch eine weitergehende Naturverträglichkeit – je nach regionaler Ausgangssituation bzw. Bedarfseinschätzung – erfolgen könnte oder sollte. Die Gewährleistung dieser weitergehenden Naturverträglichkeit könnte im Rahmen einer differenzierten Agrarpolitik und über Direktzahlungen für erbrachte oder entgangene Leistungen erfolgen.

Von staatlicher Seite wird im Rahmen einer stärker regionalisierten Ausrichtung dem landwirtschaftlichen Erzeuger demnach für die Erlangung von Leistungen, die über das Niveau der Cross-Compliance-Forderungen hinausgehen, der Verzicht auf das Recht der alleinigen Anbauentscheidung entgolten. Entsprechende regionsspezifische Leistungen sollten Gegenstand der regionalen Entwicklungsplanung sein und durch konkrete ökologisch-ökonomische Managementziele untermauert werden. Die Höhe der regionalisierten Direktzahlungen sollte sich an den regionalen Verdienstoptionen bei Anwendung höherer Nutzungsintensitäten orientieren.

Zur Identifikation zukünftiger Lösungen kann unter Berücksichtigung einer konkreten Kostengrundlage abgewogen werden, welches Niveau an Umwelt- und Naturschutz erwünscht ist. Die Ermittlung des Ökologischen Risikopotenzials kann im regionalpolitischen Kontext als Basis für die Einhaltung von Naturverträglichkeit bei auftretenden Flächenkonkurrenzen und zu erwartenden Intensivierungen – im Kontext des Ausbaus der Bioenergie bzw. steigender Nahrungsmittelpreise – dienen und den Prozess der Identifikation von regionalisierten Handlungsoptionen unterstützen.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist es notwendig, die mit dem Biomasseanbau verbundenen Kosten – Naturverträglichkeitskosten, externe Transportkosten u.a. – zu ermitteln, um diese den Kosten von wirkungsgleichen Alternativen gegenüber zu stellen. Der Einsatz von Biomasse im Energiebereich kann dann erfolgen, wenn die daraus gewonnenen Energieträger volkswirtschaftlich kostengünstiger sind als die fossilen Energieträger bzw. als wirkungsgleiche Alternativen.

Danksagung

Der Beitrag baut wesentlich auf die Untersuchungen im Rahmen des Verbundprojektes "Strategien zur naturverträglichen Biomassebereitstellung auf Landkreisebene – am Beispiel der Regionen Ostprignitz-Ruppin/Brandenburg und Chiemgau/Bayern" auf. Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) für die finanzielle Unterstützung unserer Forschungsarbeit sowie den Kollegen Johann Köppel, Birgit Kleinschmit, Britta Korte und Christian Schultze von der TU Berlin.

Literatur

 EEA (European Environmental Agency) (2006): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? Report No 7/2006 ISSN 1725-9177. Copenhagen.

- Kleinschmit, B.; Förster, M.; Korte, B.; Ross, L. (2006): Energie vom Acker. GIS in der Energiewirtschaft – Teil 3: Potenziale und Risiken des Biomasseanbaus. In: GIS-Business 8: 25 – 27.
- Scholles, F. (1999): Gesellschaftswissenschaftliche Grundlagen. Planungsmethoden Die ökologische Risikoanalyse und ihre Weiterentwicklung. In: http://www.laum.uni hannover.de/ilr/lehre/Ptm/Ptm_BewOe.
- Schultze, C.; Köppel, J. (2007): Gebietskulissen für den Energiepflanzenanbau?
 Steuerungsmöglichkeiten der Planung. In: Naturschutz und Landschaftsplanung 39, (9): 269 272.

Autoren:

Prof. Alois Heißenhuber Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues der TU München-Weihenstephan Alte Akademie 14, 85350 Freising-Weihenstephan E-Mail: heissenhuber@wzw.tum.de

M. Demmeler

Nachwachsende Rohstoffe als Option für den Naturschutz

Prof. Peter Heck Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Die nachfolgenden Ausführungen sind Bestandteil der Arbeiten im Rahmen des vom BMELV über die FNR geförderten Verbundprojektes ELKE – Etablierung einer extensiven Landnutzungsstrategie auf der Grundlage einer Flexibilisierung des Kompensationsinstrumentariums der Eingriffsregelung.

Arbeitshypothese

Mit der Ausweitung von dem Naturschutz dienenden Flächen muss kein Verlust von landwirtschaftlicher Nutzfläche verbunden sein, weil extensive flächige Landnutzungsstrategien auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen als Teil einer produktionsintegrierten praktischen Naturschutzstrategie geeignet sind.

Die lokale bzw. regionale Vereinbarung von Entwicklungszielen bildet die Grundlage für die Erarbeitung einer nachhaltigen Naturschutz-/Landnutzungsstrategie. Im konkreten Bezug zur betrachteten Kulturlandschaft formulieren die darin wirkenden Akteure ökologische, ökonomische und soziale Zielvorstellungen, die das Fundament der gemeinsamen Landnutzungsstrategie bilden.

Hintergründe

Die Flächenstatistik in der BRD verdeutlicht natürliche Grenzen der endlichen Ressource Land. Denn überwiegend Siedlungs- und Verkehrsfläche nehmen auf Kosten der landwirtschaftlichen Nutzfläche zu. Derartige

Eingriffe in Natur und Landschaft lösen vielerorts (vor allem in städtischen Verdichtungsräumen) den so genannten zweiten Flächenverlust für die Landwirtschaft durch Ausgleich und Ersatz, also für Maßnahmen des Naturschutzes, aus. Im Ergebnis verzeichnet die landwirtschaftliche Nutzfläche im Bundesgebiet allein von 2005 zu 2006 eine Abnahme von 84.000 ha (STATISTISCHES BUNDESAMT 2007) – ein dramatischer Wert für eine begrenzte Ressource.

In der Praxis der Flächennutzung herrscht noch viel zu häufig segregatives Handeln vor, denn die gegenüber den Marktteilnehmern aus "Siedlung, Gewerbe, Industrie und Verkehr" weniger finanzstarke Landwirtschaft und der Naturschutz verfolgen meist unterschiedliche Ziele in der Flächennutzung. So werden in heutiger Zeit Potenziale für eine nachhaltige Landschaftsentwicklung verschenkt. Dabei spielen regional das geltende Recht, die Verwaltungspraxis und ein vielerorts fragmentarisches Akteursmanagement bei gleichzeitig unzureichender "professioneller Kenntnis übereinander" und daraus folgend "wenig Verständnis füreinander bzw. mangelnde Sensibilität für die Belange des anderen" eine mehr oder weniger große Rolle. Häufig entzieht die statische Bindung von Maßnahmen/Entwicklungszielen an eine grundbuchlich festgelegte Fläche den handelnden Akteuren wichtige Kooperationsvoraussetzungen und kostet unnötig viel Geld (z.B. durch obligaten Flächenkauf) bei gleichzeitig suboptimalem Ergebnis für Natur und Landschaft.

In jüngster Zeit leidet das bisher überwiegend positive Image der in Zukunft sicher an Bedeutung noch zunehmenden Biogastechnologie unter der landbaulichen Praxis, denn die Rohstoffbereitstellung durch intensiven Maisanbau rückt immer mehr in den Fokus der öffentlichen Diskussion. Mancherorts wird schon von einer "Vermaisung" der Landschaft gesprochen¹.

Dem gegenüber steht ein in ganz Deutschland erfolgreiches Instrument des angewandten Naturschutzes: der Vertragsnaturschutz, dessen wichtigstes Kennzeichen die Freiwilligkeit und der gerechte Leistungsaustausch der Landwirtschaft mit dem angewandten Naturschutz bei gleichzeitiger Herstellung landwirtschaftlicher Produkte ist.

Derartig populäre Wortkonstruktionen erzeugen Stimmungen und tragen nicht zu einer Versachlichung der Diskussion bei. Gleichwohl wird bereits in einigen Regionen Deutschlands die maximale Anbaukonzentration von Mais, nach Zielen der integrierten Pflanzenproduktion überschritten (BAEUMER 1990).

Hier setzt das Konzept der Mehrnutzung pro Flächeneinheit an: Denn die Umsetzung ökologischer Leistungen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in der bestehenden Flurverfassung ist ein wichtiger Baustein zur intelligenten Vernetzung von gesamtgesellschaftlichen Aufgaben mit einzelbetrieblichen Interessen und regional wirksamen landwirtschaftlichen Wirtschaftsweisen (siehe Abbildung 1).



Abb. 1: Quer denken – Schnittmengen zwischen Land-, Forst-, Energie-wirtschaft, stofflicher Verwertung und Naturschutz identifizieren, um eine extensive, lokal verankerte Landnutzungsstrategie zu erarbeiten.

Landbau, Natur-, Klimaschutz und nachwachsende Rohstoffe – quer denken

Über hunderte von Jahren hinweg sind eine Vielzahl von so genannten Biotopen in ihrer Artenzusammensetzung durch den Landbau entstanden. Allerdings hat sich in den letzten rund 60 Jahren auf der Basis gesamtgesellschaftlicher Rahmenbedingungen und des daraus abgeleiteten Strukturwandels das Erscheinungsbild und damit die Ausstattung unserer heutigen Kulturlandschaft erheblich verändert – der Geschwindigkeit und Ausrichtung dieses Landschaftswandels fielen viele Lebensgemeinschaf-

ten zum Opfer. Daher sind ohne die Unterstützung der Gesellschaft über die öffentliche Aufgabe des Naturschutzes, landbaulich unwirtschaftliche Biotoptypen wie z.B. Magerrasen, Feuchtwiesen und Streuobstwiesen nicht mehr flächig zu erhalten. Der Begriff des "grünen Kulturerbes" ist in diesem Zusammenhang durchaus angebracht und spiegelt hier nicht nur die Verantwortung der Gesellschaft sondern gerade auch die notwendige Erhaltung durch Nutzung wider - "Naturschutz durch Nutzung". Denn ohne die Verwertung der jährlich aufwachsenden Biomasse auf z.B. Magerrasen über die Beweidung würde die Grasnarbe verfilzen und die Zielarten wie z.B. Orchideen verschwinden. Der Vertragsnaturschutz in Deutschland hat mancherorts das Artensterben nicht nur aufgehalten sondern auch eine Zunahme der Artenvielfalt bewirkt. Dies belegt PROF. DR. WOLFGANG SCHUMACHER als ein Begründer des Vertragsnaturschutzes seit den 1970er Jahren eindrucksvoll für die Eifel in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz (vgl. UNIVERSITÄT BONN 2007).

Heute rückt mit dem Klimaschutz eine weitere gesamtgesellschaftliche Aufgabe in den Fokus der Öffentlichkeit. Im Ergebnis übernehmen auch hier die Landwirte wichtige Funktionen für die Gesellschaft. "... Von den insgesamt rund 12 Millionen Hektar Ackerfläche in Deutschland nutzen die deutschen Landwirte gegenwärtig gut 2 Millionen Hektar oder knapp 17 Prozent für den Anbau von Energie- und Industriepflanzen. Mehr denn je ist Biomasse eine zusätzliche Einkommensquelle für die Landwirtschaft, gleichzeitig leistet sie wachsende Beiträge zum Ersatz fossiler Rohstoffe und zum Klimaschutz² ..." (PAUL 2007). Jedoch steht hier die Erforschung und Weiterentwicklung von landbaulichen Verfahren – und auch Strategien – mit "neuen" Nutzpflanzen vor einer besonderen Herausforderung. Denn derzeit stößt der Anbauumfang von Raps und Mais mancherorts an die Grenzen der guten landbaulichen Praxis: Missernten durch Kalamitäten (Rapsglanzkäfer, Maiszünsler u.a.) und ungünstige Wetterlagen (z.B. Sommertrockenheit) belegen dies 2006 in verschiedenen Teilen Deutschlands. Eine Diversifikation des Landbaus bietet Chancen zur Minderung wirtschaftlicher wie ökologischer Risiken.

Verknüpft man nun Leistungsbilder aus dem Landbau, Natur- und Klimaschutz und versteht dies als praxisorientierte Entwicklungsaufgabe, so nimmt die Betrachtung der regionalen wie lokalen Verhältnisse eine

² Dabei können grundsätzlich Ackerkulturen mehr Kohlenstoff in Biomasse binden, umsetzen und exportieren als Grünland.

zentrale Rolle ein. Denn es gilt, ein wirtschaftlich nachhaltig tragbares wie leistungsorientiertes Konzept zu erarbeiten, das Werkzeuge für die Entwicklung einer lokalen Landnutzungsstrategie bereitstellt. Dieses Konzept wird flankiert durch die naturschutzfachliche wie bauplanerische Eingriffsregelung (Verursacherprinzip) und durch langfristiges professionelles Kulturlandschaftsmanagement, welches vertrauensvoll mit den Kommunen zusammen arbeitet (Landschaftspflegeverbände, Biotopbetreuer, Biologische Stationen, Stiftungen etc.). Kulturlandschaftsentwicklung ist mehr denn je eine anspruchsvolle Querschnittsaufgabe.

Landbaulicher Werkzeugkasten - Vielfalt herstellen

Nach dem derzeitigen Stand des Wissens (WAGENER ET AL in Vorbereitung) eignen sich insbesondere Kurzumtriebsplantagen (KUP), Agroforstsysteme³ und verschiedene z.T. perennierende C4-Pflanzen (Miscanthus, Switchgras, Sudangras und andere Hirsen) und der Gemengeanbau (Getreide-Leguminosen-Ölfrucht-Gemenge, Feldfutterbau-Gemenge usw.-C3-Pflanzen) im Zusammenhang vorhandener Fruchtfolgen oder aber auch im Rahmen des so genannten Zweikulturnutzungsystems (bei ausreichendem Wasserangebot und entsprechender Vegetationsperiode) nach GRASS & SCHEFFER (2005) für die Erarbeitung einer Landnutzungsstrategie.

Eine weitere interessante Variante ist die Erprobung von so genannten Wildkräutern, also in der Regel Gemenge von ein-, zwei- und mehrjährigen Pflanzen, als Rohstoffquelle für die Biogasproduktion. Im Projekt "Lebensraum Brache" konnten in der Praxis verschiedene ökologische wie naturschutzfachlich wertvolle Erfahrungen bei der Begrünung von Stilllegungsflächen mit artenreichen Gemengen gewonnen werden (BÖRNER 2007, vgl. auch BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU o.J.). Die konsequente Weiterentwicklung und Erprobung der dort eingesetzten Kulturmischungen für die Biogasproduktion ist eine weitere Chance zur Integration von Naturschutzleistungen in neue Landnutzungsstrategien. Grundsätzlich können solche Kulturen die Agrobiodiversität erhöhen.

Der in ELKE verfolgte ganzheitliche Ansatz stellt durch die Kombi-

³ Dabei sind KUP und Agroforst landbaulich kombinierbar - strukturreicher Bauernwald/moderner Mittelwald – bei gleichzeitigem Erhalt des Flächenstatus "landwirtschaftliche Nutzfläche".

nation von Kulturen in Raum und Zeit eine besondere Naturschutzqualität in Aussicht⁴. Dadurch erscheint eine ökologische Aufwertung intensiv landwirtschaftlich genutzter Räume (im Sinne eines hohen Betriebsmitteleinsatzes) sowohl im Flachland – Ackerbauregionen – als auch in den Mittelgebirgen – Grünlandregionen – möglich. Erste Ansätze zeigen die zunehmende Bedeutung der Landwirtschaft als Partner für die Umsetzung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, so setzt

- die Stadt Dortmund auf die Landwirtschaft als Partner ihres Ökokontos (INSTITUT FÜR REGIONALMANAGEMENT 2005),
- das Land NRW erwähnt in seinem Landschaftsgesetz (LANDESRE-GIERUNG NRW 2007) in § 4a Absatz 4 "...Maßnahmen einer naturverträglichen Bodennutzung ... auf wechselnden Flächen ..." ausdrücklich als mögliche Kompensationsmaßnahme⁵ und
- die Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen – LÖBF NRW (BIEDERMANN ET AL 2006, S. 8) bewertet ausdrücklich Maßnahmenkombinationen zur Extensivierung von Acker (flächig bzw. streifig) für die Bauleitplanung in NRW.

Wird bei der Bewirtschaftung weitestgehend auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, sowie synthetischen Düngemitteln verzichtet und allgemein die Bearbeitungsintensität minimiert, so ist der abiotische Ressourcenschutz in der Regel gewährleistet. Der Einsatz eines breiten Spektrums an Nutz- und Wildpflanzen (auch "alte/gesunde" Sorten) erhöht zudem grundsätzlich die Agrobiodiversität und damit den biotischen Ressourcenschutz bis hin zum Einsatz heimischer, für den Naturschutz interessanter Arten wie z.B. Haselnuss (Corylus avellana) und Speierling (Sorbus domestica) innerhalb von z.B. Agroforstsystemen (Produktionsziel Energieund Furnierholz, mögliche Nebennutzung Fruchtgewinnung). Gerade die Nähe dieser modernen Landbauverfahren zu traditionellen Nutzungen verdeutlicht den naturschutzfachlich zu erwartenden Wert: Agroforstsysteme – Streuobstwiese/-acker in Kombination mit KUP – Bauern-/Mittel-

⁴ "Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile", dieses Zitat wird ARISTOTELES (384 – 322 vor Christi) zugeschrieben.

⁵ LG NRW, § 4a Absatz 4: "Zur Kompensation der Beeinträchtigungen des Naturhaushalts kommen auch Pflegemaßnahmen und Maßnahmen einer naturverträglichen Bodennutzung in Betracht, die der dauerhaften Verbesserung des Biotop- und Artenschutzes dienen sowie Maßnahmen auf wechselnden Flächen, wenn deren Dauerhaftigkeit durch Vertrag des Verursachers mit einem geeigneten Maßnahmenträger gewährleistet ist."

wald, KUP – Hecken, Gemenge – "alte" Futtermischungen usw. Erste Vergleiche in anerkannten Bewertungssystemen führen im Ergebnis zu einer naturschutzfachlichen Wertsteigerung konventioneller Ackerflächen (vgl. BIEDERMANN ET AL 2006).

Der nachfolgend skizzierte landbauliche Werkzeugkasten dient der Erarbeitung regionaler Landnutzungsstrategien, die durch Standards eine erforderliche Qualität für den Naturschutz als Mehrnutzungsziel gewährleistet bei gleichzeitiger Produktion von nachwachsenden Rohstoffen (siehe Abbildung 2).

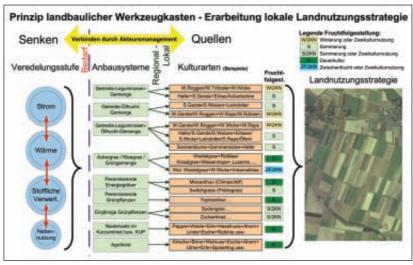


Abbildung 2: Skizze landbaulicher Werkzeugkasten

Lokale Naturschutz- und Landnutzungsstrategien erarbeiten

Durch den aktiven Ausbau eines lokalen/regionalen Akteursnetzwerkes (Kommunen, Land- und Forstwirte, Naturschützer, Jäger, Fachverwaltungen usw.) können die notwendigen Zielvorstellungen gemeinsam festgelegt werden. Daraus kann die Region ein individuelles Profil erarbeiten bzw. weiter entwickeln (Regionen stark machen in der fortschreitenden Globalisierung).

Von besonderer Wichtigkeit ist die Identifikation von lokalen Gegen-

sätzen/Konflikten, um diese möglichst aufzulösen und damit regionalen Mehrwert ökologisch, ökonomisch und sozial zu erarbeiten. Hierzu ist das Zusammenwirken aller Praktiker von entscheidender Bedeutung.

Im Ergebnis wird das bewährte Prinzip "Naturschutz durch Nutzung" sinnvoll durch die in diesem Beitrag skizzierte zeitgemäße Neuformulierung des Prinzips "Naturschutz durch Landbau" ergänzt.

Ziele und Chancen

Das hier verfolgte Mehrnutzungskonzept verstanden als systematische Verbindung von landbaulich standortangepassten "neuen" Anbausystemen im Wachstumsmarkt "nachwachsende Rohstoffe" mit einer klar definierten Naturschutzqualität kann das Problem der Flächenverfügbarkeit und damit der mancherorts beklagten Umsetzungsdefizite (vgl. KOCH 2004) im Naturschutz bei gleichzeitiger Erhaltung von landwirtschaftlicher Nutzfläche und damit der Flexibilität in der Landwirtschaft lösen – der viel beklagte zweite Flächenverlust entfällt.

Die langfristige Bewirtschaftung der Flächen kann per Vertrag (Leistung "Naturschutz durch Landbau") gewährleistet und damit die erwünschte Qualität für den Naturschutz dauerhaft gesichert werden. Dazu wird derzeit ein Kalkulationssystem entwickelt, welches in der Phase II von ELKE in die Praxis eingeführt und verifiziert wird. Die grundsätzliche Finanzierung von Landnutzungsstrategien kann bundesweit über die naturschutzfachliche und bauplanerische Eingriffsregelung und die dort verankerte Verursacherpflicht erfolgen (MICHLER ET AL 2007).

Der angewandte Naturschutz wendet sich erstmalig einem landwirtschaftlichen Wachstumsmarkt zu, in dem eine Vielzahl möglicher Kulturen platziert werden kann. In Verbindung mit einer regionalen Wertschöpfung durch die Etablierung/Nutzung lokal sinnvoller Veredelungsstufen (Biogasanlagen, Holzhackschnitzelheizungen, Pelletproduktion usw.) kann wirksamer Klimaschutz durch derartige Naturschutz- bzw. Landnutzungsstrategien umgesetzt werden. Selbstverständlich bleiben als klare Hauptaufgaben des Naturschutzes die wichtige Erhaltung von historisch begründeten Biotopen und der Artenschutz. Verknüpft man diese Aufgaben mit einem Mehrnutzungskonzept, so können extensiv bewirtschaftete Flächen über ihre Biotop verbindende Funktion zur Vernetzung von "Naturschutzinseln" beitragen.

Grundsätzliche Chancen des Mehrnutzungskonzeptes:

- 1. Die Landwirtschaft stellt den Erhalt landwirtschaftlicher Nutzfläche als Grundlage ihrer Produktion auch für die Zukunft sicher und gewinnt neue Betriebszweige.
- Der Naturschutz verankert sich prospektiv und partnerschaftlich in der Kulturlandschaftsentwicklung bisher häufig segregierter und damit durch Nutzungskonflikte geprägter Räume.
- Nachwachsende Rohstoffe werden auf "mehr" landwirtschaftlicher Nutzfläche mit hoher Biodiversität angebaut, daraus entsteht mehr Klimaschutz.
- 4. Die öffentliche Wahrnehmung beider Partner verändert sich bundesweit wie lokal grundlegend.
- 5. Das kommunale Management gewinnt ein neues Werkzeug zur Erarbeitung eines lokalen Mehrwertes.

