

TA-PROJEKTE

***Miscanthus giganteus* als nachwachsender Rohstoff aus Sicht der Technikfolgenabschätzung**

von Markus Schorling, FSP BIOGUM, und Jana Weinberg, TU Hamburg-Harburg

Mit dem verstärkten Anbau von Mais (*Zea mays*) und Raps (*Brassica napus*) als nachwachsende Rohstoffe werden die Auswirkungen dieser einseitigen Ausrichtung auf die Landwirtschaft sowie die Umwelt sichtbar. Eine Alternative zu den bisher angebaute und genutzten Kulturen kann u. a. das Schilfgras *Miscanthus giganteus* bieten. In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Teilprojekt „Call-Bio – Beitrag Technikfolgenabschätzung“ werden ökologische, ökonomische und soziale Aspekte des Anbaus und der Nutzung von *Miscanthus giganteus* betrachtet.

1 Hintergrund

Der Ersatz endlicher Rohstoffe durch erneuerbare Rohstoffe gilt als wesentlicher Bestandteil einer nachhaltigen Energie- und Rohstoffversorgung (BMBF/BMEL 2014; BMBF 2010; BÖR 2010; SRU 2007). Seit einigen Jahren weist dieser Sektor starke Zuwachsraten auf und nimmt in Deutschland zurzeit eine Fläche von etwa 2,4 Mio. Hektar (von 12 Mio. Hektar Ackerfläche) ein (FNR 2013).

Neben der in den vergangenen Jahren diskutierten Flächenkonkurrenz stellt ebenso die einseitige Ausrichtung beim Anbau nachwachsender Rohstoffe ein viel diskutiertes Problemfeld dar. In Deutschland werden vorwiegend Raps zur Erzeugung von Biodiesel und Mais zur Gewinnung von Ethanol und Biogas großflächig angebaut, was (agrar-) ökologische und -ökonomische Auswirkungen nach sich zieht.

Eine mögliche Alternative stellen die Bereitstellung und der Anbau weiterer Arten und Sorten von Energiepflanzen dar. In diesem Kon-

text findet u. a. *Miscanthus* für die Gewinnung von Stroh ein wachsendes Interesse, und der Anbau stieg in den vergangenen Jahren auf bislang knapp 5.000 Hektar an (Schorling et al. 2014b).

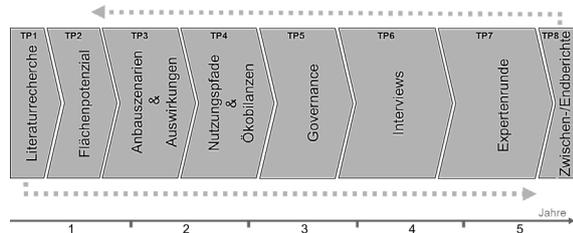
2 Zielsetzung und methodisches Vorgehen

In dem vom BMBF im Rahmen der BMBF-Förderrichtlinie „BioEnergie 2021 – Modul C Ideenwettbewerb“ geförderten Projekt „Call-Bio – Resistente Pflanzen für die vereinfachte Bioethanolvergewinnung durch Optimierung der Biosynthese des Zellwandpolymers Callose – Beitrag Technikfolgenabschätzung“ (Laufzeit 11/2009–09/2014) ist der Fokus auf *Miscanthus giganteus* als eine potenzielle Energiepflanze gerichtet. Der Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt (FSP BIOGUM) ergänzt die Arbeit der Arbeitsgruppe Voigt (Molekulare Phytopathologie und Genetik – Biozentrum Klein Flottbek), in der die Effizienz derzeit eingesetzter und potenzieller Energiepflanzen zur Herstellung von Biotreibstoffen der 2. Generation durch gentechnische Verfahren deutlich erhöht werden soll. Der FSP BIOGUM erfasst innerhalb dieses Projekts den möglichen Nutzen und die Risiken des Anbaus von *Miscanthus giganteus*. Dabei werden sowohl ökologische und ökonomische, als auch soziale Aspekte des Anbaus und der Nutzung von *Miscanthus* behandelt – immer mit Blick auf den Kontext nachwachsender Rohstoffe und erneuerbarer Energien.

Das Projekt ist aufgeteilt in verschiedene Teilprojekte, um bzgl. des Anbaus und der Nutzung von *Miscanthus giganteus* u. a. das Flächenpotenzial zu ermitteln, Anbauszenarien, Nutzungspfade und Ökobilanzen zu erstellen und zu bewerten sowie Interviews von Experten und Betroffenen sowie einen Workshop durchzuführen (Abb. 1). Die Teilprojekte mit ihren unterschiedlichen methodischen Herangehensweisen sind eng miteinander verzahnt und ergänzen sich untereinander. Begleitet wird jedes Teilprojekt durch Literaturrecherchen, um den aktuellen Stand zum Thema zu ermitteln und mögliche Problemfelder herauszuarbeiten. Innerhalb dieses Beitrags sollen schwerpunktmäßig die Teilprojekte „Flächenpotenzialanalyse“ und „Ökobilan-

zierungen“ vorgestellt werden, wobei Ergebnisse aus anderen Teilprojekten jeweils einfließen.

Abb. 1: Aufbau des Projektes „CallBio – Beitrag Technikfolgenabschätzung“



TP = Teilprojekt

Quelle: Eigene Darstellung

Zunächst wurde durch eine Flächenpotenzialanalyse auf Bundes- bzw. Landesebene (Beispiel Schleswig-Holstein) geklärt, unter welchen Bedingungen (Anbaubedingungen, Bodenverhältnisse, Temperatur, Niederschlag) und in welchem Umfang ein Anbau von *Miscanthus giganteus* in Deutschland möglich ist, um daraus folgernd eine grundlegende Einschätzung bzgl. (agrar-) ökologischer und -ökonomischer Aspekte zu geben.

Innerhalb der Flächenpotenzialanalyse wurden mithilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) digitale Karten erstellt, die Regionen in Deutschland ausweisen, welche für den Anbau von *Miscanthus giganteus* aus klimatischer Sicht und bzgl. der Bodenverhältnisse in Frage kommen können. Hierfür wurden zunächst die Ansprüche von *Miscanthus giganteus* für eine in Ertrag und Qualität befriedigende Produktion erfasst und dokumentiert. Danach erfolgte die Auswahl der Daten zur Darstellung der differenzierten Standortverhältnisse, um diese dann mit den Ansprüchen von *Miscanthus giganteus* abzugleichen. Dazu wurden verschiedene klima- und bodenabhängige Szenarien durchgespielt und erläutert (Schorling et al. 2014a).

Um die Umweltauswirkungen, die bei der energetischen Nutzung von *Miscanthus giganteus* entstehen, festzustellen, wurde sowohl der Anbau und die Bereitstellung des Rohstoffs, als auch die Wärme-, Strom- und Kraftstofferzeugung aus *Miscanthus giganteus* mit den Methoden der Ökobilanz (DIN EN ISO 14040; DIN EN ISO 14044) untersucht. Dabei wurde ermittelt, welche energetischen Verwendungen die größ-

ten Schadstoff- und Rohstoffeinsparungen gegenüber dem konventionellen, fossilen Prozess erbringen, um somit das optimale Einsatzgebiet von *Miscanthus giganteus* festzustellen. Konkret wurden in der Analyse die Emissionseinsparung an klimawirksamen Treibhausgasen, die Emissionen mit versauernder Wirkung sowie die kumulierten Energieaufwendungen im Vergleich zu Heizöl betrachtet. Im Rahmen der Ökobilanzierungen bestand eine enge Zusammenarbeit mit dem Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft der TU Hamburg-Harburg.