Forschungsbedarf

Grundsätzlich sind die Wirkungen derartiger Landnutzungsstrategien⁶ aufgrund fehlender Praxisflächen nicht hinreichend untersucht. Daher ist die wissenschaftlich fundierte Einordnung eines naturschutzfachlichen Wertes basierend auf Anbaustandards und deren Honorierung bisher nicht ausreichend möglich gewesen. Insbesondere die Auswirkungen auf den Biotopverbund durch

- die Kombination von Kulturen in
- extensiven Anhauverfahren

sind im Raumverbund eines Landschaftsausschnittes von besonderem Forschungsinteresse. Die Sichtung der vorhandenen Literatur zu Untersuchungen in einzelnen Kulturen bestätigen das vermutete naturschutzfachliche Potenzial (WAGENER ET AL in Vorbereitung).

Verschiedene aktuelle Gutachten/Dokumentationen/Publikationen beschreiben im Rahmen des dort festgestellten Forschungsbedarfs oder in Form eines Fragen-/Forderungskatalogs in Teilen die in ELKE verfolgten praxisorientierten Ziele, z.B.

AGROPLAN im Auftrag der FNR: Bioenergie und Biogasförderung

⁶ Einzelne Kulturen sind untersucht und geben so Hinweise auf das Zusammenwirken verschiedener Kulturen.

- nach dem neuen EEG und ihre Auswirkungen auf Natur und Landschaft. (PÖLKING ET AL 2006)
- SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (SRU): Sondergutachten Klimaschutz durch Biomasse. (SRU 2007)
- DEUTSCHER NATURSCHUTZRING DACHVERBAND DER DEUTSCHEN NATUR- UND UMWELTSCHUTZVERBÄNDE (DNR): Fachgespräch Erneuerbare Energien und Naturschutz mit Vertretern der Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz und Landschaftspflege (LANA). (DNR 2007)
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ BfN (Hrsg.): Naturschutz und Landwirtschaft im Dialog: "Biomasseproduktion ein Segen für die Land(wirt)schaft?", BfN-Skripten 211, Bonn. (BfN 2007)

Über den hier skizzierten Projektrahmen mit den geplanten bundesweiten Modellprojekten (ab 2008) hinaus können für verschiedene bundesweit bedeutsame Überlegungen z.B. zum EEG und MAP wichtige Grundlagendaten wie Empfehlungen erarbeitet werden.

Grundsätzlich sind extensive Landnutzungsstrategien zur Biomasseerzeugung eine sinnvolle, zeitgemäße und praxisorientierte Option für den Naturschutz.

Quellen

- BAEUMER, K. (1992): Allgemeiner Pflanzenbau. 3. Auflage, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU, ABTEILUNG LANDESPFLEGE (o.J.): Wildtiergerechte Gestaltung von Stilllegungsflächen, Würzburg/Veitshöchheim.
- BIEDERMANN, Ü.; WERKING-RADTKE, J.; HAKE, D. & H. KÖNIG (2006): Numerische Bewertung von Biotoptypen für die Bauleitplanung in NRW, LÖBF, Recklinghausen.
- BÖRNER, MARCUS (Redaktion, 2007): Deutsche Wildtier Stiftung Endbericht Projekt: "Lebensraum Brache" – Wildtierfreundliche Maßnahmen im Agrarbereich – AZ 20271, Hamburg.
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ BFN (Hrsg. 2007): Naturschutz und Landwirtschaft im Dialog: "Biomasseproduktion – ein Segen für die Land(wirt)schaft?", BfN-Skripten 211, Bonn.
- DEUTSCHER NATURSCHUTZRING DACHVERBAND DER DEUTSCHEN NATUR- UND UMWELTSCHUTZVERBÄNDE - DNR (Hrsg. 2007):
 Fachgespräch Erneuerbare Energien und Naturschutz mit Vertretern der Länderar-

- beitsgemeinschaft Naturschutz und Landschaftspflege (LANA), Bonn.
- GRASS, R. & SCHEFFER, K. (2005): Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. In Natur und Landschaft 9/10, 80. Jahrgang, S. 435-439, W. Kohlhammer, Stuttgart.
- INSTITUT FÜR REGIONALMANAGEMENT IFR (2005): Landwirtschaft und Ökokonto Dortmunds neuer Gehversuch im ökologischen Ausgleich, Projektdokumentation im Auftrag der Stadt Dortmund, Bad Neuenahr-Ahrweiler.
- KOCH, H.-J. (2004): Naturschutz und Landschaftspflege in der Reform der bundesstaatlichen Ordnung – Rechtsgutachten im Auftrag des BfN, BfN-Skripten 109, Bonn.
- LANDESREGIERUNG NRW (2007): Gesetz zur Sicherung des Naturhaushalts und zur Entwicklung der Landschaft (Landschaftsgesetz LG), in Kraft getreten am 05. Juli 2007, Zugriff auf
 - http://www.munlv.nrw.de/naturschutz/pdf/landschaftsgesetz.pdf am 19.10.2007, Düsseldorf.
- MICHLER, H.-P., HERMANN, B.; NEISIUS, C.; STAUFFER, S.; THOMMES, S.; WEYLAND, A. & ZORN, J. (2007): Rechtliche Stellungnahme zu den Möglichkeiten der Etablierung extensiver Landnutzungsstrategien als Eingriffskompensation, erstattet im Auftrag des Instituts für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) der FH Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), unveröffentlicht, Birkenfeld.
- PAUL, N (2007): FNR Pressemitteilung von 07.09.2007, Nr. 540, Zugriff auf http://www.energiepflanzen.info/cms35/Aktuelle-Nachricht.1548+M5329a77d 7d5.0.html am 19.10.2007.
- PÖLKING, A.; STIEPEL, B.; PREMKE-KRAUS, M.; WILL, J.; LÜDTKE, S; OPPER-MANN, R. & BAUMANN, A. (2006): Bioenergie und Biogasförderung nach dem neuen EEG und ihre Auswirkungen auf Natur und Landschaft, agroplan, Wolfenbüttel.
- SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN (2007): Sondergutachten Klimaschutz durch Biomasse, Hausdruck, Berlin.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg. 2007): Statistisches Jahrbuch 2007 für die Bundesrepublik Deutschland, Wiesbaden.
- UNIVERSITÄT BONN (2007): Positivtrend: Artenvielfalt in NRW steigt NRW-Modell "Vertragsnaturschutz mit Landwirten" trägt Früchte, Pressemitteilung 18.04.2007, Zugriff auf http://www1.uni-bonn.de/pressDB/jsp/pressemitteilungsdetails.jsp?detailjahr=2007&detail=119 am 19.10.2007, Bonn.
- WAGENER, F.; HECK, P.; BÖHMER, J.; CORNELIUS, R.; GEBHARD, R. M.; SCHER-WASS, R; KRECHEL, R.; MICHLER, H.-P. & WERN, B. (in Vorbereitung): Endbericht: Vorbereitende Studie (Phase I) Analyse der Möglichkeiten zur Etablierung einer extensiven Landnutzungsstrategie auf der Grundlage einer Flexibilisierung des Kompensationsinstrumentariums der Eingriffsregelung kurz ELKE, Forschungsvorhaben gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Birkenfeld.

Autoren:

Prof. Peter Heck

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) Fachhochschule Trier / Umwelt-Campus Birkenfeld

Postfach 1380, 55761 Birkenfeld E-Mail: p.heck@umwelt-campus.de

Dipl.-Ing. Agr. Frank Wagener

Symposium

Energiepflanzen

LANDWIRTSCHAFTLICHE ENERGIEHOLZPRODUKTION

Schnellwachsende Baumarten – Lösungen und Probleme

Dr. Martin Hofmann Kompetenzzentrum HessenRohstoffe (HeRo) e.V.

1. Einleitung

Biomasse aus Kurzumtriebsbeständen kann in Form von Hackschnitzeln zur dezentralen, umweltfreundlichen Energieversorgung eingesetzt werden. Dabei sind "Feldhackschnitzel" eine mögliche Ergänzung zu den aktuell stark nachgefragten Energieholzsortimenten aus der Forstwirtschaft. Grundsätzlich erlauben die administrativen Rahmenbedingungen der Europäischen Union auch die Erzeugung von (Schwach-) Stammholz mit entsprechend höherwertiger Verwendung in bis zu 20jährigen Umtriebszeiten auf Ackerland.

Für den Anbau werden leistungsfähige Sorten von geeigneten Baumarten über Steckhölzer vermehrt und voll mechanisiert gepflanzt. Bei Beerntung in der vegetationsfreien Zeit sind vitale Stockausschläge und hohe Erträge für mindestens zwei Jahrzehnte garantiert.

Anbaukonzepte müssen an der in Deutschland bestehenden Agrarstruktur und an möglichen Verwertungslinien orientiert sein. Entscheidende Voraussetzung für die Praxiseinführung schnellwachsender Baumarten ist deshalb die Klärung folgender Fragen:

- Was ist beim Anbau zu beachten?
- Welche Baumarten bzw. welche Sorten sind zu empfehlen?
- Welche Ernteverfahren gibt es?
- Wie stellt sich die Wirtschaftlichkeit dar?
- Welche Anbauhemmnisse bestehen und wie können sie überwunden werden?

2. Anbauvoraussetzungen

Energiehölzer können unter folgenden Voraussetzungen angebaut werden:

- 1. Auf Stilllegungsflächen können Energiehölzer beihilfeunschädlich angebaut werden.
- 2. Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen können Energiehölzer angebaut und Zahlungsansprüche aktiviert werden, wenn gleichzeitig für diese Flächen eine Energiepflanzenprämie beantragt wird.
- 3. Für Niederwald mit Kurzumtrieb bzw. schnellwüchsige Forstgehölze ist die Umtriebszeit auf höchstens 20 Jahre begrenzt. Die Zeit einer Aufwuchs- und Ernteperiode stellt einen Umtrieb dar. Als Nutzungsdauer ist die Zeitspanne zwischen der Pflanzung von schnellwüchsigen Forstgehölzen und deren ein- oder mehrmaliger Aberntung, Rodung bzw. die Wiederherstellung des ursprünglichen Flächenzustandes zu verstehen.
- 4. Mehrere aufeinander folgende Beerntungen im Abstand von max. 20 Jahren sind möglich.

Werden Kurzumtriebsplantagen auf Flächen angelegt, mit denen weder im Rahmen der vorgenannten Möglichkeiten Zahlungsansprüche genutzt noch die Energiepflanzenprämie beantragt wird, so bedürfen Kurzumtriebsplantagen derzeit noch einer Aufforstungsgenehmigung nach § 2 BWaldG ("...jede mit Forstpflanzen bestockte Grundfläche...") – für ihre Erstanlage ist eine Aufforstungsgenehmigung (§10 BWaldG) erforderlich. Es wird daher z.Zt. geprüft, ob durch eine Änderung des BWaldG Kurzumtriebsplantagen generell aus dem Waldbegriff herausgenommen werden können.

Weiterhin ergibt sich aus dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) bei Flächengrößen über 50 ha die Verpflichtung zur Durchführung einer UVP vor der Anlage einer Kurzumtriebsplantage. Bei kleineren Flächen sind die Bestimmungen nach Landesrecht zu beachten.

Rechtliche Einordnung des Vermehrungsgutes

Da sich aus Kurzumtriebsplantagen grundsätzlich auch Wald entwickeln kann, wird bei der rechtlichen Einordnung des Vermehrungsgutes unabhängig vom Status landwirtschaftliche Fläche ein "forstlicher Zweck"

vorausgesetzt. Für Arten der Gattung Populus und ihre Hybriden sind deshalb die Bestimmungen des Forstvermehrungsgutgesetzes (FoVG) anzuwenden. Die Gattung Salix wird von diesem Gesetz nicht erfasst. Grundsätzlich sind bei der Vermehrung und in Verkehr bringen von Pappelund Weidenpflanzgut auch sortenschutzrechtliche Fragen zu beachten.

Baumarten und Standorte

Nach den vorliegenden Ergebnissen kommen für die Bewirtschaftung im Kurzumtrieb derzeit bestimmte Pappel- und Weidearten sowie Hybridformen in Betracht. Durch ihre Raschwüchsigkeit in der Jugend und die Fähigkeit vom Stock auszuschlagen, sind sie verschiedenen anderen Waldbaumarten in der Ertragsleistung deutlich überlegen.

Auch bei Vergleichsanbauten mit Birke und Robinie wurden, gemessen am Leistungspotential der Pappel, geringere Erträge ermittelt. In weiteren Anbauversuchen wird derzeit untersucht, inwieweit andere Baumarten, etwa die Robinie für den Kurzumtrieb geeignet sind. Möglicherweise können unter bestimmten Standortbedingungen, wie auf schnell erwärmten leichten Böden mit geringem Wasserspeicherungsvermögen, andere Rangfolgen der untersuchten Baumarten ermittelt werden.

Dort, wo sich die Verbreitungsgebiete zweier Arten überlappen, ist die natürliche Hybridisierung nicht selten. Die Kreuzung von vielen Arten, auch solchen aus sehr weit auseinander gelegenen Herkunftsgebieten, ist möglich und wird seit langem zur Leistungssteigerung genutzt. Die Selektion von Arthybriden mit überlegenen Eigenschaften macht den züchterischen Fortschritt für die Praxis dauerhaft verfügbar. Über den Weg der vegetativen Vermehrung können einzelne Individuen, einschließlich Hybridklone, über lange Zeit erhalten und reproduziert werden.

Die Wahl des geeigneten Vermehrungsgutes entscheidet in hohem Maße über Erträge und Betriebssicherheit einer Kurzumtriebsplantage.

Balsampappelarten (bes. P. trichocarpa und P. maximowiczii) erreichen auch in höheren Lagen bei nur mittlerer Nährstoffversorgung und tlw. auch auf wechselfeuchten Böden gute Zuwachsleistungen. Nur auf stark windexponierten Lagen kommt es auf Grund hoher Verdunstungsraten zu Wuchsstörungen. Für den Kurzumtrieb haben sich Balsampappeln und ihre Hybriden als besonders geeignet erwiesen.

Die Vorzüge der Weide (Salix spec.) liegen im nahezu 100 %igen

Anwuchs- und Regenerationserfolg sowie in ihrer Frosthärte. Die Ertragsleistung lag in Anbauversuchen jedoch niedriger als diejenige der Balsampappeln. Weiterhin hat sich, zumindest auf Versuchsflächen, ein hoher Verbissdruck durch Rehwild gezeigt. Bei großflächigem Anbau könnte dieses Problem möglicherweise entschärft werden. Insbesondere einige Selektionen/Sorten von Salix viminalis und Salix dasyclados haben sich als resistent und leistungsfähig erwiesen. Inzwischen sind auch einige viel versprechende Sorten schwedischer Herkunft erhältlich.

Entscheidend für Anbauerfolg und hohe Ertragsleistung sind ausreichende Niederschläge in der Vegetationszeit (ab 300 mm). Mäßig frische und trockene Standorte kommen grundsätzlich nicht in Betracht. Der pH-Wert des Bodens sollte zwischen 5,5 und 6,5 liegen. Landwirtschaftlich genutzte Flächen von mittlerer Güte an sind für die Kurzumtriebswirtschaft geeignet. Neben Niederschlägen von mehr als 300 mm in der Vegetationszeit und ausreichender Sommerwärme ist bei der Flächenauswahl vor allem auf einen gut durchlüfteten und leicht durchwurzelbaren Boden zu achten.

Zieldefinition

Das Produktionsziel entscheidet über die Wahl von Pflanzverband, Umtriebszeit und Ernteverfahren. Es sollte vor der ersten Flächenanlage klar definiert sein. Die Erzeugung von Energiehackschnitzeln in zwei- bis vierjährigen Zyklen setzt eine feldmäßige Behandlung mit mähender Erntetechnik und entsprechend hohen Stockzahlen voraus. Bei Nutzung der maximal möglichen Produktionszeit von 20 Jahren erfolgt eine Verlagerung des Zuwachses auf wenige, stärker dimensionierte Stämme. In solchen Beständen kommt forstliche Erntetechnik zum Einsatz.

Eine Zwischenstufe stellen Umtriebszeiten zwischen 5 und 10 Jahren dar. Hier kommt es zu Differenzierungen der Stammdurchmesser mit einzelnen Vorwüchsen, die eine Beerntung mit mähender Technik behindern. Andererseits sind die Stückmassen der Einzelstämme noch zu gering für den rationellen Einsatz von hoch mechanisierter Erntetechnik. Es lassen sich deshalb zwei Produktlinien unterscheiden:

Produktlinie Energiehackschnitzel, 2 – 4jähriger Ernteturnus

In Beständen mit Umtriebszeiten bis zu 4 Jahren ist eine hohe Stockzahl

zur Erzielung maximaler Biomasseerträge pro ha erforderlich. Nach den vorliegenden Ergebnissen können beim Anbau von Hybridpappeln 10.000 bis 13.000 Pflanzen/ha empfohlen werden, bei der Weide sind es ca. 15.000 bis 20.000 Pflanzen/ha. Dies ergibt sich aus dem unterschiedlichen Wuchsverhalten beider Ökotypen.

Auf Rückschnitte reagieren Pappeln und Weiden gleichermaßen mit der Ausbildung von mehreren Trieben pro Stock. Die Stockausschläge der Pappeln bestehen im Allgemeinen aus einem vorwüchsigen Haupttrieb und meist vier bis sechs schwächeren Nebentrieben. Dagegen weichen bei der Weide die Nebentriebe sowohl im Durchmesser als auch in der Höhe kaum vom Haupttrieb ab. Ihre Anzahl ist sortenabhängig und kann bis zu 20 betragen. In Weidenkulturen werden gute Erträge deshalb vor allem durch die Gesamtzahl der Triebe pro ha erreicht, während bei der Pappel auch in sehr kurzen Umtriebszeiten ein stärkeres Dickenwachstum ausgeprägt ist.

Innerhalb der Pflanzreihen können die Pflanzenabstände bis auf 0,4 m reduziert werden, während der Abstand zwischen den Reihen von der später einzusetzenden Erntemaschine abhängt. Die Beerntung mit selbst fahrenden Feldhäckslern setzt einen auf die Arbeitsbreite abgestimmten Doppelreihenverband voraus (s. Kap. 5 Holzernte).

Produktlinie Energiehackschnitzel mit Option Industrieholz, 10 – 20jähriger Ernteturnus

Wegen der längeren Umtriebszeiten müssen zwangsläufig auch größere Standräume für die Pflanzen vorgesehen werden. Abhängig vom Standort ist von Mittelhöhen um 20 m und Brusthöhendurchmessern (BHD) zwischen 15 und 25 cm auszugehen. Die Ausgangspflanzenzahlen können deshalb auf unter 1.000 Pflanzen/ha reduziert werden.

3. Flächenmanagement

Bodenvorbereitung

Voraussetzung für das Gelingen einer Steckholzpflanzung ist eine gründliche Pflanzbettherstellung durch Pflügen (ca. 25 cm) und Eggen. Der Bearbeitungszeitpunkt richtet sich nach der Vorkultur und den örtlichen Gegebenheiten. Auf Flächen mit starkem Begleitwuchs ist ein Herbizid-

einsatz im Herbst vor der Anlage zu erwägen. Bei bindigen Böden empfiehlt sich Herbstfurche. Leichte Böden können unmittelbar vor der Pflanzung gepflügt werden, auch um die im Frühjahr bereits keimenden Samen der Begleitflora in einem empfindlichen Stadium in tiefere Bodenzonen unterzupflügen und zu stören. Zur Erzielung einer lockeren Krümelstruktur sollte unmittelbar vor der Pflanzung geeggt werden. Bodenverdichtungen durch unsachgemäß ausgeführte Bearbeitungsmaßnahmen wirken sich nachteilig auf den Kulturerfolg aus.

Pflanzung

Auf Standorten mit gesicherter Wasserversorgung werden die Steckhölzer mit einem Überstand von 1-2cm gesteckt. Auf sandigen Substraten sollten sie zur Verringerung der Austrocknungsgefahr ebenerdig eingebracht oder auch leicht übererdet werden.

Herkömmliche Pflanzmaschinen mit Greifersystem für Gemüse oder Tabak können ohne Umbau eingesetzt werden. Im Vergleich des Kulturerfolges derselben Klone bezüglich Anwuchsrate und Wuchsleistung auf Versuchsflächen ergaben sich keine Unterschiede in der Qualität zwischen Handpflanzung und dem Einsatz der einen oder anderen Maschine. In Skandinavien haben sich für die Weidenpflanzung sog. Step – Planter durchgesetzt, bei denen der Steckholzschnitt in den Pflanzvorgang integriert wurde.

Kulturpflege

Steckholzkulturen sind pflegebedürftig. Verdämmende Begleitvegetation führt zu Wuchsstockungen und unerwünscht lückigen Kulturen. Alle Pflegemaßnahmen sollten gut auf die örtliche Situation abgestimmt und bereits vor der Flächenanlage in die jährliche Arbeitsplanung mit aufgenommen werden. Auf Flächen, die extensiv bewirtschaftet werden sollen, ist die Verwendung von Setzstangen zu erwägen.

Der Einsatz eines Totalherbizids im Herbst vor der Anlage ist meist nicht ausreichend, um den Unkrautdruck im Pflanzjahr entscheidend zu verringern. Für eine Frühjahrsbehandlung, die in jedem Fall vor der Flächenanlage erfolgen muss, ist für einen guten Bekämpfungserfolg noch zu wenig Blattmasse vorhanden. Bodenherbizide können unmittelbar nach der Pflanzung ausgebracht werden. Wichtig ist, dass die Knospen zum Anwendungszeitpunkt noch völlig geschlossen sind. Je nach dem zu erwartenden Artenspektrum der Begleitvegetation können mit der Ausbringung von Bodenherbiziden nachfolgende Pflegemaßnahmen deutlich eingeschränkt werden.

Insbesondere dichte Grasdecken können eine starke Wasserkonkurrenz für die Kulturpflanze darstellen und bieten gleichzeitig Lebensraum für Schadmäuse. Vor allem die Quecke (Agropyron repens) hat sich als ein Kulturhindernis erwiesen, das jedoch mit Gräserherbiziden effektiv bekämpft werden kann.

Vor der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Kurzumtriebsplantagen ist eine Genehmigung nach § 18b Pflanzenschutzgesetz einzuholen.

Die Kombination aus chemischer und mechanischer Begleitwuchskontrolle, die gut auf die jeweilige Situation, wie Vorkultur, Artenspektrum der Krautschicht und deren Deckungsgrad abgestimmt sein sollte, kann empfohlen werden. Mechanische Pflegemaßnahmen wie Grubbern oder Fräsen erbringen zusätzliche Vorteile durch Bodenlockerung. Im zweiten Standjahr einer etablierten Kultur sind in der Regel keine Pflegemaßnahmen mehr erforderlich.

Bewirtschaftung in den Folgerotationen

Obwohl die Begleitflora auf den Flächen stets in Form von Diasporen im Boden vorhanden ist, stellt sie nach Erntemaßnahmen keinerlei Konkurrenz für die Stockausschläge mehr dar. In Pappelbeständen haben Pflegemaßnahmen in späteren Kulturstadien deshalb keine Ertrag steigernde Wirkung, während in Weidenkulturen (Schweden) eine Herbizidbehandlung nach den Ernten die Regel ist. Unter dem lichten Laubdach der Weide bleibt die Begleitvegetation auch langfristig vitaler als in den stärker geschlossenen Pappelbeständen. Nach den Erfahrungen aus bisherigen Versuchsanbauten kann von einer Plantagenstandzeit von mindestens 25 – 30 Jahren ausgegangen werden.

Stockrodung

Die Rückführung einer Plantage in ackerfähigen Zustand durch Stockrodung und vollflächige Bodenbearbeitung ist technisch unproblematisch und wurde an einer 10 ha großen Versuchsfläche nach 10jähriger Plantagenstandzeit erprobt. Dazu wurde ein Verfahren gewählt, bei dem die Wurzelstöcke zerschlagen und in den Boden eingefräst werden. Bei einer Arbeitsbreite von 1,2 m griff die eingesetzte Bodenfräse, (AHWI RF 700) ca. 40 cm in den Boden ein. In einem zweiten Arbeitsgang kam ein AHWI-Anbaumulchgerät mit 2,2 m Arbeitsbreite zum Einsatz.

4. Biotische Risiken

Wild

Mit der Anlage einer Pappelkultur wird ein neues, erfahrungsgemäß sehr interessantes Äsungsangebot für Rehwild geschaffen. Zwar sind bestimmte Sorten, wie etwa die Mehrklonsorte 'Max' erheblich weniger gefährdet als andere Hybriden. Dennoch empfiehlt es sich in Gebieten mit hoher Wilddichte und bei kleineren Einzelflächen, entsprechende Schutzmaßnahmen einzuplanen. Dies betrifft insbesondere Weidenkulturen. Alternativ zum Zaunschutz können in Beständen mit niedriger Pflanzenzahl (10 – 20 jähriger Umtrieb) auch Verbissschutzmittel (Cervacol, Arcotal, Weißteer, u.a.) ausgebracht werden. Die genannten Mittel sind zugelassen gegen Winterverbiß an Laub- und Nadelholz durch Reh- und Rotwild.

Mäuse

Während von den oberirdisch anzutreffenden Mäusen keine Gefahr für die Kulturen ausgeht, kann der Wurzelfraß der Schermaus (Arvicola terrestris) bestandsbedrohende Schäden nach sich ziehen. Die Anwesenheit der Maus ist an den die Bodenoberfläche leicht aufwölbenden, flachstreichenden Gängen erkennbar, in die man beim Begehen der Fläche einsinkt. Auch das Schadbild ist durch schräg stehende Pflanzen mit abgenagtem Wurzelwerk, welche sich leicht aus dem Boden ziehen lassen, nicht verwechselbar.

Pappelblattrost

Eines der wichtigsten Betriebsrisiken ist der Befall mit Blattrostpilzen, da die Schädigung bis zum Absterben ganzer Bestände führen kann. Bei den Erregern des Pappelblattrostes handelt es sich um mehrere Pilzarten aus der Gattung Melampsora, deren Auftreten sich zunächst durch einen mehr oder weniger dichten, orangegelben Belag auf der Blattunterseite bemerkbar macht. Die Melampsora-Arten unterscheiden sich durch verschiedene Zwischenwirte wie Lärche, Kiefer, Allium- und Arum-Arten.

Eine Behandlung mit Fungiziden ist zwar grundsätzlich möglich, sie erscheint aber unter den bei uns bestehenden Rahmenbedingungen in ökologischer wie in ökonomischer Hinsicht praxisfern. Die Sortenwahl sollte deshalb streng nach den Gesichtspunkten der Rostresistenz vorgenommen werden. Bei der Züchtung neuer Sorten wird diesem Aspekt besondere Bedeutung beigemessen.

5 Holzernte

Gegenüber der Holzernte in der Forstwirtschaft bietet der Kurzumtrieb einige verfahrenstechnische Vorteile. Die vollflächige Nutzung in sehr homogenen Beständen erleichtert den Einsatz von hoch mechanisierten Ernteverfahren und die Flächen sind mit der üblichen Landtechnik gut befahrbar. Dennoch bilden die Erntekosten mit einem Anteil von ca. 2/3 an den Gesamtkosten den zentralen Faktor für die Wirtschaftlichkeit des Produktionssystems Kurzumtrieb. Hier liegen noch erhebliche Rationalisierungspotenziale, deren Identifikation und Nutzung noch bevorsteht.

Folgende Anforderungen werden an die Erntetechnik gestellt:

- hohe technische Durchsatzleistung,
- Bodenschonung,
- geringe Ernteverluste,
- möglichst homogene Qualität des Erntegutes,
- keine Fremdstoffe.

Grundsätzlich erfolgt die Holzernte im Winterhalbjahr, also während der Vegetationsruhe. Dies gewährleistet einen vitalen Stockausschlag und erlaubt meist auch ein Befahren der Flächen bei günstigem Bodenzustand,

im Idealfall während stabiler Frostperioden. Die motormanuelle Ernte kann bei mehrtriebigen Stockausschlägen aufgrund geringer Leistungsfähigkeit und der Unfallrisiken nicht empfohlen werden. Ob eine selbst fahrende Maschine oder ein Anbaugerät gewählt wird, hängt von der betrieblichen und der überbetrieblichen Struktur ab. Zur Nutzung der Kostendegression empfiehlt sich bei selbst fahrenden Maschinen ein überbetrieblicher Einsatz.

Arbeitsschritte bei der Holzernte:

- Fällen,
- Vorkonzentrieren,
- Rücken.
- Hacken.

Integrierte Ernteverfahren kombinieren alle auszuführenden Arbeitsschritte auf einem Trägerfahrzeug. Sie zeichnen sich durch mähende Fälltechnik aus und setzen eine feldartige Kulturführung voraus. Bei den gelösten Verfahren verteilen sich die Schritte Fällen, Vorkonzentrieren, Rücken sowie Hacken auf verschiedene Trägerfahrzeuge.

Ab dem Durchmesserbereich 15 – 20 cm kommen sowohl motormanuelle Arbeitsverfahren als auch voll mechanisierte Systeme in Betracht. Sofern sich die Sortimentierung auf Hackschnitzel beschränkt, können Fäller/Bündler oder sog. Hackschnitzelharvester zum Einsatz kommen. Ist der Anspruch an das Sortiment höher, beispielsweise entastete 2 m Abschnitte für die stoffliche Verwertung, bieten sich kombinierte Arbeitssysteme mit Kranvollernter und Tragschlepper an. Diese Maschinen und Dienstleistungen sind bei forstlichen Lohnunternehmen abrufbar.

Autor:

Dr. Martin Hofmann Kompetenzzentrum HessenRohstoffe (HeRo) e.V. Am Sande 20, 37213 Witzenhausen E-Mail: m.hofmann@hero-hessen.de

Kurzumtriebsplantagen in Schweden

Prof. Martin Weih Swedish University of Agricultural Sciences (SLU)

1. Zusammenfassung

Ausgehend von der Entwicklung des Energieholzanbaus in Schweden, werden die Grundlagen, Möglichkeiten und Probleme der landwirtschaftlichen Produktion von Biomasse mit schnellwachsenden Baumarten (v.a. Weiden, Salix) im Kurzumtrieb diskutiert. Auch auf Wirtschaftlichkeitsaspekte wird kurz eingegangen. Weiterhin wird die Anlage von Kurzumtriebsplantagen besonders aus unternehmerischer Sicht des Landwirtes diskutiert. Nachfolgend wird ein Fallbeispiel vorgestellt: Das kommunale Kraftwärmewerk in Enköping wird zum Teil mit Energieholz aus unternehmenseigenen Kurzumtriebsplantagen befeuert, in denen die aufbereiteten Abwässer der kommunalen Kläranlage maßgeblich zur Erhöhung der Biomasseproduktion und damit zur Verbesserung des Unternehmensergebnisses beitragen. Das Beispiel demonstriert die enormen Möglichkeiten zur effektiven und umweltfreundlichen Energieproduktion mit Kurzumtriebsplantagen in Kombination mit der effektiven und umweltfreundlichen Reinigung kommunaler Abwässer. Ein aktuelles schwedisches Programm zur Förderung fachübergreifender und langfristiger Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich Weiden-Kurzumtriebsplantagen, das gemeinsam von der schwedischen Energiebehörde (Energimyndigheten), der schwedischen Landwirtschaftsuniversität (SLU) und dem Unternehmen Lantmännen Agroenergi AB getragen wird, wird vorgestellt. Das Forschungsprogramm integriert Aktivitäten auf den Gebieten der Genetik und Molekularbiologie, Ökophysiologie, Ökologie (Entomologie) sowie Mykologie und hat die kommerzielle Züchtung langfristig stresstoleranter und hochproduktiver Weidensorten mit Hilfe moderner Züchtungsmethoden (z.B. Genkartierung) zum Ziel. Abschließend werden einige Schlussfolgerungen aus der langjährigen Arbeit mit Kurzumtriebsplantagen sowie Zukunftsaussichten für die Nutzung von Energieholz aus Plantagenanbau in Schweden präsentiert.

2. Einleitung

Kurzumtriebsplantagen mit Weiden und Pappeln haben ein enormes Potenzial zur effektiven Erzeugung von Biomasse im kühl-gemäßigten Klima mittlerer bis nördlicher Breitengrade (Hoffmann-Schielle et al. 1999, Weih 2004). Schweden hat langjährige Erfahrungen besonders im Bereich Anbau und Management von Energieholz aus Weiden-Kurzumtriebsplantagen. Seit etwa 15 Jahren wird hier Biomasse in kommerziellen Weidenplantagen erzeugt und zur Wärme- und Stromproduktion in zahlreichen Heizkraftwerken genutzt. Ausgelöst durch u.a. abnehmende Rohstoffvorräte und zunehmende Umweltprobleme, könnte in den nächsten 20 Jahren die Anbaufläche schwedischer Biomasse-Plantagen von derzeit ca. 16.000 ha auf möglicherweise über 250.000 ha steigen (STEM 2001).

3. Energieholz: Grundlagen, Möglichkeiten und Probleme

Mit Energieholz bezeichnet man die Kultur schnellwachsender Baumarten auf Ackerflächen zur Produktion von Biomasse-Brennstoffen (z.B. Hackschnitzel). In Schweden werden schnellwachsende Hölzer seit Beginn der 1990er Jahre energetisch genutzt (Christersson et al. 1993). Heute werden hier auf ca. 16.000 ha Ackerfläche Energiehölzer angebaut, die von 1.250 Landwirten bewirtschaftet werden und jährlich etwa 0,2 TWh Energie (2002) in Form von Wärme und Strom liefern.

Die wichtigste Baumart im schwedischen Energieholzanbau ist die Weide (Hybride der Gattung Salix), untergeordnet die Pappel (Christersson et al. 1993; Karacic et al. 2003). Weiden und Pappeln können große Mengen an erneuerbarer, "grüner" Energie auf relativ nachhaltige Art und Weise produzieren (z.B. Volk et al 2004), wobei die damit verbundene dezentrale Energiebereitstellung eine stärkere Unabhängigkeit von schwankenden Öl- und Gaspreisen ermöglicht. In der energetischen Nutzung schnellwachsender Hölzer liegt ein großes Potenzial zur Lieferung erneuerbarer Energie, und diese Form der Energieumwandlung verursacht weder zusätzliche Treibhausgase noch trägt sie zur Entstehung von saurem Regen bei. Darüber hinaus kann der Anbau von Energieholz der strukturellen Entwicklung des ländlichen Raumes starke Impulse verleihen: Ackerland, Gerätepark und landwirtschaftliches Know-how der Bauern können auf sinnvolle Weise genutzt werden; Arbeitsplätze in ländlichen Gegen-

den können gesichert werden; ländliche Gemeinden können wirtschaftlich gestärkt werden.

Weltweit gehören Weiden und Pappeln zu den am schnellsten wachsenden Gehölzen und in intensiver Kultur können, unter günstigen Bedingungen, sehr hohe Biomasse-Produktionsraten mit diesen Hölzern erzielt werden (Zsuffa et al. 1993; Kuzovkina et al. 2007). Ihr Anbau auf Ackerflächen ist mit nur geringem Einsatz von Chemikalien verbunden und meist recht einfach zu bewerkstelligen: Im Falle der Weiden werden Stecklinge auf gut vorbereiteten Böden gepflanzt und treiben von selbst aus; nach erfolgter Ernte der oberirdischen Biomasse treibt der verbliebene Wurzelstock erneut aus (z.B. Danfors et al. 1998).

Das Potenzial für weitgehende genetische Verbesserungen der Wuchsleistung von Weiden ist groß (Kuzovkina et al. 2007), und neben Universitätsinstituten betreibt ein kommerzieller Betrieb (Lantmännen Agroenergi AB) in Schweden Forschungen zur Veredelung von Weidensorten speziell für den Energieholzanbau. Der Energieausnutzungskoeffizient im Energieholzanbau liegt bei bis zu 99 GJ GJ-1 und ist damit wesentlich höher als entsprechende Werte für Energiemais oder Energiegetreide (z.B. Boehmel et al. 2007). Zusätzliche Möglichkeiten des Energieholz-Anbaus bieten sich in der Nutzung als Vegetationsfilter für die "Bio-Remediation" von Klärschlämmen oder schwermetallbelasteten Böden (Aronsson & Perttu 2001; Dimitriou & Aronsson 2005).

Als problematisch im Zusammenhang mit Energieholzplantagen werden häufig v.a. Wirtschaftlichkeitsaspekte (s.u.) sowie Landschafts- und Umweltaspekte angeführt. Beispielsweise werden Energieholzplantagen häufig als fremde und störende Elemente in traditionell ländlichen Räumen aufgefasst, bieten aber andererseits auch zusätzliche Möglichkeiten zu aktiver Landschaftsgestaltung (Weih & Nordh 2007 sowie die dort zitierte Literatur). Auswirkungen von Energieholzplantagen auf die biologische Artenvielfalt hängen in starkem Maße vom aktuellen landschaftlichen Kontext ab, können aber durchaus positiv sein im Vergleich zum konventionellen Intensivanbau traditioneller Feldfrüchte (z.B. Weih et al. 2003). Für den Landwirt stellt sich die Umstellung von traditionellen Feldfrüchten auf Energieholz häufig als problematisch dar, was jedoch gesondert besprochen wird (siehe unten).

4. Wirtschaftlichkeit

Eine gut geführte Weidenplantage ist unter den Strukturvoraussetzungen in Schweden nach Larsson et al. (1998) ab einer mittleren jährlichen Produktionsleistung von etwa 8 t Biomasse wirtschaftlich, jedoch hängt die Wirtschaftlichkeit von einer Reihe Einzelfaktoren ab. Die Produktionskosten für Weidenhackschnitzel liegen hier derzeit bei etwa 15 – 16 EUR pro MWh für einen Hof mit gut geführten Weidenplantagen auf fruchtbaren Böden (STEM 2003). Folgende Annahmen gelten für diese Berechnung: Jährlicher Ertrag von 9 t Biomasse ha⁻¹; 1. Ernte (21 t Biomasse ha⁻¹) nach 4 Jahren; Energieinhalt 4,4 MWh t⁻¹ Biomasse; Energiepreis 13,3 EUR pro MWh (STEM 2003). Weiterhin sind alle direkten Kosten wie z.B. Anlagekosten (17 %), Dünge- (19 %) und Erntekosten (21 %) sowie Transportkosten (30 %) berücksichtigt, wobei die Gesamtkosten, welche im Zusammenhang mit der Ernte entstehen, einen sehr großen Anteil ausmachen (59%). Dagegen sind nicht der staatliche Beitrag zur Neuanlage (in Schweden derzeit max. 5000 SEK ha-1) oder andere staatliche Zuschüsse in der Berechnung berücksichtigt. Somit liegen die Produktionskosten für Weidenhackschnitzel in Schweden auch ohne staatliche Hilfen in etwa auf der Höhe der momentanen Marktpreise für Holzhackschnitzel (13 – 16 EUR pro MWh). Unter Einbeziehung staatlicher Zuschüsse erweist sich die energetische Nutzung von Biomasse aus Plantagenholz somit als wirtschaftlich, jedoch mit nur geringen Gewinnmarginalen. Die Wirtschaftlichkeit für Weiden-Energieholzanbau ist damit, ähnlich der Situation im schwedischen Getreideanbau, heute noch in starkem Maße von staatlichen Zuschüssen abhängig. Davon abgesehen, sind die wichtigsten Einflussfaktoren für die Wirtschaftlichkeit intensiver Energieholzplantagen vor allem der Marktpreis für Holzhackschnitzel, die Biomasse-Erträge in den Plantagen sowie die Produktionskosten (STEM 2003); letztere könnten unter der Annahme einer starken Ausweitung der Kurzumtriebsflächen in Zukunft stark sinken (siehe unten).

5. Welcher Landwirt will Energieholz anbauen?

Anfang der 1990-er Jahre stieg die Anzahl der Neuanlagen von Kurzumtriebsflächen in Schweden rasch an, Mitte der 1990-er Jahre stagnierte jedoch die Entwicklung und seitdem hält sich die Fläche der Biomasse-

Plantagen konstant bei etwa 16.000 ha. Es gibt zahlreiche Gründe für die Stagnierung, u.a. die geringe Konkurrenz auf dem Energieholzmarkt, den nur ein einziger Akteur dominiert (Hoffmann & Weih 2005), und die mangelhafte Möglichkeit oder Bereitschaft vieler Landwirte, auf Energieholz umzustellen. Beispielsweise weist Rosenqvist (2007) darauf hin, dass die Umstellung von traditionellen Feldfrüchten auf Energieholz eine große Umstellung für den Landwirt bedeutet und das "erlebte" Risiko für den Landwirt groß ist, da er keine Erfahrung mit dieser Art von Bodennutzung hat und neue Anbautechniken erlernen muss. Daher hat der Landwirt häufig (bewusst oder unbewusst) eine weitaus höheren Gewinnerwartung für den Anbau von Kurzumtriebsplantagen im Vergleich zu traditionellen Feldfrüchten, was sich in der wirtschaftlichen Kalkulation des Landwirtes oft zu Ungunsten von Energieholzplantagen auswirkt (Rosenqvist 2007). Außerdem führt die Umstellung von traditionellen Feldfrüchten auf Energieholz zu einem geringeren Beschäftigungsgrad auf dem Hof sowie zu einer geringeren Ausnutzung des vorhandenen Maschinenparks, was die Wirtschaftlichkeit negativ beeinflusst. Abschreckend wirken zudem die hohen Etablierungskosten für Energieholz im Vergleich zu vielen traditionellen Feldfrüchten, obwohl die totalen Produktionskosten und die Absatzmöglichkeiten für Energieholz in Schweden oft günstiger sind als für vergleichbare traditionelle Feldfrüchte (Rosenqvist 2007). Auf Grund der geschilderten Probleme erscheint die Umstellung von traditionellen Feldfrüchten, deren Anbau oft staatlich (z.B. EU) subventioniert ist, auf Energieholz derzeit immer noch wenig attraktiv für viele Landwirte, obgleich die Zukunftsaussichten gut erscheinen. Paradoxerweise dürfte der verstärkte landwirtschaftliche Anbau von Energiepflanzen zudem die Nachfrage, und damit die Marktpreise, für u.a. Getreide und Ölfrüchte erhöhen, was dazu führt, dass die Rentabilität für traditionelle Feldfrüchte mit zunehmender Nachfrage für Energiepflanzen steigt (Rosenqvist 2007).

6. Fallbeispiel: Kraftwärmewerk Enköping

Enköping ist eine Stadt mit 20.000 Einwohnern, in der Biomasse (Forstabfälle, Sägemehl, Weidenhackschnitzel) zum Erzeugen von Wärme und Strom genutzt wird. Das Kraftwerk erzeugt 55 MW Wärme für das örtliche Nahwärmenetz und 22 MW Strom pro Jahr. In der Umgebung des Heizkraftwerkes befinden sich großflächige Energieholzplantagen. Auf

einer 80 ha umfassenden Weidenplantage werden Klärschlämme und Abwässer der Stadt nach Vorbehandlung in wässriger Lösung verteilt. Während der 90-tägigen Wachstumsperiode wird die Plantage täglich mit 3 mm dieser nährstoffreichen Lösung bewässert, insgesamt werden 200.000 m³ pro Jahr aufgetragen. Die Plantage absorbiert auf diese Weise etwa 30 t Stickstoff und 1 t Phosphor pro Jahr, die sonst in den nahe gelegenen Mälarsee gelangen würden.¹

7. Nationales Salix-Programm

Durch die Koordinierung der Interessen universitärer Einrichtungen, staatlicher Behörden sowie privater Unternehmen wurde in diesem Jahr ein nationales schwedisches Forschungsprogramm zur Entwicklung effektiver molekularbiologischer Züchtungsmethoden für Biomasse-Weiden initiiert ("High and sustainable biomass production of Salix: bridging molecular genetics, ecophysiology and plant breeding"). Hauptziel des Forschungsprogramms ist die Entwicklung effektiver Züchtungsmethoden für wichtige, komplexe pflanzliche Eigenschaften, für die konventionelle Züchtungsmethoden wenig erfolgreich sind. Im Zentrum wird hauptsächlich die Genkartierung für wichtige Zuwachs, Resistenz- und Toleranzeigenschaften stehen, jedoch auch die Entwicklung von Methoden zur schnellen und effektiven Erfassung relevanter Züchtungskriterien. Am Ende soll die Integrierung molekularbiologischer Methoden in die kommerzielle Züchtung neuer Salix Sorten zur Biomasseproduktion im Kurzumtrieb stehen.