3 Ergebnisse

Der Rohstoff

Miscanthus giganteus wurde 1935 in Europa zunächst als Ziergras eingeführt. Erst ab den 1980er Jahren nahm die Nutzung als nachwachsender Rohstoff zu (TFZ 2009). Neben der hauptsächlich energetischen Nutzung als Heizmaterial bieten sich auch zahlreiche Einsatzmöglichkeiten von *Miscanthus* im stofflichen Bereich (Einstreu für Pferde, Torfersatzstoff, Kunststoffersatz, Baumaterial, u. a. für die Herstellung von Leichtbeton oder Dämmplatten, Dacheindeckungen, Papierherstellung etc.) an. *Miscanthus giganteus* wird meistens als Rhizom in den Boden eingebracht, ist mehrjährig und kann nach zwei Jahren erstmals geerntet werden. Die Ernte erfolgt im Frühjahr mit Maishäckseln. Die holzigen Stiele sind zu diesem Zeitpunkt gut getrocknet. Die grünen Pflanzenteile und das Laub, welches im Laufe des Herbstes abgeworfen wird, schützen den Boden und die Rhizome vor Frost. Die über den Winter stehende Kultur bietet der Fauna Schutz und Lebensraum (Pude 2010). Langjährige Kulturen tragen außerdem zum Schutz vor Bodenerosion bei (BfN 2010). Im Vergleich zu bisher üblichen Kulturen besitzt *Miscanthus giganteus* einen relativ geringen Nährstoff- und Pestizidbedarf und kann zu einer höheren Biodiversität beitragen (Müller-Sämann et al. 2002). Bei einem ökologischen Anbau mit Verzicht auf Pflanzenschutzmittel lässt *Miscanthus giganteus* eine Reihe weiterer Arten zu, ohne als dominante Form verdrängt zu werden.

Das Besondere am Anbau von *Miscanthus giganteus* ist die mehrjährige Nutzung eines Bestandes. Die Kosten des Anbaus müssen somit nur im ersten Jahr getragen werden und können über die ertragsreichen Jahre verrechnet werden. Mehrheitlich wird mit einer Kulturdauer von bis zu 20 Jahren gerechnet, wobei 18 Jahre davon eine volle Ertragsleistung aufbringen, da neben dem Pflanzjahr im zweiten Anbaujahr noch nicht mit vollen Erträgen zu rechnen ist. Unter den in Deutschland herrschenden Klimabedingungen ist im Durchschnitt mit Erträgen zwischen 15 t und 22 t Trockenmasse pro Hektar zu rechnen (Frühwirth et al. 2006).

Durch Literaturrecherche sowie den Austausch mit Praktikern wurden Kosten und Erträge des Anbaus von *Miscanthus giganteus* zusammengetragen. Dabei zeigte sich, dass die Investitionskosten nach dem fünften Jahr beglichen sind und der Deckungsbeitrag (er gibt Auskunft über die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und kennzeichnet die relative Vorzüglichkeit einzelner Produktionsverfahren) eine relativ hohe potenzielle Leistung aufweist. Außerdem ist *Miscanthus giganteus* im Vergleich zu anderen Kulturen als relativ vorzügliche Kultur anzusehen. Durch eine Ausweitung der Anbaujahre würde der Deckungsbeitrag steigen (Anbaukosten würden auf mehrere Jahre verteilt). Bereitstellungskosten, Verkaufspreis des Erntegutes sowie Kosten für Transport und Lagerung bieten diesbezüglich ebenso Spielräume. An verschiedenen Optimierungsansätzen wird gearbeitet (Verarbeitung zu Ballen, Briketts, Pellets etc.) (Sieverdingbeck et al. 2010).

Bei einer Ernte im Frühjahr eignet sich *Miscanthus giganteus* aufgrund des geringen Grünanteils als idealer Brennstoff für Holzpelletöfen oder Holzfeuerungsanlagen (Frühwirth et al. 2006). Die Hauptnutzung dieser Energiepflanze erfolgt deshalb z. Z. als Hackschnitzel zur Wärmeerzeugung und teilweise auch zur gekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom.

Für die Energie eines Liters Heizöl Extra Leicht (HEL) werden 2,23 kg *Miscanthus*-Häcksel mit 14 Prozent Wassergehalt benötigt. Bei einem Ertrag von etwa 18 t Trockenmasse pro Hektar können 8,071 Liter HEL ersetzt werden

(bei einem Preis von 0,80 €/L HEL entspricht dies den Kosten von 6457 € für HEL).