Die Laufzeit des Programms ist auf zunächst vier Jahre (2007 – 2010) angelegt und das Fördervolumen beträgt insgesamt rund 3,9 Mio. EUR, wovon die staatliche Energiebehörde ("Energimyndigheten") 58 % übernimmt, der Rest entfällt auf die Landwirtschaftsuniversität (SLU; 33 %) und das Unternehmen Lantmännen Agroenergi AB (8 %). Der fachübergreifende Charakter des Programms wird durch die Beteiligung zahlreicher Institute (alle SLU) unterstrichen: Das Institut für Forstgenetik ist hauptverantwortlich für die Gesamtkoordinierung sowie die Entwicklung molekularbiologischer Züchtungsmethoden (Abb. 1); das Institut für Produktionsökologie übernimmt die Entwicklung geeigneter Methoden

¹ Mehr Information unter http://www.enae.se/default2.asp?h=0&m=123&u=137&uu=138

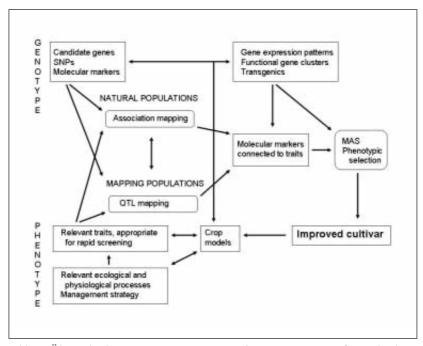


Abb. 1: Übersicht der Komponenten eines Züchtungsprogramms für Hybridweiden (Salix spp) zur nachhaltigen Biomasseproduktion in Kurzumtriebsplantagen (verändert nach Weih et al. 200X)

zur raschen und effektiven Erfassung relevanter Züchtungskriterien bzgl. Biomasse-Produktivität und Stresstoleranz (z.B. Weih & Nordh 2005, Weih & Rönnberg-Wästljung 2007); die Institute für Forstmykologie und Ökologie (Arbeitsgruppe Entomologie) werden an der Erstellung von Genkarten für Resistenz- und Toleranzeigenschaften gegen Blattrost (z.B. Melampsora epitea) und Schadinsekten (z.B. Phratora spp., Galerucella spp.) arbeiten. Die Koordinierung erfolgt in Form eines "Project Management Committee" (mit Repräsentanten aus o.g. Instituten), dem zwei Projektkoordinatoren sowie eine "Project Board" übergeordnet ist; zusätzlich haben externe Spezialisten aus Industrie und Forschung beratende Funktion (Abb. 2). Dieses Konzept soll die effektive Integrierung der unterschiedlichen Forschungsgebiete sowie eine rasche Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis (Industrie und Landwirtschaft) sicherstellen.

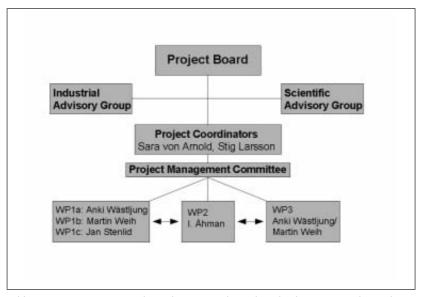


Abb. 2: Management-Struktur des nationalen schwedischen Nationalen Salix Programms.

8. Schlussfolgerungen und Zukunftsaussichten

Aus den langjährigen schwedischen Erfahrungen im Bereich der Forschung und Entwicklung von Systemen zur kommerziellen Nutzung von Kurzumtriebsplantagen zur Biomasseerzeugung ergeben sich u.a. die folgenden Schlussfolgerungen:

- Forschungen zu den biologischen Grundlagen sind notwendige, jedoch nur erste Schritte zur Einführung neuer Energiepflanzen;
- Die großflächige Einführung kommerzieller Systeme zur Biomasseerzeugung muss langfristig geplant werden (Bereitstellung von Pflanzmaterial, Transporte, Logistik, Absatzmöglichkeiten, etc.);
- Beratungsfunktionen für Landwirte sind unbedingt notwendig;
- Pflanzzuschüsse sollten nach der produzierten Biomasse und nicht nach der bepflanzten Fläche bemessen werden;
- Auch kommerzielle Energiepflanzungen (nicht nur experimentelle) sollten wissenschaftlich begleitet und dokumentiert werden;

- Züchtungsprogramme sollten nicht nur auf hohe Produktivität ausgerichtet sein, sondern auch auf "Stresstoleranz", z.B. physiologische oder biochemische Eigenschaften, die dazu führen, dass die Pflanzen trockene Jahre ohne größere Schäden überstehen;
- Besonders mehrjährige Energiepflanzen erfordern langfristige und fachübergreifende Forschungsprogramme.

Das zukünftige Potenzial für Biomasse-Brennstoffe in Schweden bis zum Jahr 2010 ist von der schwedischen Energiebehörde auf etwa 160 TWh geschätzt worden (STEM 2001). Im Vergleich dazu würde die Ausweitung der Flächen mit Energieholzplantagen von heute ca. 16.000 ha auf 100.000 ha etwa 4 TWh jährlich erbringen. Falls auf etwa 10 % der landwirtschaftlichen Flächen Schwedens (d.h. ca. 250.000 ha) in Zukunft Energieholz angebaut würde, könnten diese Plantagen jährlich etwa 10 TWh erbringen.

Solche Szenarien sollten nicht als Prognosen verstanden werden, da die Entwicklung auf dem Energieholzmarkt stark von zahlreichen wirtschaftlichen und politischen Entwicklungen abhängt, die schwer vorauszusehen sind. Jedoch erscheint die Ausweitung der Flächen mit Energieholz eine unbedingt notwendige Voraussetzung für die Senkung der Produktionskosten (und damit des wirtschaftlichen Risikos für den Landwirt) zu sein: Größere Anlageflächen treiben die technische Entwicklung und Forschung voran (z.B. Geräteentwicklung, Pflanzenveredelung), vermindern die administrativen Kosten, und erlauben mehr Akteure auf dem Energieholzmarkt, was zu stärkerer Konkurrenz und niedrigeren Preisen führen sollte. Trotz der Tatsachen, dass sich Energieholzplantagen in Schweden oft nicht sehr hoher Popularität erfreuen (z.B. Weih 2006) und viele Landwirte schwer zu einer Umstellung von traditionellen Feldfrüchten auf Energieholz zu bewegen sind, rechnet man in Schweden mit einem starken Aufschwung in der Energieholzwirtschaft in den kommenden Jahren und Jahrzehnten, wobei vermutlich "Multifunktionsplantagen", z.B. Biomasse-Produktion kombiniert mit Bio-Remediation (Aronsson & Perttu 2001; Verwijst 2001) oder ökologischen Ausgleichsmaßnahmen (Hoffmann & Weih 2005), an Bedeutung gewinnen werden.

9. Literatur

- Aronsson, P., Perttu, K. (2001). Willow vegetation filters for wastewater treatment and soil remediation combined with biomass production. Forestry Chronicle 77: 293 – 299.
- Boehmel C., Lewandowski I., Claupein W. (2007). Comparing annual and perennial energy cropping systems with different management intensities. Agricultural Systems (im Druck)
- Christersson, L., Sennerby-Forsse, L., Zsuffa, L. (1993). The role and significance of woody biomass plantations in Swedish agriculture. Forestry Chronicle 69: 687 – 693.
- Danfors, B., Ledin, S., Rosenqvist, H. (1998) Short-Rotation Willow Coppice.
 Growers' Manual. Swedish Institute of Agricultural Engineering, 40 S.
- Dimitriou, I., Aronsson, P. (2005). Willows for energy and phytoremediation in Sweden. Unasylva 221 (56): 47 50.
- Hoffmann-Schielle, C., Jug, A., Makeschin, F., Rehfuess, K.E. (1999). Short-rotation
 plantations of balsam poplars, aspen and willows on former arable land in the
 Federal Republic of Germany. I. Site-growth relationships. Forest Ecology and
 Management 121: 41 55.
- Hoffmann, D., Weih, M. (2005). Limitations and improvement of the potential utilisation of woody biomass for energy derived from short rotation woody crops in Sweden and Germany. Biomass and Bioenergy 28: 267 279.
- Karacic, A., Verwijst, T., Weih, M. (2003). Above-ground woody biomass production of short-rotation Populus plantations on agricultural land in Sweden. Scandinavian Journal of Forest Research 18: 427 437.
- Kuzovkina, Y., Weih, M., Abalos Romero, M., Belyaeva, I., Charles, J., Hurst, S., Karp, A., Labrecque, M., McIvor, I., Singh, N.B., Smart, L., Teodorescu, T., Trybush, S., Volk, T. (2007). Salix: Botany and Global Horticulture. Horticultural Reviews (im Druck)
- Larsson, S., Melin, G., Rosenqvist, H. (1998). Commercial harvest of willow wood chips in Sweden. In: Proc. 10th European Conf. and Technol. Exhibition "Biomass for Energy and Industry", Würzburg, Germany, 8-11 June 1998. S. 200 203.
- Rosenqvist, H. (2007). Energigrödor på åkermark: vem vill odla de? In: Bioråvaror till vad och hur mycket? Formas Fokuserar nr 11. Stockholm: Formas, S. 261 – 272.
- STEM (2001). Energimyndighetens Klimatrapport 2001. Swedish National Energy Administration, Eskilstuna, Sweden.
- STEM (2003). Uppdrag att utvärdera förutsättningarna för fortsatt marknadsintroduktion av energiskogsodling. Slutrapport (Dnr 00-03-462). Swedish National Energy Administration, Eskilstuna, Sweden.
- Verwijst, T. (2001). Willows: An underestimated resource for environment and society. Forestry Chronicle 77: 281 285.
- Volk, T.A., Verwijst, T., Tharakan, P.J., Abrahamson, L.P., White, E.H. (2004).
 Growing fuel: a sustainability assessment of willow biomass crops. Frontiers in Ecology and Environment 2: 411 418.
- Weih, M. (2004). Intensive short rotation forestry in boreal climates: present and future perspectives. Canadian Journal of Forest Research 34: 1369 – 1378.

- Weih, M. (2006). Willow short rotation coppice grown on agricultural land possibilities for improvement of biodiversity and landscape design. Bericht an das schwedische "Naturvårdsverket (Dnr 802-114-04). Uppsala, Schweden: SLU. 36 S. (http://pub-epsilon.slu.se/75/)
- Weih, M., Karacic, A., Munkert, H., Verwijst, T., Diekmann, M. (2003). Influence of young poplar stands on floristic diversity in agricultural landscapes. Basic and Applied Ecology 4: 149 – 156.
- Weih, M., Nordh, N-E. (2005). Determinants of biomass production in hybrid willows and the prediction of field performance from pot studies. Tree Physiology 25: 1197 – 1206.
- Weih, M., Nordh, N-E. (2007). Biomass production with fast-growing trees on agricultural land in cool-temperate regions: possibilities, limitations, challenges. In: P.A. Clarkson (Hrsg.) Environmental Research Advances. Nova Science Publishers, New York. Im Druck.
- Weih, M., Rönnberg-Wästljung, A.C. (2007) Shoot biomass is related to vertical leaf nitrogen gradient across Salix canopies. Tree Physiology 27: 1551 – 1559.
- Weih, M., Björkman, C., Didon, U.M.E., Rönnberg-Wästljung, A-C. (200X). Crop breeding to management: bridging genetics, physiology and ecology in agricultural research. Manuskript (eingereicht).
- Zsuffa, L., Sennerby-Forsse, L., Weisgerber, H., Hall, R.B. (1993). Strategies for clonal forestry with poplars, aspens and willows. In: Clonal Forestry II, Conservation and Application. Hrsg. M.R. Ahuja und W.J. Libby. Springer-Verlag, Berlin, S. 91 – 119.

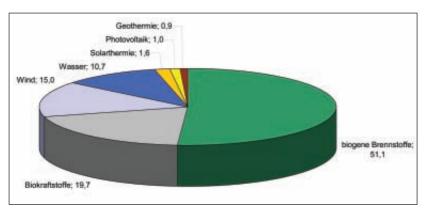
Autor:

Prof. Martin Weih Swedish University of Agricultural Sciences (SLU) Dept. of Crop Production Ecology P.O. Box 7043, 75007 Uppsala Schweden E-Mail: martin.weih@lto.slu.se

Agroforstsysteme als Option der Biomasserzeugung

Dr. Bernd Uwe Schneider Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Struktur der Endenergiebereitstellung aus Erneuerbaren Energien 2006 (Anteile in %)



Potenzielle Vorzüge der Biomassenutzung

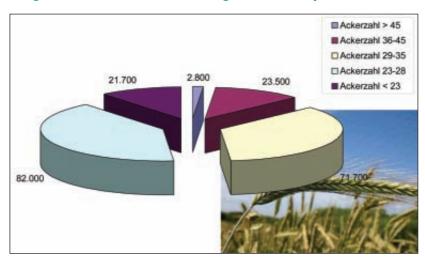
- Sehr großes noch unerschlossenes Potenzial
- Vielseitig: Wandlung zu Strom, Wärme und Treibstoffen
- Speicherbar, grundlastfähig
- Impulse für die Wertschöpfung im ländlichen Raum
- Versorgungssicherheit: Diversifizierung der Energieversorgung
- Hohes Entwicklungspotenzial im Bereich der stofflichen Nutzung (Bioraffinerie)
- Erhöhung der Importunabhängigkeit von fossilen Energieträgern

Ökologische Vor- und Nachteilswirkungen

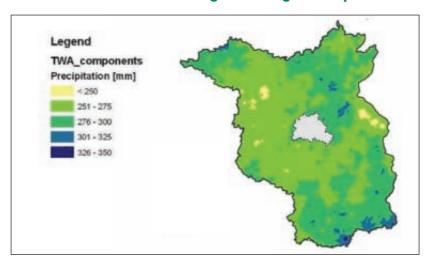
Zentrale Fragestellung zur Wandlung von Agrarlandschaften in "Energielandschaften"

- Auswirkungen auf den Landschaftswasserhaushalt
- Wirkung auf den Humusvorrat
- Belastung der Grundwassergüte
- Anfälligkeit gegenüber Witterungsextremen (Trockenheit, Wasserund Winderosion)
- Einfluss auf Grundwassergüte
- Effekte für die biologische Vielfalt

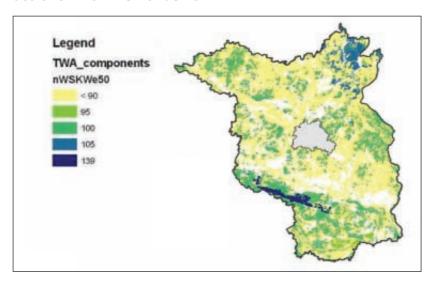
Flächen-Potentiale im Bereich der Landwirtschaft Klassifizierung der Ackerflächen in der Region Lausitz-Spreewald



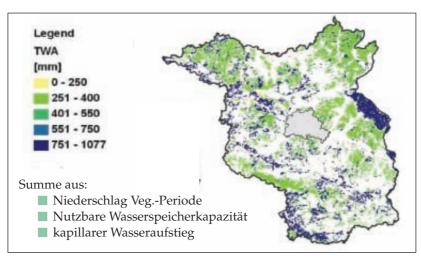
Wachstumsfaktor Niederschlag in der Vegetationsperiode



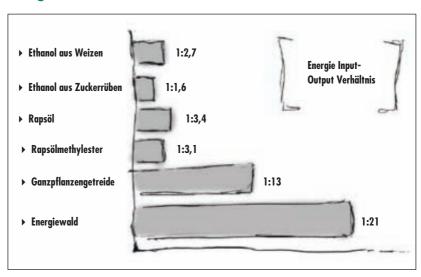
Wachstumsfaktor nutzbare Wasserspeicherkapazität des effektiven Wurzelraums



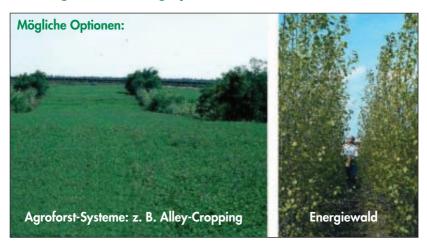
Wachstumsfaktor Transpirationswasserangebot in Brandenburg



Energiebilanzen



Neuartige Landnutzungssysteme



Interaktionen in Agroforstsystemen



Kaffeepflanzen beschattet von Lorbeerbäumen, Costa Rica



Anbau von Tee in Kombination mit Bäumen, China



Windschutzstreifen



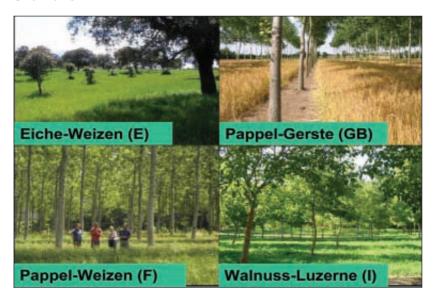
Alley-Cropping-System mit Pekannussbäumen und Weizen, USA



Silvopastorales Agroforstsystem



Agroforstsysteme in Spanien, Großbritannien, Frankreich und Italien

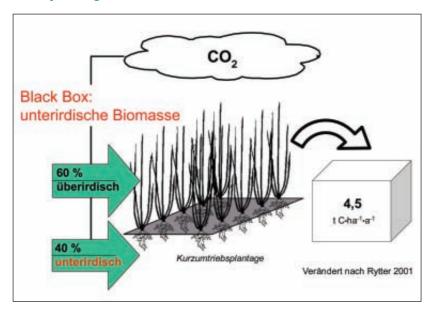


Kohlenstoff-Akkumulation im Rohboden (in %) einer Alley-Cropping-Versuchsfläche nach 9 Jahren

Tiefe (cm)	1997	2005 Baumstreifen	2005 Baumstr./ Feld	2005 Feld
0 – 10	0,45	1,55	1,13	1,04
	(0,26)*	(0,64)*	(0,25)	(0,24)
10 – 30	0,45	0,85	1,03	0,99
	(0,26)*	(0,28)	(0,34)	(0,28)

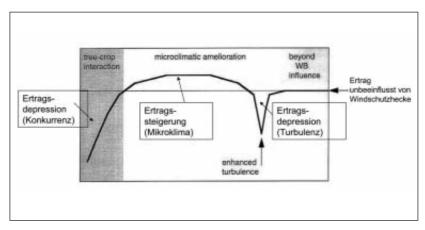
Verdopplung bis Verdreifachung des C-Gehaltes im Boden!

Ober- und unterirdische Kohlenstoffspeicherung in Kurzumtriebsplantagen

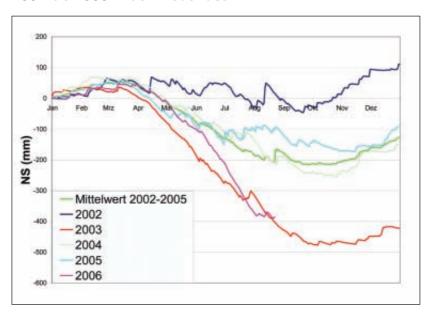


^{*} Standardabweichung

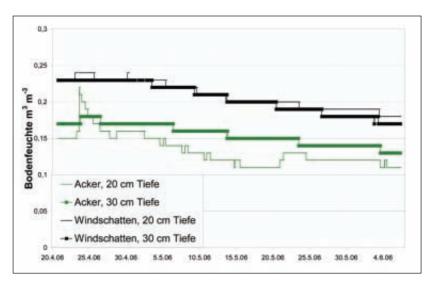
Einfluss von Windschutzhecken auf den Ertrag



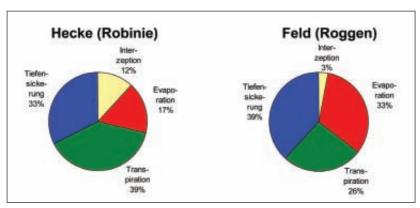
Klimatische Wasserbilanz der Jahre 2002 bis 2006 in der Niederlausitz



Verlauf der Bodenfeuchte im Windschatten einer Robinienhecke und auf einer benachbarten Ackerfläche



Umweltleistungen: Wasserhaushalt

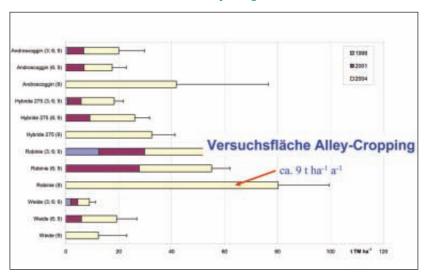


Gesamtwasserbilanz hinsichtlich Wasserverbrauch und Grundwasserneubildung für Ackerbereiche und Baumreihen insgesamt positiv (Mikroklima!)

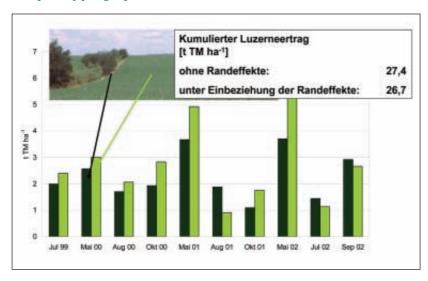
Akkumulierte Elementgehalte in der Asche von Pappel nach 3 Jahren und Nährstoffbilanz aus Rückführung der Asche (I) und Nährstoffentzug durch Holzernte (E)

Parameter	N (kg ha ⁻¹)	S (kg ha ⁻¹)	P (kg ha ⁻¹)	K (kg ha ⁻¹)	Mg (kg ha ⁻¹)	Ca (kg ha ⁻¹)	Cd (kg ha ⁻¹)	Pb (kg ha ⁻¹)
Mean	0,02	0,5	4,1	12,0	2,7	25,9	0,84	2,2
Min-max	0,01 bis 0,07	0,05 bis 0,12	2,9 bis 13,3	6,9 312	1,7 bis 6,7	24,8 bis 62,8	0,1 bis 2,4	1,8 bis 8,5
Balance I-C	-27,6	-1,1	-0,1	-7,0	-0,4	-0,1	-2,6	-0,1

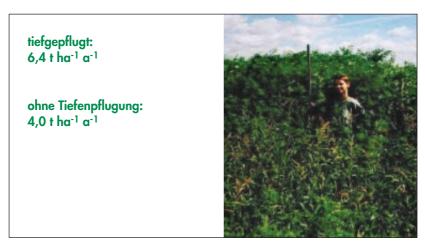
Biomasseakkumulation nach 9-jähriger Versuchsdauer



Interaktionen zwischen Robinie und Luzerne in einem Alley-Cropping-System



Alley-Cropping: Anbau von Hanf auf den Feldstreifen im Jahre 1998; Sorte Ferimon



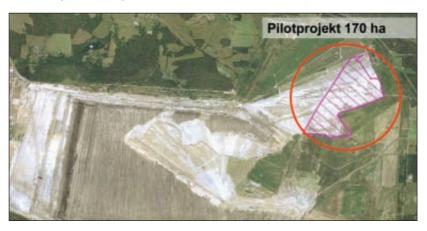
Auswahl angepasster Baumarten

- Ertragsschwankungen in Abhängigkeit vom Standort (Wasserversorgung) und der Pflanzdichte
- Pappel
 - Voraussetzung: gute bis sehr gute Wasserversorgung
 - i. d. R. bei gleichen Pflanzdichten gegenüber Weide überlegen
 - Größere Ertragsschwankungen als Weide
 - Nachhaltige Wachstumsdepression nach Trockenheit
 - Anfälligkeit für Schädlinge mit zunehmender Rotation
- Weide
 - Voraussetzung: sehr gute Wasserversorgung (Grundwasseranschluss)
 - dann geringere Ertragsschwankungen als bei Pappel
 - Erreicht bei sehr hohen Pflanzdichten sehr hohe Erträge
 - Hohe Pflanzendichten erfordern andere Anbauverfahren
- Robinie
 - Sehr gutes Wachstum unter Extrembedingungen, dort der Pappel und Weide überlegen
 - Wenig Erfahrungen auf besseren Standorten

Umweltleistungen: Einfluss der Gehölzstreifen auf die α -Diversität

Gruppe	Acker	Gehölzstreifen
Spinnen	7	6
Heuschrecken	3	4
Laufkäfer	31	65 Calathus fuscip
		(2/3 der Individuen)
Mäuse	2	2
Vögel	4	2
Pflanzen	11	23 Rebliulin Brutvogel
V. C. (C. 197)		(15 % Trockenrasenarten)
Agomum gra	cilipes - Rot	e Liste 1 in Brandenburg

Das Projekt Energiewald Welzow-Süd



"Gute Theorie muss alsbald zur Praxis führen, man kann ihren Wert geradezu daran ermessen" (W. Ostwald)

Energiewald Welzow

Neuanlage von:

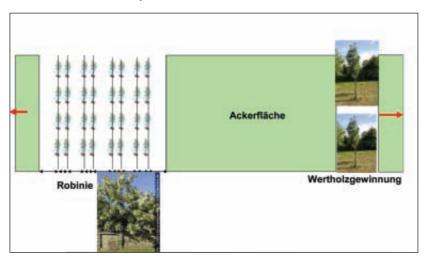
- 150 ha Energiewald
- 20 ha Alley-Cropping-Fläce

Forschungsschwerpunkte:

- Mikroklima
- C- und N-Speicherung im Boden
- Rentabilität (low input Ansatz)
- Trockenheitsresistenz
- Neuartige Fruchtfolgen
- Biomasseproduktion

Pflanzschema 2 (Energieholz+Wertholz)

Positive Umweltleistungen durch neuartige integrierte agrarische und forstliche Produktionssysteme in der Landwirtschaft.



Autoren:

Dr. Bernd Uwe Schneider Brandenburgische Technische Universität Cottbus Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung Postfach 101344, 03013 Cottbus E-Mail: schnuwe@tu-cottbus.de

Holger Grünewald, Dirk Freese, Ansgar Quinkenstein, Reinhard Hüttl

Symposium

Energiepflanzen

ERNTE, LOGISTIK UND ÖKONOMIE

Ökonomische Bewertung verschiedener Anbausysteme

Prof. Friedrich Kuhlmann, Dr. Thore Toews Justus-Liebig-Universität Gießen

1. Einleitung

Im Forschungsverbundprojekt "EVA" werden an sieben Standorten in Deutschland jeweils bis zu neun unterschiedliche Energiefruchtfolgen zur Rohstoffbereitstellung für die Biogaserzeugung untersucht.

Im folgenden Beitrag wird zunächst untersucht, welchen Einfluss der Standort auf die optimale Zusammenstellung von Energiefruchtfolgen für die Biogasproduktion unter den derzeitigen Marktbedingungen und den bisherigen Versuchsergebnissen hat. Anschließend wird für die betrachteten Versuchsstandorte gezeigt, inwieweit die jeweils besten Energiefruchtfolgen gegenüber ortsüblichen Marktfruchtfolgen konkurrenzfähig sind.

Eine ökonomische Bewertung der Versuchsergebnisse wird sehr stark durch Preise beeinflusst. Durch den starken Anstieg der Preise für pflanzliche Rohstoffe seit Herbst 2006 – insbesondere für Getreide –, haben sich die Kosten für den Faktor Boden durch steigende Opportunitätskosten ebenfalls erhöht. Hiervon haben intensive Kulturen, also solche mit gleichzeitig hohem Aufwand und hohem Ertrag profitiert. Dies ist mit Grund dafür, dass auf vielen Standorten derzeit Silomais die vorzüglichste Kultur als Rohstofflieferant für Biogasanlagen ist. Dies bedeutet jedoch nicht, dass in Zukunft weite Teile Deutschlands mit Maismonokulturen bestellt sein werden. Denn Fruchtfolgen sind nicht statisch. Im Gegenteil, wenn sich neue Produktionsalternativen bieten, wie beispielsweise die Novellierung des EEG 2002, die die Biogaserzeugung für viele Landwirte interessant machte, oder wenn sich Preisrelationen verändern, was gegenwärtig durch den deutlichen Anstieg der Getreidepreise geschieht, dann passen Landwirte ihre Fruchtfolgen den neuen Marktbedingungen entsprechend an. Auf Grund der veränderten Preisrelationen muss gegenwärtig wieder mit einer

Zunahme des Konsumgetreidebaus gerechnet werden. Die besten Alternativen zum Silomais sind unterschiedliche Formen des Getreideanbaus zur Ganzpflanzennutzung und Sudangräser.

2. Vorgehensweise

2.1 Marktpreis für Gärsubstrate

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist es sinnvoll, die Verwertung des jeweils knappsten Produktionsfaktors zu maximieren. Da auf Grund steigender Produktpreise und damit einhergehend steigender Flächenkosten Boden im Vergleich zu Arbeit und Kapital zunehmend der begrenzende Faktor sein wird, erfolgt die ökonomische Bewertung von Fruchtfolgen bzw. Produktionsverfahren anhand der Flächenverwertung bzw. dem Gewinnbeitrag je Hektar. Der Gewinnbeitrag ergibt sich durch Subtraktion aller Kosten ohne Flächenkosten von den Leistungen. Um ihn zu bestimmen, muss ein Marktpreis für die Substrate festgelegt werden. Dieser leitet sich für alle Substrate aus der Methanmenge, die bei deren Vergärung gewonnen werden kann, ab. Da Silomais das häufigste Gärsubstrat ist, wird der Substratkostenanteil der Methanproduktion aus dem Marktpreis von Silomais abgeleitet. Vielerorts haben die Silomaispreise 33 EUR/t FM frei Fermenter erreicht bzw. überschritten. Geht man davon aus, dass dem zuvor genannten Maispreis ein Trockenmassegehalt von 33 % und damit ein Methanbildungspotenzial von 95 m³ CH₄/t FM unterliegt, so leiten sich hieraus Substratkosten in bezug auf das produzierbare Methan von $35ct/m^3$ CH₄ ab.

Biogasanlagen ohne Wärmenutzung werden Substratpreise von 35 ct/m³ CH₄ nicht langfristig tragen können. Nach eigenen Modellkalkulationen für eine übliche Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 500 kWel, einer jährliche Auslastung von 7.500 Volllaststunden, einem elektrischer Gesamtwirkungsgrad des Blockheizkraftwerkes von 39 % und einen jährlichen Substratbedarf von etwa 9.000 t Silomais und 10.000 t Rindergülle beläuft sich bei einer Inbetriebnahme in 2007 und Baukosten von 3.500 EUR/kWel der Veredelungswert der Maissilage ohne Wärmenutzung auf 28 EUR/t FM frei Fermenter bzw. 0,29 EUR/m³ CH₄. Geht man in einer zweiten Kalkulation davon aus, dass die Biogasanlage für ca. 1,1 Mill. EUR ein Nahwärmenetz bauen kann und so annähernd 45 % der

überschüssigen Wärme für 9 ct/kWh verkaufen kann, so erhöht sich der Veredelungswert auf 35 EUR/t bzw. 37 ct/m³ $\rm CH_4$.

Vergleicht man den derzeitigen Marktpreis von $35 \text{ ct/m}^3 \text{ CH}_4$ mit den abgeleiteten Veredelungswerten, dann wird deutlich, dass ein Großteil der derzeitigen Biogasanlagen nicht vollkostendeckend wirtschaften kann. Biogasanlagen, die nur Strom produzieren, sind deshalb gezwungen die Energieausnutzung der Substrate – insbesondere durch eine verbesserte Wärmenutzung – zu steigern, um weiterhin wettbewerbsfähig zu bleiben.

In den folgenden Kalkulationen wird davon ausgegangen, dass die Biomasse eingelagert bzw. siliert wird und aus dem Lager verkauft wird. In Abhängigkeit vom Methanbildungspotenzial (Keymer, 2004) der Biomasse wird von einem Methanpreis von 0,35 EUR/m 3 CH $_4$ der Substratpreis abgeleitet. Lagerverluste und -kosten trägt der Biomasseverkäufer.

Welchen Einfluss hat der Substratpreis auf die Vorzüglichkeit von Anbaualternativen? Betrachtet man beispielhaft die Ergebnisse zweier Versuchsglieder vom Standort Dornburg mit unterschiedlicher Intensität – zum einen Silomais (5.456 m³ CH $_4$ /ha) und zum anderen einen Gemengeanbau von Wintergerste, -triticale und -weizen als Ganzpflanzensilage (3.152 m³ CH $_4$ /ha) – dann steigen bei beiden Alternativen die Gewinnbeiträge mit dem Produktpreis an (siehe Abbildung 1). Der Anstieg ist beim Silomais

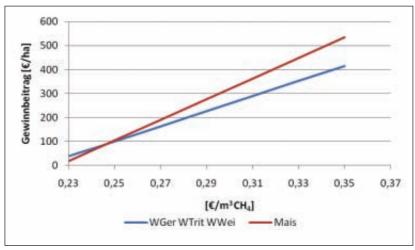


Abb. 1: Einfluss des Produktpreises (ct/m^3 CH_4) auf die Wettbewerbsfähigkeit von Silomais versus Wintergerste, -triticale und -Weizen Ganzpflanzensilage

wegen des höheren Ertrags jedoch größer. Da die Kosten beim Silomais (1.210 EUR/ha) höher liegen als beim Getreideganzpflanzenanbau (641 EUR/ha) ist der Gewinnbeitrag bei niedrigem Produktpreis bei der Getreideganzpflanzensilage höher als beim Silomais. Bei steigendem Produktpreis gewinnt der intensivere Silomais, zunehmend an Vorzüglichkeit.

2.2 Datengrundlage, Modellannahmen

Datengrundlage der betriebswirtschaftlichen Auswertungen sind die Versuchsergebnisse der ersten Anlage (Laufzeit 2005 bis 2008) des Grundversuchs "EVA". Für das Erntejahr 2007 liegen noch nicht von allen Standorten für alle Kulturen Ertragsdaten vor, so dass die Auswertungszeiträume nicht bei allen Fruchtfolgen identisch sind. Dies bedeutet, dass erst nach der Ernte des für alle Fruchtfolgen gleichen und letzten Fruchtfolgegliedes im Jahr 2008 ein vollständiger Vergleich zwischen den unterschiedlichen Fruchtfolgen möglich ist. Um die Fruchtfolgen mit unterschiedlichen Datenständen dennoch miteinander zu vergleichen, werden für jede Fruchtfolge die durchschnittlichen jährlichen Leistungen, Kosten und Gewinnbeiträge bis zur letzten erfassten Ernte aufsummiert. Die kumulierten Beträge werden anschließend durch die Zahl an erfassten Jahren dividiert. Die Ergebnisse zeigen ein Zwischenergebnis und kein Endergebnis.

Alle durchgeführten Arbeiten wurden mit Maschinenringsätzen (Toews, 2007), Pflanzenschutzmittel- und Saatgutaufwendungen mit aktuellen Preisen bewertet. Bei der Düngung wurden nicht die in den Versuchen ausgebrachten Düngermengen berücksichtigt, sondern es wurde verursachungsgerecht eine ertragsabhängige Düngung nach Entzug angesetzt (BMELV, 2005), wobei beim Stickstoff zum Ausgleich von Verlusten 20 % Überhang einkalkuliert wurden. Um die Versuchsergebnisse mit praxisüblichen Marktfruchtfolgen vergleichen zu können, wurde ein Versuchsfehler von 10 % vom Ertrag abgezogen. Da wie oben beschrieben Lagerkosten und -verluste vom Rohstoffproduzenten getragen werden, werden bei Silagen Lagerkosten und -verluste von 1,5 EUR/t FM bzw. 10 % und bei Körnern von 15 EUR/t und 3 % unterstellt.

3 Fruchtfolgenvergleich über Versuchsstandorte

In Tabelle 1 sind für jeden Standort die beiden besten Fruchtfolgen wiedergegeben. In der zweiten Spalte sind die Fruchtfolgeglieder der jeweiligen Fruchtfolgen dargestellt. Die dritte Spalte gibt an bis zum welchem Fruchtfolgeglied die Auswertung erfolgt ist.

Standort	Fruchtfolge*	bis	Gewinnbetrag [EUR ha ⁻¹ a ⁻¹]	Leistung [EUR ha ⁻¹ a ⁻¹]
Ascha	Mais - WRog - Mais - WRog WWick - SuGr - WWei -	4	320	1.270
Ascha	Mais - WRog - SuGr - WTrit - EinWeiGr - WWei -	4	192	1.292
Dornburg	Mais - Mais - Mais - WWei -	3	422	1.447
Dornburg	SuGr - WRog - Mais - WTrit - WWei -	4	182	1.173
Ettlingen	Mais - WRog - Mais - Mais - WWei -	4	508	1.621
Ettlingen	SGer - Ölr - Mais - WTrit - ZHirse - WWei -	4	437	1.124
Gülzow	Mais - WRog - SuGr - WTrit - EinWeiGr - WWei -	5	374	1.580
Gülzow	SGer - Ölr - Mais - WTrit - ZHirse - WWei -	4	374	1.146
Güterfelde	SuGr - WRog - Mais - WTrit - WRog -	4	5	795
Güterfelde	SRog - Ölr - Mais - WTrit - ZHirse - WRog -	5	-4	800
Trossin	Mais - WRog - SuGr - WTrit - EinWeiGr - WRog -	4	177	1.030
Trossin	SRog - Ölr - Mais - WTrit - ZHirse - WRog -	4	65	585
Werlte	Mais - WRog - Mais - WRog WWick - SuGr - WWei -	3	468	1.433
Werlte	Mais - WTrit - WGer - WWei -	2	314	1.010

^{*}Fruchtfolgeglieder in Fettdruck sind bereits ausgewertet

Tab. 1: Erst- und zweitbeste Fruchtfolgen nach Standorten differenziert

Abgesehen von Trossin (Sachsen) und insbesondere Güterfelde (Brandenburg) liegen die Gewinnbeiträge der beiden besten Energiefruchtfolge bei allen Standorten in der Regel über 200 EUR ha-1 a-1. Ettlingen (Baden-Württemberg), Dornburg (Thüringen) und Werlte (Niedersachsen) stellen die besseren Standorte dar, während Ascha (Bayern) und Gülzow (Mecklenburg-Vorpommern) das Mittelfeld und Trossin und Güterfelde die ungünstigeren Standorte darstellen. Die großen Unterschiede in den Gewinnbeiträgen spiegeln die unterschiedlichen Ertragspotenziale der Standorte wieder. Standorte mit hohem Ertragspotenzial haben in der Regel auch ein höheres Pachtpreisniveau, so dass sich die Gewinne je Hektar unter Berücksichtigung der Flächenkosten wieder angleichen werden. Auf allen Standorten hat Mais in der Regel in jedem Jahr hohe Erträge geliefert, so dass in den in Tabelle 1 ausgewiesenen relativ besten Fruchtfolgen Mais stets enthalten ist, womit sich die hohe Wettbewerbsfähigkeit von Mais als Futterpflanze bestätigt.

Um den Einfluss des Standortes auf die Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Früchte genauer aufzuzeigen, werden im Folgenden beispielhaft die beiden besten Fruchtfolgen der zwei Standorte Dornburg und Güterfelde genauer untersucht.

3.1 Dornburg

In Tabelle 2 sind für Dornburg die Erträge, Leistungen, Kosten und Gewinnbeiträge der jeweiligen Fruchtfolgeglieder der beiden besten Fruchtfolgen einander gegenübergestellt. In der Fruchtfolge 2 wurde mit Sudangras 2005 ein um 18 % höhere TM-Ertrag als mit Silomais im selben Jahr erreicht. Wegen des zu geringen TM-Gehaltes von 26 % und höheren Arbeitserledigungskosten ist der Gewinnbeitrag vom Sudangras jedoch geringer als beim Mais. Der Zwischenfruchtanbau von Winterroggen hat nach Abzug aller Kosten keinen positiven Gewinnbeitrag geliefert. Hier hätte entweder auf den Anbau verzichtet werden können oder man hätte den Erntezeitpunkt des Roggens nach hinten verschieben müssen. Wobei die letztere Möglichkeit zu einer Ertragsminderung des nachfolgenden Maises geführt hätte. Der Silomais in Zweitfruchtstellung hat 2006 mit einem Trockenmasseertrag von 102 dt TM/ha gegenüber 129 dt TM/ha in Hauptfruchtstellung in Fruchtfolge 7 einen um ca. 100 EUR ha-1 a-1 schlechteren Gewinnbeitrag erwirtschaftet. Das bisher abschließende Fruchtfol-

geglied der Fruchtfolge 2 war 2007 Wintertriticale, die als Korn geerntet wurde. Der Gewinnbeitrag lag hier sehr deutlich unter dem vom Silomais 2007. Nun ist es bei der derzeitigen Preislage nicht sinnvoll Getreidekörner zu vergären. Dies spiegelt sich in dem zu geringen Markterlös der Wintertriticale von nur 924 EUR/ha bzw. 11,3 EUR/dt wieder. Kalkuliert man alternativ einen Verkauf der Triticale mit 17 EUR/dt, so liegt der Gewinnbeitrag hier höher als beim Silomais. Dies macht deutlich, dass eine Kombination von Energie- und Marktfruchtanbau durchaus sinnvoll ist.

		7		2				
Frucht	Mais	Mais	Mais	SuGr	WRog	Mais	WTrit	
FF-Stellung	H Frucht	H Frucht	H Frucht	H Frucht	WiZw. Fr.	Zweit- Fr.	H Frucht	
Nutzung	GPS	GPS	GPS	GPS	GPS	GPS	Korn	
Erntejahr	2005	2006	2007	2005	2006	2006	2007	
FM-Ertrag dt/ha	448	413	699	598	264	354	82	
TM-Ertrag dt/ha	134	129	207	158	58	102	77	
TM-Gehalt	30%	31%	30%	26%	22%	29%	94%	
Methan netto m ³ /ha	3.544	3.401	5.456	3.347	1.380	2.682	2.641	
Marktleistung m ³ /ha	1.240	1.190	1.910	1.172	483	939	924	
Saatgut EUR/ha	132	132	132	43	56	132	65	
Pflanzenschutz EUR/ha	70	70	67	47	0	70	66	
Dünger EUR/ha	222	213	342	319	159	168	166	
Gärrest-Wert EUR/ha	162	155	249	240	121	122	103	
Ausbringungkosten Gärrest EUR/ha	105	95	164	152	68	84	4	
Erntekosten EUR/ha	269	248	419	359	159	212	90	
ArErlKosten EUR/ha	539	473	649	624	334	347	350	
Lagerkosten EUR/ha	67	62	105	90	40	53	123	
Kosten je ha ohne Pacht EUR/ha	973	890	1.210	1.034	535	732	673	
Gewinnbeitrag ohne Pacht EUR/ha	268	300	700	138	-52	207	252	

Tab. 2: Erst- und zweitbeste Fruchtfolge am Standort Dornburg

3.2 Güterfelde

In der Fruchtfolge 1 wurde 2005 Ölrettich angebaut (siehe Tabelle 3). Bei einem Trockenmasseertrag von 2 t/ha und einem TM-Gehalt zum Erntezeitpunkt von 7 % war Ölrettich nicht beerntbar und wurde deshalb als Gründüngung kalkuliert. Dies schlägt mit 150 EUR ha-1 zu Buche. In Fruchtfolge 2 wurde Winterroggen in Fruchtfolge 1 Wintertriticale als Zwischenfrucht angebaut. Beide Kulturen lieferten wegen des frühen Erntetermins zu geringe TM-Erträge, so dass keine positiven Gewinnbeiträge erwirtschaftet wurden. Zuckerhirse konnte in Zweitfruchtstellung kostendeckend angebaut werden. Sudangras lieferte von allen Kulturen den mit Abstand höchsten TM-Ertrag je ha. Wie in Dornburg führten der zu niedrige TM-Gehalt und die höheren Arbeitserledigungskosten jedoch zu einem geringeren Gewinnbeitrag als Silomais. Wenn der Anbau von Sudangras weiter optimiert wird und ein höherer TM-Gehalt erreicht werden kann, dann stellt es – genau wie auf dem Standort Dornburg (siehe Tabelle 2) – eine Alternative zum Silomais dar. Der Anbau von Wintertriticale (Korn) erbrachte einen Gewinnbeitrag von 57 EUR/ha. Mit dem Verkauf der Wintertriticale wäre ein deutlich höherer Gewinn erzielbar gewesen.

	2				1				
Frucht	SuGr	WRog	Mais	WTrit	SRog	Ölr	Mais	WTrit	ZHirse
FF-Stellung	H Frucht	Wi Zw.Fr.	Zweit- Fr.	H Frucht	H Frucht	So Zw.Fr.	H Frucht	Wi Zw.Fr.	Zweit- Fr.
Nutzung	GPS	GPS	GPS	Korn	GPS	GPS	GPS	GPS	GPS
Erntejahr	2005	2006	2006	2007	2005	2005	2006	2007	2007
FM-Ertrag dt/ha	557	160	200	52	158	266	314	211	375
TM-Ertrag dt/ha	135	23	71	44	57	20	79	59	83
TM-Gehalt	24%	14%	36%	86%	36%	7%	25%	28%	22%
Methan netto m3/ha	2.864	551	1.874	1.522	1.364		2.095	1.406	1.988
Marktleistung EUR/ha	1.003	193	656	533	477		733	492	696
Saatgut EUR/ha	51	56	108	49	61	40	116	49	14
Pflanzenschutz EUR /ha	47	0	63	34	0	0	55	34	47
Dünger EUR/ha	273	63	117	96	99	95	131	154	191
Gärrest-Wert EUR/ha	205	48	85	59	74	75	96	120	144
Ausbringung Gärrest EUR/ha	143	43	44	4	36	77	77	52	96
Erntekosten EUR/ha	334	126	120	90	90	160	188	127	225
ArErlKosten EUR/ha	559	271	255	275	280	270	303	312	430
Lagerkosten EUR/ha	84	24	30	77	24	40	47	32	56
Kosten je ha ohne Pacht EUR/ha	952	409	532	476	426	150	634	511	690
Gewinnbeitrag ohne Pacht EUR/ha	51	-216	124	57	51	-150	99	-19	6

Tab. 3: Erst- und zweitbeste Fruchtfolge am Standort Güterfelde

3.3 Vergleich der besten Früchte über alle Standorte

Die Darstellung der Einzelergebnisse für die Standorte Dornburg und Güterfelde hat recht ähnliche Ergebnisse erbracht: Mais besitzt eine sehr hohe Vorzüglichkeit, eine zu frühe Nutzung von Getreideganzpflanzensilage ist problematisch, Sudangras ist die nächstbeste Alternative zum Silomais und der Anbau von Marktfruchtgetreide in der Energiefruchtfolge ist sinnvoll. Treffen diese Ergebnisse auch für die anderen Standorte zu? Zur Beantwortung wird im Folgenden gezeigt, welche Kulturen bzw. Fruchtfolgeglieder im Versuch die höchsten Leistungen gebracht haben. Für diesen Vergleich der Wettbewerbsfähigkeit der einzelnen Früchte wurden – soweit vorhanden – die Ergebnisse mehrerer Jahre zusammengefasst. Anschließend wurden für jeden Standort die drei besten Früchte in Tabelle 4 ausgewiesen.