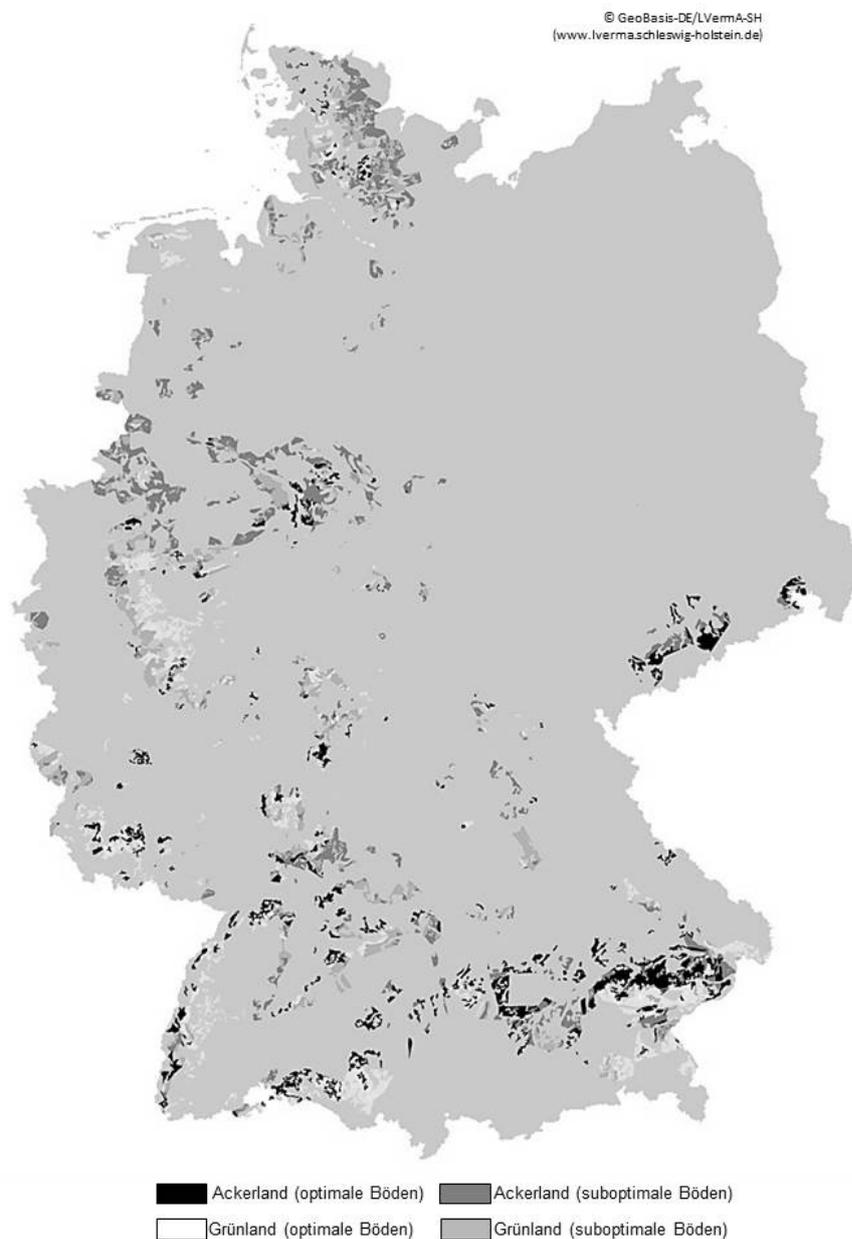
Der Heizwärmebedarf eines Einfamilienhauses liegt bei etwa 25.000 kWh. Um diesen Wert zu erreichen, muss die Energie von 2.500 L HEL (gemittelt) oder 5.592 kg *Miscanthus giganteus* verwendet werden (Frühwirth et al. 2006). Die Energie des Heizöls kostet somit pro Jahr 2.000 € und die des *Miscanthus* 559 € (Preis für *Miscanthus giganteus*: 0,10 €/kg). Bei der Umstellung einer konventionellen Ölheizung zu einer mit *Miscanthus giganteus* betriebenen Hackschnitzelheizung können so pro Jahr 1.441 Euro eingespart werden. Ein Einfamilienhaus benötigt demnach 1/3 ha *Miscanthus giganteus* zum Heizen und der Warmwasseraufbereitung. Anders formuliert: Durch den Anbau von einem Hektar *Miscanthus giganteus* können drei Einfamilienhäuser mit Energie zum Heizen versorgt werden.

Im Vergleich zur konventionellen