Auf allen Standorten mit Ausnahme von Dornburg ist Mais die vorzüglichste Kultur als Biogassubstrat. Die besten Alternativen zum Silomais sind Getreideganzpflanzennutzungen – allerdings mit einem ausreichend späten Erntetermin –, Zuckerhirse und Sudangras. In Ascha (Bayern) ist Kleegras die drittbeste Kultur, was daran liegt, dass Ascha mit einer Höhenlage von 460 m ü. NN und einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von 816 mm ein typischer Futterbaustandort ist. Die Gewinndifferenzen zu Mais und auch zu Wintertriticale sind jedoch erheblich.

Standort	Frucht	Stellung	Produkt	TM Ertrag dt/ha	Markt- leistung EUR/ha	Kosten EUR/ha	Gewinn- beitrag EUR/ha
Ascha	Mais	H.Frucht	GPS	160	1.477	1.020	458
Ascha	WTrit	WiZw.Fr.	GPS	107	894	676	218
Ascha	KleeGr	H.Frucht	GPS	85	692	565	127
Dornburg	WGer WTrit. WWei.	H.Frucht	GPS	132	1.103	688	416
Dornburg	Mais	H.Frucht	GPS	148	1.364	983	381
Dornburg	WTrit	H.Frucht	GPS	123	1.031	681	350
Ettlingen	Mais	H.Frucht	GPS	206	1.897	1.116	781
Ettlingen	ZHirse	H.Frucht	GPS	163	1.367	1.055	311
Ettlingen	WTrit	H.Frucht	GPS	113	942	645	296
Gülzow	Mais	H.Frucht	GPS	186	1.718	1.047	671
Gülzow	WTrit	WiZw.Fr.	GPS	131	1.094	747	347
Gülzow	SRog STrit	H.Frucht	GPS	91	765	498	266
Güterfelde	Mais	H.Frucht	GPS	111	1.022	739	283
Güterfelde	На	H.Frucht	GPS	57	480	420	60
Güterfelde	WTrit	H.Frucht	Korn	44	533	476	57
Trossin	Mais	H.Frucht	GPS	168	1.550	1.103	447
Trossin	WTrit	H.Frucht	GPS	71	598	425	173
Trossin	ZHirse	Zweit-Fr	GPS	73	610	470	139
Werlte	Mais	H.Frucht	GPS	142	1.313	864	449
Werlte	WTrit	H.Frucht	GPS	92	773	469	304
Werlte	HaMisch	H.Frucht	GPS	101	846	567	280

Tab. 4: Zusammenstellung der jeweils 3 besten Fruchtfolgeglieder differenziert nach Standorten

4 Wettbewerbsfähigkeit des Energiefruchtanbaus im Vergleich zum Marktfruchtanbau

Mit dem Anstieg des Preisniveaus für Getreide und Raps hat sich die Wettbewerbsfähigkeit der Bioenergieproduktion verschlechtert. Durch ebenfalls höhere Preise für Gä rsubstrate versuchen Biogasanlagen weiter-

Standort	Frucht	Ertrag dt/ha	Preis EUR/dt	Erlos EUR/ha	Trock. Lager EUR/ha	Direkt- kosten EUR/ha	A.Erl Kosten EUR/ha	Gew beitrag EUR/ha
Ascha	W.Roggen	45	20	900	68	288	398	146
Ascha	W.Roggen	45	20	900	68	288	398	146
Ascha	S.Gerste	45	23	1.035	68	276	333	359
Dornburg	W.Raps	38	30	1.150	57	358	353	381
Dornburg	W.Weizen	67	20	1.349	101	429	443	376
Dornburg	W.Roggen	62	20	1.231	92	341	398	400
Dornburg	W.Gerste	65	18	1.175	98	365	428	284
Ettlingen	W.Raps	40	30	1.200	60	366	353	421
Ettlingen	W.Weizen	70	20	1.400	105	445	443	407
Ettlingen	Mais	100	20	2.000	350	506	478	666
Ettlingen	S.Gerste	50	23	1.150	75	294	333	448
Gülzow	W.Raps	42	30	1.254	63	374	353	465
Gülzow	W.Weizen	70	20	1.402	105	446	443	408
Gülzow	W.Gerste	68	18	1.228	102	380	428	318
Güterfelde	W.Raps	27	30	810	41	309	353	108
Güterfelde	W.Roggen	42	20	840	63	282	398	97
Güterfelde	W.Roggen	42	20	840	63	282	398	97
Trossin	W.Raps	35	30	1.050	53	344	353	301
Trossin	W.Roggen	60	20	1.200	90	334	398	378
Trossin	W.Roggen	60	20	1.200	90	334	398	378
Trossin	W.Gerste	60	18	1.080	90	339	428	223
Werlte	Mais	80	20	1.600	280	467	478	375
Werlte	W.Weizen	72	20	1.440	108	450	443	439
Werlte	W.Gerste	62	18	1.116	93	349	428	246

Tab. 5: Alternative Marktfruchtfolgen der Versuchsstandorte

hin ihren Rohstoffbedarf zu decken. Steigen die Getreidepreise jedoch weiter – ein nicht auszuschließendes Szenario –, so werden Biogasanalgen die geforderten Preise früher oder später nicht mehr bieten können und die Produktion einstellen. Gibt es Standorte, die sich durch komparative Kostenvorteile mehr für die Bioenergieproduktion geeignet sind als andere? Um diese Frage für die betrachteten Versuchsstandorte zu beantworten, wird die Wettbewerbsfähigkeit der Bioenergieproduktion mit einem ortsüblichen Marktfruchtanbau verglichen. Welche Marktfruchtfolgen mit welchen Erträgen auf den jeweiligen Standorten typisch sind, wurde von den Versuchsstationen erfragt. Die Gewinnbeiträge der Marktfruchtfolgen wurden mit denselben Modellannahmen wie zuvor für den Bioenergieanbau kalkuliert. Die angenommenen Preise spiegeln in etwa das gegenwärtige Preisniveau wieder. Für Weizen (Brot-), Roggen und Körnermais wurden 20, für Braugerste 23, für Futtergerste 18 und für Winterraps 35 EUR/dt angenommen (siehe Tabelle 5).

Werden nun die durchschnittlichen jährlichen Gewinnbeiträge der Marktfruchtfolgen mit der jeweils besten Energiefruchtfolge verglichen (siehe Abbildung 2), dann kann mit der Bioenergieproduktion in Güterfelde, Trossin und Gülzow nicht der Gewinnbeitrag erwirtschaftet werden, der mit einem ortsüblichen Marktfruchtanbau möglich ist. An diesen Stand-

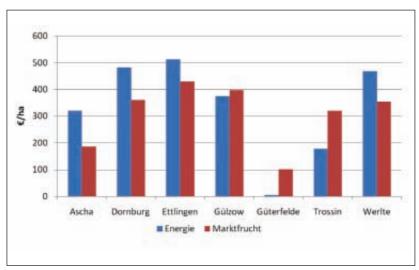


Abb. 2: Energiefruchtanbau versus Marktfruchtanbau

orten müsste der Preis für Biorohstoffe noch deutlich über 35 ct/m³ $\rm CH_4$ liegen, damit der Bioenergieanbau wettbewerbsfähig ist.

An allen anderen Standorten ist die Wettbewerbsfähigkeit der Bioenergieproduktion deutlich günstiger.

In Tabelle 6 sind die Standortinformationen: Jahresniederschlag, Durchschnittstemperatur, Bodenzahl und Höhe ü. NN der jeweiligen Versuchsstandorte wiedergegeben. In den beiden vorletzten Spalten sind der Gewinnbeitrag der besten Energiefruchtfolge und der der alternativen Marktfruchtfolge angegeben. In der letzten Spalte ist ausgewiesen bei welchem Preisniveau für Marktfrüchte Marktfrucht- und Bioenergieproduktion dieselben Gewinnbeiträge liefern. Bei der Veränderung des Preisniveaus wurden die Preisrelationen zwischen den unterschiedlichen Marktfrüchten konstant gehalten. Ein Preisniveau von 100 % entspricht den oben genannten Marktfruchtpreisen. In Dornburg könnte das Marktfruchtpreisniveau beispielsweise noch um 5 % ansteigen, bevor der Gewinnbeitrag der besten Bioenergiefruchtfolge durch die alternative Marktfruchtfolge erreicht wird.

Die genannten Standortinformationen lassen nur eine grobe Standortbeschreibung zu. Die Ergebnisse scheinen jedoch zu belegen, dass auf

Standort	Bundes- land	Jahres- nieder- schlag	Durch- schnitts- Temp.	Boden- zahl	Höhe	Gweinnbeitrag [EUR/ha]		Break- even markt-
					ü. NN	Energie- frucht	Markt- frucht	preis- niveau
Ascha	BY	816	7,7	48/50	460	320	217	111%
Dornburg	TH	578	8,1	46-80	260	422	360	105%
Werlte	NS	768	9	31	32	508	485	102%
Ettlingen	BW	742	10,1	75	170	374	397	98%
Gülzow	MV	542	8,3	25/30	7	5	101	89%
Güterfelde	ВВ	547	9,1	29-33	43	177	320	87%
Trossin	SN	420	9,1	28	120	468	353	108%

Tab. 6: Standortabhängiger Vergleich zwischen Energie- und Marktfruchtanbau

Standorten, die unter Sommertrockenheit leiden der Energiefruchtanbau weniger wettbewerbsfähig ist als auf feuchteren Standorten.

4.1 Zusammenfassung

Die Fruchtfolgegestaltung wird unter anderem von den Mengengerüsten der Produktion und von den Faktor- und Produktpreisen beeinflusst. Da letztere sich vergleichsweise rasch verändern, sind Fruchtfolgen insbesondere aus diesem Grunde nicht statisch, sondern unterliegen Anpassungsprozessen. Wurden noch vor einem Jahr Maismonokulturen prognostiziert und befürchtet, so wird aktuell eher wieder mit einer Zunahme des Getreidebaus zu rechnen sein. Die im Forschungsprojekt untersuchten Energiefruchtfolgen können sehr gut durch Marktfruchtgetreide ergänzt werden. Getreideganzpflanzensilage stellt eine interessante Ergänzung zum Silomais dar. Auch zur Verringerung des Risikos ist eine Kombination des Silomaisanbaus mit Getreideganzpflanzensilage sinnvoll. Sudangräser liegen in einzelnen Jahren im Gewinnbeitrag nur geringfügig unter Mais, so dass eine weitere züchterische Bearbeitung und Anbauoptimierung sinnvoll ist.

Untersucht wurde weiter, inwieweit Standorte in Abhängigkeit ihrer natürlichen ertragsbestimmenden Standorteigenschaften für die Biogasrohstoffproduktion geeignet sind. Die Auswertungen der Versuchsergebnisse zeigen, dass Standorte mit ausreichender Wasserversorgung relativ vorzüglicher für die Biogasrohstoffproduktion sind.

Zum derzeitigen Zeitpunkt ist es noch nicht möglich Aussagen dazu zu machen, inwieweit durch eine geschickte Fruchtartenauswahl Ertragsrisiken reduziert werden können. Insbesondere in Jahren mit extremen Witterungen, wie Frühjahrstrockenheit, extremen Niederschlägen etc. ist es vorteilhaft, wenn nicht das gesamte Anbauprogramm schwerpunktmäßig auf eine Frucht ausgerichtet ist. Mit anderen Worten: Don't put all eggs in one basket.

5 Quellen

BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz)
 (2005): Statistisches Jahrbuch über Ernährung Landwirtschaft und Forsten 2005

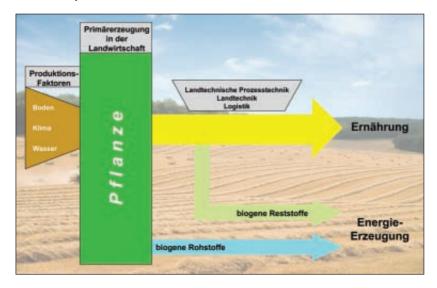
- Keymer, U. (2004): Biogasaubeuten verschiedener Substrate. Online im Internet: URL: http://www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225/index.php. Abrufdatum: 2.05.2006
- Toews, T, (2007). Zweiter Zwischenbericht: Ökonomische Bewertung des Anbaus und der Nutzung von Energiepflanzen.

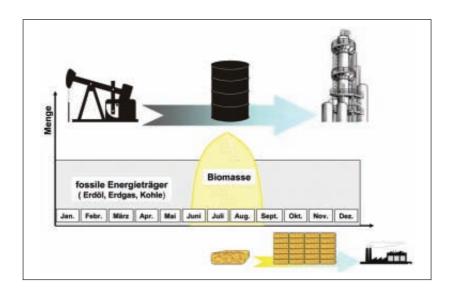
Autoren:

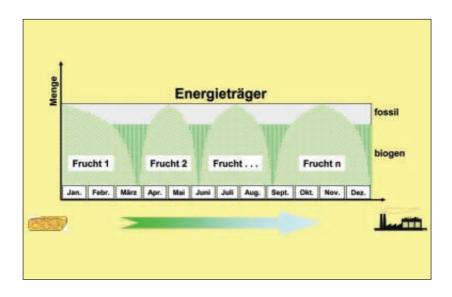
Prof. Friedrich Kuhlmann, Dr. Thore Toews Justus-Liebig-Universität Gießen Senkenberstr. 3, 35390 Gießen E-Mail: Friedrich.Kuhlmann@agrar.uni-giessen.de

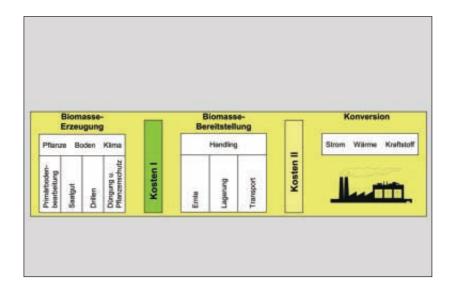
Energiepflanzen als Herausforderung für die Landtechnikindustrie (Biomass Technology)

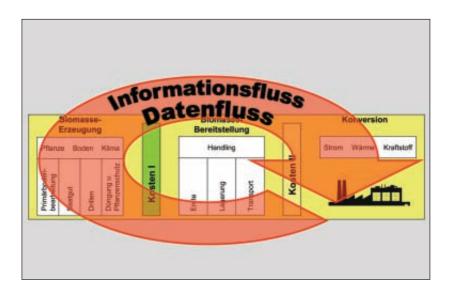
Dr. Horst Weigelt Claas Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH

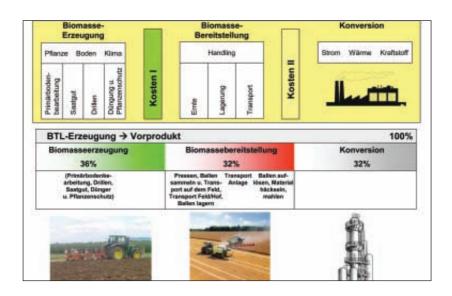


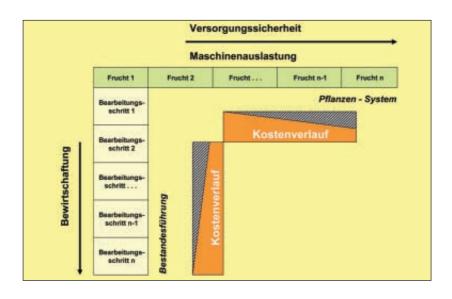


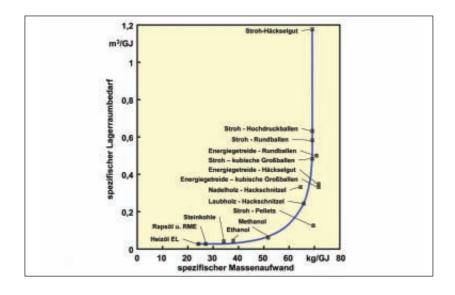


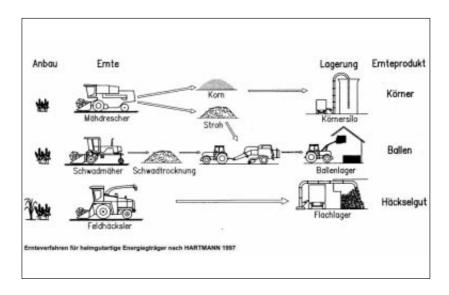






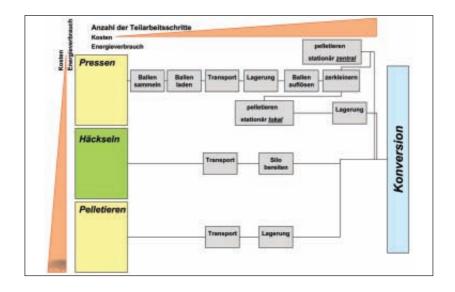




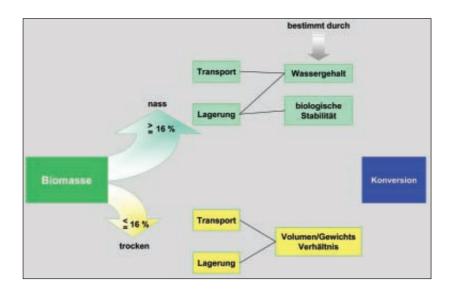


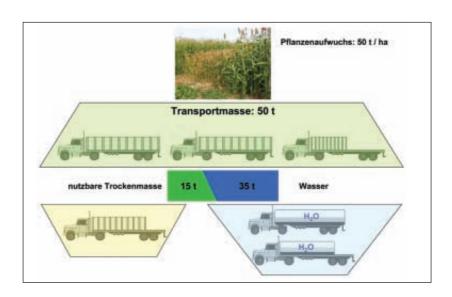












Autor:

Dr. Horst Weigelt Claas Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH Münsterstr. 33, 33428 Harsewinkel

E-Mail: Horst.Weigelt@claas.com

Entwicklung, Erprobung und Demonstration neuer Logistikkonzepte für Biobrennstoffe

Dr. Stefan Vodegel Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH – CUTEC

Ausgangslage

Biomassen besitzen bei der energetischen Verwertung den Vorteil der CO₂-Neutralität, aber den Nachteil der geringen Energiedichte gegenüber fossilen Brennstoffen. Beim Stroh als wichtigstem Vertreter des Halmgutes sind große Fortschritte bei der Verdichtung zu Großballen gemacht worden. Dadurch ergeben sich hinsichtlich der Transporteffizienz im Nahbereich deutlich bessere Voraussetzungen als bisher angenommen. Auswirkungen des Humus- und Nährstoffentzugs müssen beachtet werden. Für dezentrale Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung aber kann Stroh eine interessante Perspektive bieten.

Die Mobilitätswirtschaft mit Vertretern der Mineralöl- und Autoindustrie dagegen plant mit Kraftstoffen der 2. Generation. Beim synthetischen Diesel (Biomass to Liquid = BtL) ist absehbar, dass Anlagen einer gewissen Mindestgröße realisiert werden müssen um rentabel zu arbeiten. Aus ökologischer Sicht reicht es nicht, die Betrachtungen am Eingangstor der BtL-Produktionsstätte zu starten. Gesehen werden muss die Gesamtkette von der Pflanze auf dem Acker bis zum Sprit im Tank sowie die Schließung von Nährstoffkreisläufen. Dabei ist naheliegend, dass möglichst der gesamte Kohlenstoff der Pflanze für die energetische Verwertung sowie den Erhalt des Humusgehalts im Boden genutzt werden sollte und die Emissionen minimiert werden müssen. Zudem sind mineralische Reststoffe möglichst als Nährstoffe in den Stoffkreislauf zurückzuführen.

Mit Konzepten zur ganzheitlichen Nutzung von Biomassen beschäftigte sich die Universität Kassel, Institut für Nutzpflanzenkunde, unter Federführung von Herrn Professor Konrad Scheffer bereits seit Anfang der 1990er Jahre. Bis 2006 wurde hierzu in Kassel ein vom BMELV gefördertes Projekt mit dem Titel "Optimierung der energetischen Nutzung von feucht konservierten Pflanzenarten und Stroh durch Trennung in festen Brennstoff zur Herstellung von Pellets und flüssiges Biogassubstrat mittels Schneckenpresse" bearbeitet.

Auf der universitären Forschung aufbauend, begann 2006 das Verbundprojekt "BioLog: Entwicklung, Erprobung und Demonstration neuer Logistikkonzepte für Biobrennstoffe", mit dem die Ergebnisse von anwendungsorientierten Instituten gemeinsam mit leistungsfähigen Industriepartnern optimiert und im Praxismaßstab überprüft werden sollen.

Vorhabensbeschreibung

Das seit dem 1.08.2006 laufende Verbundvorhaben BioLog, angestoßen vom BMELV über die FNR mit insgesamt acht Partnern, geht wie bereits die früheren Konzepte der Universität Kassel von der Ernte und Silierung der Ganzpflanze aus. Die Silage wird in einer speziellen Presse entsaftet. Die abgepresste Flüssigkeit enthält sämtliche pflanzlichen Nährstoffe sowie Eiweiße, Zucker und Stärke. Dieser Presssaft kann in einer Biogasanlage eingesetzt werden. Den Energieinhalt des Gases nutzt ein Gasmotor zur Verstromung und zur Umsetzung in Wärme, welche verkauft werden kann oder zur Trocknung des verbleibenden Feststoffes dient. Das Pressgut wird durch Zusatz weiterer Energie bis zur Pelletierreife entwässert und abschließend in Form gebracht. Der Landwirt verkauft den Brennstoff in den Handel oder an Großanlagen, wobei z.Z. von besonderem Interesse die BtL-Anlagen sind, weil in Haushalten v.a. Holzfeuerungen existieren.

Da die Aufbereitung von Biomasse für eine Verbesserung der Logistikkette die Grundlage des Vorhabens darstellt, trägt es den Namen **BioLog**.

Ausgangsmaterial sind lagerfähige Silagen aus Ganzpflanzen der für Deutschland interessanten Gutarten Mais, Roggen und Gras. In einer ersten Versuchsreihe kam Gerste hinzu. Die Versuche erfolgen in Labor- und Technikumseinrichtungen der Partner sowie in einer kommerziellen Grünfuttertrocknungsanlage. Hinsichtlich der optimalen Biomasseversorgung können auch Silagen aus der Zwei-Kulturen-Nutzung eine erhebliche Rolle spielen. Neben etablierten Techniken kommt erstmals für Silage das Verfahren der Elektroporese mit dem Partner Forschungszentrum Karlsruhe zum Einsatz. Ziel ist es mittels elektromagnetischer Impulse die

Zellmembrane aufzuschließen und die Abpressbarkeit bei der Entwässerung zu erleichtern.

Die einzelnen Prozessschritte können auf unterschiedliche Art kombiniert werden, so dass verschiedene Routen der Biomasse bis zum Brennstoff entstehen (s. Abb. 1). Ziel ist es, den Weg der höchsten ökonomischen und ökologischen Effizienz zu finden. Dabei können sich aufgrund regionaler Unterschiede in Deutschland bezüglich Bodenqualität und Niederschlagsmenge durchaus unterschiedliche Ergebnisse einstellen.

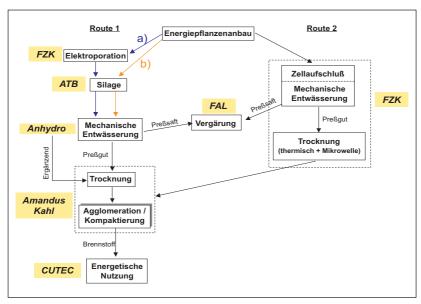


Abb. 1: Zur Untersuchung und Entwicklung anstehende Logistikkonzepte in BioLog, Anmerkung: a) und b): Alternativen in Route 1.

Um die Gesamtkette von der Energiepflanze bis zur Brennstoff-Charakterisierung und Biogasanlage abzubilden, fanden sich sechs Partner aus Industrie und Forschung. Ergänzt werden sie mit dem IFEU-Institut (Heidelberg) und der TLL (Dornburg) um zwei etablierte Institutionen zur ökonomischen und ökologischen Begleitforschung (s. Abb. 2).



Abb. 2: Beteiligte Institutionen in BioLog

Ergebnisse

Bem.: Die im Folgenden vorgestellten Ergebnisse beschränken sich auf die Route 1.b) mit dem Einsatz traditioneller Techniken der Saftauspressung, Trocknung und Pelletierung. In ersten Pressversuchen der Fa. Anhydro (s. Abb. 3) zeigte sich, dass jede Gutart individuelle Einstellungen der Presse benötigt.



Abb. 3: Abpressversuche mit der Schneckenpresse Azv der Fa. Anhydro im Trockenwerk Selbelang

Generell läßt sich, unabhängig vom Ausgangsgut und dessen Trockensubstanz (Abk.: TS)-Gehalt, durch die Schneckenpressung eine Anreicherung von ca. 10 Mas.-% an TS in der Brennstoff-Fraktion erreichen. Der Presssaft enthält dagegen nur ca. 15 Mas.-% Feststoff (s. Tab. 1). Abweichend ist das Gras, dessen Ausnahmestellung sich durch die gesamte Verarbeitungskette bis zur Vergasung zieht.

	TS-Gehalt Eintritt [%]	TS-Gehalt Austritt [%]	TS-Gehalt Presssaft [%]
Maissilage	34 – 36	44 – 49	12 – 16
Gerstensilage	32 – 33	42 – 43	13 – 16
Grassilage	32 – 35	41 – 44	8 – 10
Roggensilage	38 – 40	45 – 49	15 – 17

Tab. 1: Presserfolg der 1. Versuchswoche in Selbelang

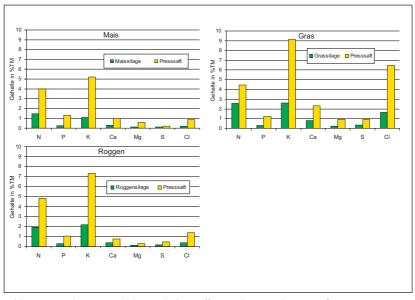


Abb. 4: Anteile ausgewählter Inhaltsstoffe in Silage und Presssaft

Im Presssaft erfolgt bei allen untersuchten Materialien eine deutliche Anreicherung an Nährmineralien und umwelt- bzw. feuerungstechnisch relevanten Inhaltsstoffen (s. Abb. 4). In der Gesamtbilanz sind allerdings die jeweiligen Massenströme zu berücksichtigen, was den Demineralisierungserfolg relativiert.

Die Anreicherung des Saftes mit pflanzlichen Nährstoffen sowie biologisch leicht verfügbaren organischen Komponenten und die Abreicherung mit für die Vergärung inerten holzartigen Bestandteilen verspricht ein energiereiches Substrat mit hoher Biogasausbeute. Zuerst aber beobachteten die Fachleute der FAL in Braunschweig, dass im Saft ein weißer Niederschlag entsteht, der den geplanten Einsatz von anaeroben Hochleistungsreaktoren erschwert (s. Abb. 5). Versuche zeigten, dass sein Methanbildungpotenzial hoch ist und die Feststofffraktion daher nicht verworfen sondern energetisch genutzt werden sollte. Untersuchungen zu seiner Zusammensetzung laufen noch.

Die quasi-kontinuierlichen Versuche wiesen nach, dass die Säfte eine gute Methanproduktivität besitzen (s. Abb. 6). Als bemerkenswert festzu-

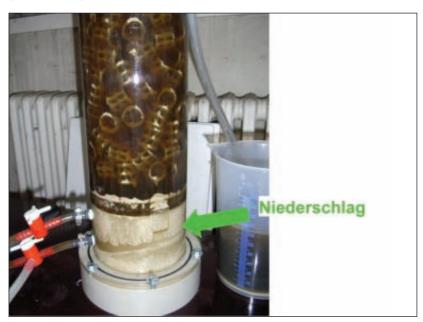


Abb 5: Niederschlagsbildung im Presssaft

halten bleibt, dass nach ein paar Monaten die Produktivität zurückgeht. Hier zeigt sich ein Effekt, wie er auch an modernen Biogasanlagen, welche ausschließlich mit Nawaro betrieben werden, zu beobachten ist: Aufgrund des Mangels an Spurenelementen geht die Aktivität der Bakterien zurück. Notwendig ist ein "Impfen" mit Reststoffen wie Gülle oder eine gezielte Zugabe der fehlenden Spurenelemente, damit eine Erholung eintritt und der Prozess mit hoher Raumbelastung betrieben werden kann.

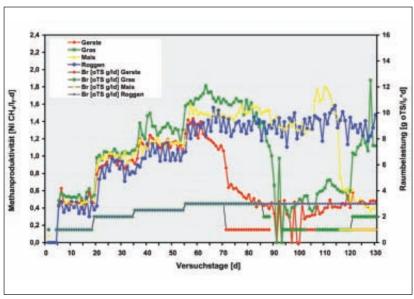


Abb. 6: Raumbelastung und Methanproduktion im quasi-kontinuierlichen Versuch

Die ausgepresste Fraktion aus der Anhydro-Presse wird getrocknet und pelletiert. Bei den bisherigen Versuchen wurde das Produkt mit Bandtrocknern auf 9 bis 13 Mas.-% Wassergehalt gebracht. Im weiteren Verlauf des Vorhabens kommen auch alternative Trocknungsmethoden, wie z.B. die Hochtemperaturtrocknung, im Labormaßstab zum Einsatz.

Nach der Wasserabreicherung erfolgt die Pelletierung in Maschinen der Fa. AMANDUS KAHL. In der verwendeten Flachmatrizenpresse wird das Produkt von oben in den Prozessraum bestehend aus Kollerkopf, Koller und Matrize kontinuierlich zudosiert. Es bildet auf der Matrize eine Materialschicht. Diese wird von den Kollern überrollt und somit in die Presskanäle der Matrize gedrückt. Der endlose Pressstrang, der auf der Matrizenunterseite austritt, wird mit Messern in gewünschte Zylinderlängen zerteilt (s. Abb. 7).



Abb. 7: Apparateschema einer exemplarischen KAHL-Flachmatrizenpresse

Die bisherigen Untersuchungen ergaben, dass mit längeren Presskanälen in der Matrize stabilere Pellets mit hoher Dichte und hoher Schüttdichte hergestellt werden können, dies jedoch mit hohem Energieeintrag (s. Abb. 8). Geringere Presskanallängen führen zu verminderter Dichte, niedriger Schüttdichte und höherem Abrieb jedoch bei geringerem Energieeinsatz. Bei der Pelletierung der Materialien ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen Mais- und Grassilagen. Die Maissilage war durch den Vorprozess deutlich homogener auf kleinere Teilchengröße zerkleinert verglichen mit der Grassilage. So ist ein elektrischer Energieeinsatz von knapp 40 kWh /tFS beim Mais zum Erreichen einer Schüttdichte von 0,6

kg/dm³ akzeptabel, der Wert von 60 kWh /tFS beim Gras unter der genannten Vorbehandlung aber aus ökonomischer und ökologischer Sicht fragwürdig.

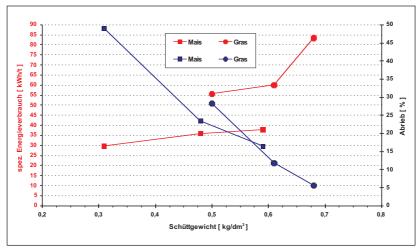


Abb. 8: Pelletieren von mechanisch entwässerter und thermisch getrockneter Silage, Pelletdurchmesser $\emptyset = 8$ mm, Variabel: Länge der Bohrung (Presskanal)

Mit der Form der Pellets ist das eigentliche Ziel, einen lagerfähigen und gut transportierbaren Brennstoff zu schaffen, erreicht. Wie aber sind die Eigenschaften der Materialien aus den verschiedenen Silagen? Erste Experimente mit dem Verfahren der Vergasung in einer Zirkulierenden Wirbelschicht gaben für kommerzielle Anwendungen vielversprechende Ergebnisse (s. Abb. 9). So hängen zwar (bei gleichen verfahrenstechnischen Parametern) Zusammensetzung und energetische Kennwerte von der Biomasse ab; mit allen Stoffen aber konnte ein für BtL-Einsatzzwecke hohes H₂: CO- Verhältnis von ca 2:1 erreicht werden. Dies ist bei Anwendung eines eisenbasierten Fischer-Tropsch-Katalysators ausreichend (benötigt: 1,75:1); für einen cobaltbasierten KAT wird 2,15:1 empfohlen. Wie der Versuch mit Gras unter Anwendung eines höheren Dampfeinsatzes zeigte, ist auch dieser Wert zu erreichen.

Es ist denkbar, dass der Produzent seine Brennstoffpellets an dezentrale Anwender, welche mit Vergasungsverfahren arbeiten und das Gas auf einen Motor zur Strom- und Wärmeproduktion geben, verkauft. Die Analy-

1.0 6.6 6.7 7.2 7.1 0.9 0.8 Gaskonzentration (Vol.-%, 0.7 □ CxHv ■ CH₄ 0.6 ■ H₂ ■ co 0.5 ■ N₂ 0.28 0.4 ■ CO₂ 5.79 7.83 6.99 0.3 0.2 34.2 34 1 0.1 0.0 0719-1 Mais 0719-2 Gerste 0719-3 Roagen 0719-6 Gras P=320 kW P=309 kW P=335 kW P=319 kW Dampf/O2=2.59 Dampf/O2=2.15 Dampf/O2=2.18 Dampf/O2=2.25 $\lambda = 0.38$ λ=0.28 λ=0.28 λ=0.27 T=816°C T=817°C T=829°C T=817°C H2:CO-Verhältnis: 1.99 1.90 1.80 2.32 H_u (MJ/Nm³): 9.47 9.14 9.53 8,90

se des Heizwertes ergab einen Wert von ca 9 bis 10 MJ/Nm³tr, was den Einsatz in einem Gasmotor ohne Zündstrahlunterstützung ermöglicht.

Abb. 9: Zusammensetzung und thermische Daten des Synthesegases

In der Gesamtkette von der Silage bis zur Energienutzung gute Werte am Ende zu erzielen ist erfreulich; weiterhin muss man die Rückkopplungen im Auge behalten. Große Aufmerksamkeit aus ökologischer Sicht verdient die Erzeugung von verwendbaren Nebenprodukten. Besonders die in den Biomassen enthaltenen Mineralien sollten in den Stoffkreislauf rückführbar sein. Dazu ist es notwendig, dass die Elemente nicht eingeschmolzen die Vergasung verlassen, sondern im feinkristallinen Zustand. Bei einer Arbeitstemperatur von 800 bis 850 °C wird diese Vorgabe erreicht (s. Abb. 10). Erste Eluatuntersuchungen nach dem DIN-Verfahren DEV S4 wiesen eine sehr gute Auslaugbarkeit für die Erd- und Alkalimetalle auf; nur das Phosphor liegt anscheinend in einer wasserunlöslichen Modifikation vor. Hier besteht noch Aufklärungsbedarf, um die Möglichkeiten einer Nährstoffrückführung zu quantifizieren.

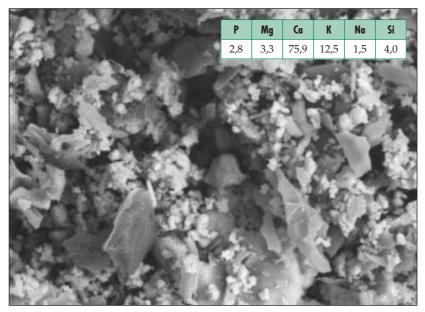


Abb. 10: Kornmorphologie der Filterasche aus der Maisvergasung mit Darstellung wichtiger Pflanzenelemente in [Atom.-%, bezogen auf die Auswahl]

Weiteres Vorgehen

Die bisherigen experimentellen Arbeiten optimierten bestehende Prozesse des Auspressens, der Vergärung, Pelletierung und Vergasung des Brennstoffs für die Silagen Roggen, Mais und Gras. Auch die hier nicht geschilderte Elektroporese entwickelte sich im Labormaßstab weiter. In der zweiten Hälfte des Projektverlaufes steht die Kombination der Erkenntnisse in halbtechnischen Anwendungswochen zur Produktion großer Pelletmengen sowie die Nutzung der Daten in der ökologischen und ökonomischen Begleitforschung an.

Detailliert bedeutet dies:

- 1) Optimierungsarbeiten zur Verringerung des Einsatzes elektrischer und fossiler Energie bis zur Pelletherstellung
- 2) Einsatz eines Festbettreaktors bei der Vergärung
- 3) Verbrennungsversuche

- 4) Untersuchung der Aschen zur Pflanzenverfügbarkeit der Mineralien
- 5) Produktion und Charakterisierung von Pellets mittels Elektroporese
- 6) Ökonomierechnungen der Gesamtkette und
- 7) Ökologische Bilanzierung der Gesamtkette von der Pflanze zu den energetischen Produkten einschließlich aller Transportwege.

Sollten die Punkte 6) und 7) erfolgversprechende Resultate liefern, ständen der Vermarktung von Ganzpflanzen in einer Kombination aus dezentralen und zentralen Anlagen mit Sicherstellung eines hohen Gesamtwirkungsgrades neue Möglichkeiten offen.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz sowie der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Gülzow) für die finanzielle Unterstützung des Vorhabens unter den Förderkennzeichen 05NR314 ff. sowie für die fachlichen Anregungen.

Autoren:

Dr. Stefan Vodegel Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH – CUTEC Leibnitzstr. 21 + 23, 38678 Clausthal-Zellerfeld E-Mail: stefan.vodegel@cutec.de

Stephan Sternowsky (Fa. AMANDUS KAHL, Reinbek) Ralf Rinder (Fa. Anhydro, Kassel) Volkhard Scholz (ATB, Potsdam-Bornim) Peter Weiland (FAL, Braunschweig)

Bewertung von Biogassubstraten mittels NIRS

Dr. Helmut Meßner Deutsches Maiskomitee e.V.

1. Einleitung

Der Anbau von Pflanzen zur Biomasse-bzw. Energiegewinnung und deren Bedarf an Fläche hat sich rasant entwickelt. Wurde 2005 noch auf knapp 80.000 Hektar Biomasse zur Verwertung in Biogasanlagen angebaut, hat sich die hierfür benötigte Fläche 2006 bereits auf ca. 180.000 ha verdoppelt. Für das Jahr 2007 ist mit einem Anbau jenseits von 300.000 Hektar zu rechnen.

Die Ausweitung der energetischen Nutzung von Biomasse erfordert eine flächenoptimierte Substraterzeugung, um Verdrängungseffekten oder Verschiebungen in der heimischen Agrarproduktion vorzubeugen oder diese zumindest zu minimieren. Potenziale sind vor allem in der Pflanzenzüchtung und in der Bereitstellung besonders geeigneter Sorten von Energiepflanzen zu sehen. Die Pflanzenzüchtung hat mit Ausnahme der Kulturen Silomais und Futterpflanzen die Biomasse im Rahmen ihrer Ertragszüchtung nicht als primäres Zuchtziel verfolgt. Für die Optimierung der energetischen Leistung in der Biogasproduktion ist zu prüfen, ob einfach erfassbare Merkmale wie "Biomassebildung pro Flächeneinheit" alleine aussagefähig genug sind. Für weitere Merkmale z.B. Gasausbeute sind entsprechende indirekte Methoden zu entwickeln, da eine Prüfung von Genotypen im Versuchsfermenter schnell an Kapazitätsgrenzen stößt und in der Sortenentwicklung wegen großer Versuchsserien nicht anwendbar ist. Da die alleinige Prüfung des Biomasseertrages nur einen ersten Schritt zu optimierten Pflanzensorten darstellen kann, ist es von großer Bedeutung, entsprechende Merkmale, die eng mit der Verbesserung des Biogasertrages korrelieren, zu finden. Um anschließend nutzbare Merkmale mit hoher Verlässlichkeit selektieren zu können, ist eine praktikable, kostengünstige Messmethode erforderlich. Hierzu bietet sich die Nutzung der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) an, die bereits bei der Bewertung der Futterqualität langjährig verlässlich eingesetzt wird und in der Züchtung, Futtermittelanalytik und landwirtschaftlichen Praxis anerkannt ist.

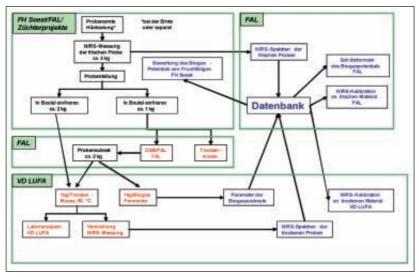
2. Aufgabenstellung und Projektziele

Unter Federführung des Deutschen Maiskomitees e.V. wurde im Jahr 2006 für das Verbundvorhaben naRoBi Bewertung nachwachsender Rohstoffe zur Biogaserzeugung für die Pflanzenzüchtung Antrag auf Projektförderung bei der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) gestellt. Die weiteren Verbundpartner sind die FH Südwestfalen in Soest, das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) in Darmstadt, die VDLUFA Qualitätssicherung NIRS GmbH in Kassel und das Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft an der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig. Die Förderbewilligung durch die FNR erfolgte im April 2007.

Die zentrale Zielsetzung des Projektes ist folglich die Entwicklung einer in der Züchtung anwendbaren NIRS-Methode. Dies setzt voraus, dass die für die NIRS-Kalibrierung erforderlichen Batch-Tests im Labormaßstab durchgeführt werden und quantitativ vergleichbare Analysenwerte zur Gasbildung liefern. Ein Ringversuch mit standardisierten Substraten soll unter den beteiligten Laboren Transparenz hinsichtlich der angewandten Methodik schaffen.

Die geplante Projektstruktur sieht zunächst die Entwicklung und Anwendung der Methode, dann in der Umsetzungsphase aber auch ihre ständige Kontrolle über ein durchgehendes Qualitätsmanagementsystem vor. Wesentlich wird sein, eine robuste Kalibrierung zu erhalten, die anschließend für ein breites Genotypenspektrum nutzbar ist. Die notwendigen Proben zur Erstellung und späteren Validierung sollen aus dem Anbau in den Teilvorhaben, aus verschiedenen Züchtungsprojekten und aus weiteren Forschungsverbünden zur Verfügung gestellt werden. Dies sind die Voraussetzungen, damit die Methode zuverlässig in der Routineanalytik und in der Züchtungspraxis eingesetzt werden kann.

Die Grafik zeigt die Projektstruktur und den daraus resultierenden Proben- und Datenfluss.



Grafik 1: Darstellung der Projektstruktur und dem daraus resultierenden Proben- und Datenfluss

3. Stand des Projektes

3.1. Aufbau von zwei NIRS-Messeinrichtungen von frischen Proben

Der Feldanbau diverser Kulturarten zur Probengewinnung erfolgt auf Versuchsflächen des Versuchsgutes Merklingsen der FH Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft sowie am Versuchsstandort Braunschweig der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft. Hauptfehlerquellen bei der online-Applikation der NIR-Messmethodik auf Erntemaschinen sind der Probenahmefehler der Referenzdaten und die Prozessicherheit und Systemstabilität. Für die Projektaufgabe, das Biogaspotential von frischem Pflanzenmaterial spektraloptisch zu kalibrieren, wurde deshalb eine atline-Messung mittels eines NIRS-Messstandes vor Ort präferiert. Der Prototyp des Messtandes wurde am Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft der FAL konstruiert und am Standort Braunschweig eingesetzt. Eine modifizierte Variante fand am Standort Merklingsen Verwendung. Nach Bedarf können beide Messstände zu anderen Standorten transportiert werden und dort Vorortmessungen durchführen.

Тур	3D-Transmissionsgitter-Polychromator inkl. Ordnungsfilter
SMA-Lichtwellenleiteranshluss	für Fasern mit Kerndurchmesser < 400 μm; F# = 3
Streulicht	1:50.000
Spektrale Auflösung	90 μm-Spalt: < 7 nm
Wellenlängenbereich	850 – 1650 nm
Abs. Wellenlängengenauigkeit	< 0,5 nm
Bewegliche optische Teile	keine
Detektor	Hamamatsu G9201-256S

Tab. 1: Technische Parameter der verwendeten Spektrometer



Abb. 1: Prototyp des Messtandes mit Systemelementen und Konfiguration am Versuchsstandort Braunschweig

3.2 Probengewinnung und Spektrenerfassung

Die Ernte am Versuchsstandort Merklingsen erfolgte mit einem selbstfahrenden Feldhäcksler vom Typ Claas Jaguar 830 Profistar 2, mit einem jeweils an die Fruchtart angepassten Schneidwerk. Die Probenahme erfolgt mit einer Probenahmeeinrichtung auf dem Häcksler. Am Versuchsstandort Braunschweig wurden die Proben auf dem Feld per Hand als Ganzpflanzen geerntet und anschließend stationär gehäckselt.

Erntetermin	Fruchtart	Ernte	Probenanzahl	Herkunft
13.09.07	Grobleguminosen	normal	9	Parzelle
13.09.07	Futterraps	früh	2	Großfläche
20.09.07	Mais (Mono)	normal	10	Parzelle
21.09.07	Futterraps	normal	6	Parzelle
21.09.07	Futterraps	normal	2	Großfläche
21.09.07	Sonnenblumen	früh	1	Großfläche
21.09.07	Sudangras	früh	1	Großfläche
21.09.07	Welsches Weidelgras	früh	2	Großfläche
26.09.07	Sonnenblumen	normal	10	Parzelle
27.09.07	Sudangras	normal	12	Parzelle
08.10.07	Welsches Weidelgras	normal	10	Parzelle
09.10.07	Mais (2.Frucht n. Gras)	normal	10	Parzelle
Summe Probenanzahl			75	

Tab. 2: Probenaufkommen vom Versuchsgut Merklingsen für die NIRS-Biogas-Kalibration

Die einzelnen Proben wurden gut durchmischt und in das Probengefäß des Messstandes gegeben.

Die Messzeit des Spektrometers wurde auf eine Umdrehung des Probengefäßes abgestimmt, während der der Messfleck auf Grund der exzentrischen Stellung des Messkopfes gegenüber dem Probengefäß einen Kreisring der Probe abscannt und ca. 300 Einzelspektren erfasst, die zu einem Mittelwertspektrum verarbeitet werden. Aus dem Messalgorithmus (Software) ergeben sich damit 6 Mittelwertspektren pro Probe, die für die Auswertung zur Verfügung stehen.

Erntetermin	Fruchtart	Ernte	Probenanzahl	Herkunft
10.09.07 – 17.10.07	Mais	S200 - S280	41	Parzelle
11.09.07 – 26.09.07	Sonnenblumen	normal	4	Parzelle
13.09.07	Welsches Weidelgras	1. Schnitt	1	Parzelle
13.09.07	Deutsches Weidelgras	1. Schnitt	1	Parzelle
20.09.07 - 18.10.07	Zuckerhirse	normal	2	Parzelle
18.10.07	Sudangras	früh	1	Parzelle
Summe Probenanzahl			50	

Tab. 3: Probenaufkommen vom Versuchsstandort Braunschweig für die NIRS-Biogas-Kalibration

Die Konservierung des Pflanzenmaterials erfolgte in zwei Verfahren:

Verfahren 1: Einfrieren: Das Material wird unmittelbar nach der Ernte online gemessen. Im Anschluss werden die Proben geteilt. Sowohl die für die für die Vergärung vorgesehene Probe, als auch die Proben für die Inhaltsstoffanalysen und die Kalibrationsentwicklung werden sofort eingefroren. Vom untersuchenden Labor wird das Material homogenisiert und für die jeweilige Analyse verwendet (siehe Proben- und Datenflussschema).

Verfahren 2: Silierung: Damit von dem gleichen Material, das für die Entwicklung von NIRS-Kalibrationen für Frischmaterial verwendet wurde, auch NIRS-Kalibrationen für Silagen erstellt werden können , werden von dem Pflanzenmaterial zusätzlich Laborsilagen hergestellt.

In einem parallelen Arbeitsschritt wurden von der VDLUFA Qualitätssicherung NIRS GmbH in Kassel auch Proben aus anderen Projekten und Forschungsverbünden als stoffliche Grundlage zur Kalibrierung unter Laborbedingungen herangezogen. Hierfür erfolgte die Entwicklung einer Arbeitsanleitung zur Probenahme für Biogas-Gärtests. Nach Abstimmung mit den Lieferanten der Proben wurden die Proben eingefroren und zur Lagerung übernommen. Von den gefrorenen Proben wurde ein Teil entnommen und für die NIRS-Messung getrocknet und vermahlen.

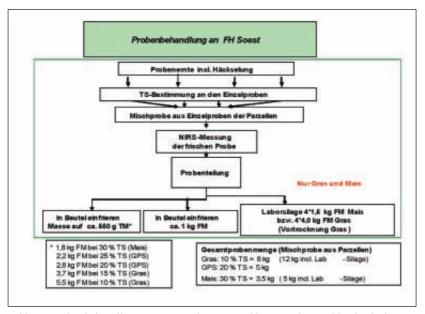


Abb. 2: Probenbehandlung im Versuchsgut Merklingsen der Fachhochschule Südwestfalen.

Die Spektren der getrockneten und vermahlenden Proben wurden in zweifacher Wiederholung auf einem NIRSystems 5.000 aufgezeichnet. Von den bisher vorliegenden fast 700 Proben erfolgte die Selektion der Proben für den Gärtest (Biogasertrag) aufgrund der Variation der Spektren. Bei einzelnen Fruchtarten wurden aufgrund der geringen Probenanzahl (z.B. Gräser) oder der Bedeutung als Rohstoff für Biogasanlagen (z.B. Mais) alle vorhandenen Proben für die Gärversuche selektiert. An dem beschriebenen Selektionsset werden zudem eine Standard-Laboruntersuchung auf Parameter der Futtermittelkunde (Asche, Protein, Fett, Faser, NDF, ...) durchgeführt.

3.3 Ringtestuntersuchung

Um den Ursachen für Abweichungen in den Messergebnissen von Fermentationsversuchen auf den Grund zu gehen, wurde in einem Ringtestvor-

haben unter Beteiligung von anfangs 17 Laboren die Gasbildung bzw. der Methanertrag bei Einsatz eines einheitlichen Ausgangsmaterials geprüft. Diese Arbeiten laufen begleitend zu den Aktivitäten, eine NIRS-Kalibration für Parameter der Biogaserzeugung zu entwickeln, und werden über die Projektlaufzeit mit unterschiedlichen Gärsubstraten wiederholt.

4. Ausblick

Das Versuchsvorhaben befindet sich im vorgesehenen Zeitplan. In der nächsten Vegetationsperiode wird es darauf ankommen, das geplante Fruchtartenspektrum mit weiteren Proben abzudecken und als vollständigen Datensatz für die Kalibrierung aufzubereiten.

Was die bereits vorliegenden Proben betrifft, sind die logistischen und terminlichen Planungen für die Batchtestvergärungen vorzunehmen.

Danksagung

Der FH Südwestfalen/Fachbereich Agrarwirtschaft, dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), der VDLUFA Qualitätssicherung NIRS GmbH und der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)/Institut für Pflanzenbau und Grünlandwirtschaft als Projektbeteiligte ist für die Unterstützung bei der Ausarbeitung des Manuskriptes zu danken.

Der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) gilt der Dank für die finanzielle Förderung des Verbundvorhabens "naRoBi – Bewertung nachwachsender Rohstoffe zur Biogaserzeugung für die Pflanzenzüchtung.

Autor:

Dr. Helmut Meßner Deutsches Maiskomitee e.V. Clemens-August-Str. 54, 53115 Bonn E-Mail: h.messner@maiskomitee.de

Datensammlung Energiepflanzen (am Beispiel der Bereitstellungskosten für Biogassubstrate)

Helmut Döhler Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

Zusammenfassung

Die Rohstoffkosten machen in NawaRo-Biogasanlagen 40 bis 60 % der Gesamtkosten aus. Daher sind niedrige Rohstoffkosten ein wichtiges Erfolgskriterium für eine ökonomisch erfolgreiche Biogasproduktion. Die Produktionstechnik für die Bereitstellung von Biogaspflanzen ist hoch entwickelt und weitgehend kostenoptimiert. Hohe Transportkosten können durch eine dezentrale Energieerzeugung (und Verwertung der Gärreste) verhindert werden. Bei der Analyse der verschiedenen für die Nutzung als Gärsubstrat geeigneten Kulturen wird klar, dass es für die meisten Regionen Deutschlands derzeit kaum Alternativen zum Silomais gibt. Entwicklungsbedarf besteht für vielfältigere Fruchtfolgen mit ähnlich hohen und höheren Methanhektarerträgen wie Silomais.

Einleitung

Für eine wirtschaftliche Energieerzeugung in Biogasanlagen ist sowohl für den Rohstoffproduzenten als auch für den Rohstoffabnehmer und Energieproduzenten eine genaue Kalkulation der Kosten von großer Bedeutung. Nur bei genauer Kenntnis der Kosten und einer damit einhergehenden fairen Preisgestaltung kann eine langfristige Versorgungssicherheit gewährleistet werden. Für die Wahl der richtigen Rohstoffe ist es wichtig, die Kosten der verschiedenen potentiell nutzbaren Energiepflanzen zu kennen.

In einem von der FNR geförderten Vorhaben wurden die Pflanzenbaudatenbestände des KTBL um Energiepflanzen erweitert. Dazu wurden

sowohl neue Pflanzen aufgenommen als auch bestehende Datensätze inhaltlich und methodisch erweitert. Die Veröffentlichung der Datensammlung erfolgte bereits im November 2006. Im Folgenden werden aus der Datensammlung beispielhaft die Bereitstellungskosten für Energiepflanzen zur Erzeugung von Biogas näher erläutert.

Bereitstellungskosten für Substrate auf Energiepflanzenbasis

Neben niedrigen Investitionskosten und guten Vermarktungschancen für die entstehende Abwärme ist die Verfügbarkeit kostengünstiger Gärsubstrate eines der wichtigsten Erfolgskriterien für eine ökonomische Energieerzeugung aus Biogas.

In Abbildung 1 sind die Kosten der Bereitstellung verschiedener Gärsubstrate nach den Positionen Anbau, Ernte, Lagerung und Transport zur Biogasanlage dargestellt. Bei allen Produktionsverfahren wurde eine

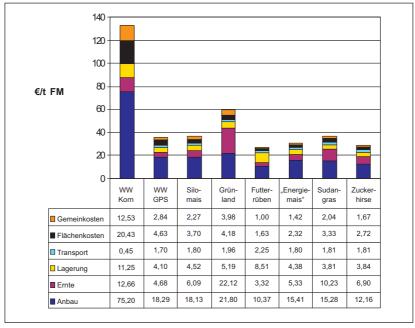


Abb. 1: Bereitstellungskosten für Biogassubstrate in EUR/t FM

Schlaggröße von 20 ha, eine Leitmechanisierung von 120 kW sowie eine Hof-Feld- bzw. Feld-Biogasanlagen-Entfernung von 4 km angenommen. Neben den Direkt- und Arbeitserledigungskosten werden die Flächennutzungskosten sowie anteilige Gemeinkosten berücksichtigt.

Aussagekräftig werden diese Zahlen jedoch erst, wenn man die Trockensubstanzgehalte und spezifischen Gaserträge der verschiedenen Kulturen bei der Berechnung berücksichtigt. Tabelle 1 zeigt diese Werte für die jeweiligen Kulturen.

	WW Korn	WW GPS	Silo- mais	Grün- land	Futter- rüben	Energie- mais	Sudan- gras	Zucker- hirse
TM-Gehalt (%)	87	35	35	35	18	35	27	22
- davon oTM	98	94	96	88	90	96	91	91
Gasertrag (Nm ³ /t oTM)	700	520	600	560	684	600	520	538
Methan- gehalt (%)	53	52	52	54	51	52	55	54

Tab. 1: TM-Gehalt, Gasertrag und Methangehalt von Biogassubstraten

Unter Berücksichtigung dieser Daten sowie unter Annahme eines elektrischen Wirkungsgrades von 38 % können die Substratbereitstellungskosten in Cent pro kWh elektrischer Strom ausgewiesen werden.

Ersichtlich wird, dass derzeit der Silomais das am günstigsten zu erzeugende Biogassubstrat ist. Verwirklichen sich die prognostizierten Züchtungsfortschritte, wird sich dieser Trend noch verdeutlichen. Für die Berechnung des "Energiemais" wurde ein – bislang noch fiktiver – Ertrag von $80\ t/ha$ ($28\ t\ TM/ha$) unterstellt.

Sehr kostenintensiv ist die Bereitstellung von Grassilage vom Grünland. Durch 3–4 Erntetermine mit jeweils geringen TM-Erträgen sind hier besonders die hohen Erntekosten für die hohen Gesamtkosten verantwortlich.

Futterrüben erzielen einen sehr hohen Biomasse- und Methanhektarertrag. Für eine ganzjährige Bereitstellung als Gärsubstrat stehen allerdings keine kostengünstigen Lager- und Konservierungsverfahren zur Verfügung. Die Möglichkeit Futterrüben zu musen und als Flüssigsilage in gasdichten Hochsilos zu konservieren konnte sich aufgrund der zu hohen Kosten in der Praxis nicht durchsetzen.

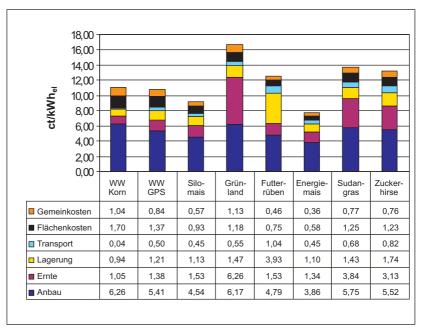


Abb. 2: Bereitstellungskosten für Biogassubstrate in Ct/kWh_{el} (BHKW-Wirkungsgrad: 38 %)

Auch der Anbau von Sudangras und Zuckerhirse stellt gegenwärtig noch keine Alternative zu Silomais dar. Diese Kulturen bringen zwar hohe Biomasseerträge, liegen aber bei den spezifischen Gaserträgen deutlich hinter dem Silomais. Hierzu muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Anpassung dieser Kulturen an den Standort Deutschland durch entsprechende Züchtung noch am Anfang steht. Perspektiven ergeben sich derzeit für sehr niederschlagsarme Regionen, dort deuten sich leichte Vorteile für Sudangras und Zuckerhirse an.

Eine ökonomische Alternative mit geringfügig höheren Kosten als Silomais stellt die Nutzung von Getreide als Ganzpflanzensilage bzw. als Korn dar.

Kostenstruktur der Biomassebereitstellung am Beispiel Mais

Die gesamte Bereitstellungslinie von Mais berücksichtigend (Anbau bis Anlieferung frei Siloplatte) machen die Kosten für den Anbau zusammen mit Flächen und Gemeinkosten mehr als drei Viertel der Produktionskosten aus. Das verbleibende Viertel entfällt auf die Ernteprozesse Häckseln (FA), Transport (TR) und Festfahren (FF) im Silo. Bereits bei einer Distanz von 4 km zwischen Feld und Biogasanlage macht der Transport mehr als 40 % der Erntekosten aus.

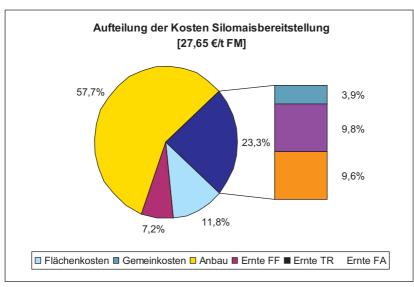


Abb. 3: Kostenstruktur der Bereitstellung von Silomais frei Siloplatte (Leitschlepper 120 kW, 6-reihiger Häcksler 250 kW)

Weitere Entfernungen führen zu deutlich höheren Transportkosten. Tabelle 2 zeigt die Kosten, den Arbeitszeitaufwand und die Anzahl der Transporteinheiten, die für einen unterbrechungsfreien Einsatz der Erntemaschine notwendig sind in Abhängigkeit von der Transportentfernung. Weitere Entfernungen führen zu deutlich höheren Transportkosten. Tabelle 2 zeigt die Kosten, den Arbeitszeitaufwand und die Anzahl der Transporteinheiten, die für einen unterbrechungsfreien Einsatz der Erntemaschine notwendig sind in Abhängigkeit von der Transportentfernung.

Verfahren	Transport- entfernung km	Anzahl Transport- einheiten	Arbeitszeit- bedarf AKh/ha	Transport- kosten EUR/t
	2	4	2,34	2,02
Silomais 50 t/ha;	4	5	3,07	2,55
Ernte mit Feldhäcksler, 300 kW	6	7	4,51	3,28
Transport Häckselgutwagen 40 m ³	10	9	6,46	4,46
	20	14	13,96	8,21

Tab. 2: Transportkosten in Abhängigkeit der Transportentfernung

Einfluss von Mechanisierungsgrößen auf die Biomassekosten

Besonders durch das massenintensive Ernteverfahren bei der Produktion von Silomais wirken sich die Größe der Maschinenausstattung und deren Auslastung stark auf die Arbeitserledigungskosten aus. Die Entwicklung von schlagkräftigen Erntemaschinen und großvolumigen Transport-

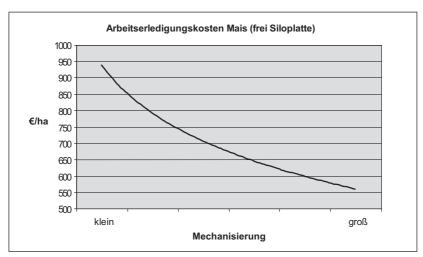


Abb. 4: Arbeitserledigungskosten von Silomais (frei Siloplatte) bei verschiedenen Mechanisierungsvarianten (klein: Leitschlepper 45 kW, einreihiger Anbaufeldhäcksler; groß: Leitschlepper 160 kW, 8-reihiger Feldhäcksler 400 kW)

einheiten hat in den letzten Jahren bereits zu einer deutlichen Senkung von Zeitaufwand und spezifischen Maschinenkosten geführt. Die Arbeitserledigungskosten konnten so um mehr als 30 % gesenkt werden (Abbildung 4). Nicht sicher ist, ob dieser Trend fortgesetzt werden kann, weil vor allem Begrenzungen beim Transport (StVO) und die hohen Radlasten der Erntemaschinen begrenzend wirken oder wirken werden. Der hohe Investitionsaufwand für diese Technik führt dazu, dass die Ernte in den meisten Fällen überbetrieblich durchgeführt wird, um den Kostenvorteil auch in Regionen mit klein strukturierter Landwirtschaft nutzbar zu machen.

Fazit und Ausblick

Hoher Stand an Wissen, Mechanisierung und Kostenoptimierung für "Biogaspflanzen". Grenzen der Kosteneinsparung durch Fortschritte in der Mechanisierung sind möglicherweise erreicht (StVO, Bodenschutz). Mais ist aus ökonomischer Sicht derzeit noch konkurrenzlos.

Die landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland ist eingedenk des hohen Bedarfs an hochwertigen Lebensmitteln und dem rapide steigenden Bedarf an NawaRos extrem knapp. U.a. deshalb besteht noch Bedarf für bessere Kenntnis für vielfältigere Fruchtfolgen bei ähnlich hohen oder höheren Methanhektarerträgen wie Mais.

Transporte spielen sowohl für Kosten als auch für die Energieeffizienz der Energiepflanzenproduktion eine wichtige Rolle. Bei derzeitigen Transport- und Logistikkonzepten ist die dezentrale Biogaserzeugung zu bevorzugen. Aus land- und volkswirtschaftlicher Sicht besteht Bedarf an Strategien zur Nutzung von Grünland.

Literatur

- DÖHLER et al. (2006): Pflanzenbauliche Strategien für die Zukunft wie weit reichen Technik und Wirtschaftlichkeit? In: Energiefruchtfolgen, Stoffkreisläufe, Bodenfruchtbarkeit; Tagungsband zur Fachveranstaltung von ilu, BGK und VHE, Bonn, 136 S.
- KTBL (2006): Datensammlung Energiepflanzen, Darmstadt, 372 S.
- KTBL (2005): Gasausbeute in landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Darmstadt, 24 S.

Autoren:

Helmut Döhler

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

Bartningstr. 49

64289 Darmstadt

E-Mail: h.doehler@ktbl.de

Stefan Hartmann, Henning Eckel

Band 30:	Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie 10. Symposium 2007	35,00 €
Band 29:	Analyse und Evaluierung der thermo-chemischen Vergasung von Biomasse	32,00 €
Band 28:	Studie "Wood-Plastic-Composites" Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe	10,00 €
Band 27:	Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie 9. Symposium 2005 and 4th International Green-Tech Conference	30,00 €
Band 26:	Innovationen bei der Bioethanolerzeugung	20,00€
Band 25:	Synthetische Biokraftstoffe Techniken – Potenziale – Perspektiven	20,00€
Band 24:	Biomasse-Vergasung Der Königsweg für eine effiziente Strom- und Kraftstoff-Bereitstellung?	25,00 €
Band 23:	Voraussetzung zur Standardisierung biogener Festbrennstoffe	40,00€
Band 22:	Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie 8. Symposium 2003	30,00 €
Band 21:	Bioethanol in Deutschland	20,00€
Band 20:	Innovative Verfahren zur Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse	20,00 €
Band 19:	Krambe – eine alternative Sommerölfrucht	kostenlos
Band 17:	Eigenschaften biogener Festbrennstoffe 2000	kostenlos

Band 16:	Machbarkeitsstudie zum Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in der Lackindustrie	kostenlos
Band 15:	Biokonversion nachwachsender Rohstoffe	kostenlos
Band 14:	Symposium on Renewable Resources and European Symposium on Industrial Crops and Products	kostenlos
Band 13:	Modellvorhaben Schnellwachsende Baumarten	30,95€
Band 12:	Chemische Nutzung heimischer Pflanzenöle	kostenlos
Band 11:	Biologischer Holzschutz	kostenlos
Band 10:	Biokonversion nachwachsender Rohstoffe	kostenlos
Band 9:	Marktchancen der Markerbsenstärke	kostenlos
Band 8:	Umweltverträgliche Holzaufschlussverfahren	kostenlos
Band 7:	Zusammenfassung: Hanf	kostenlos

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) Hofplatz 1 • 18276 Gülzow

Tel.: 0 38 43 / 69 30 - 0 Fax: 0 38 43 / 69 30 - 1 02 info@fnr.de • www.fnr.de

Gedruckt auf Papier aus Durchforstungsholz mit Farben auf Leinölbasis.

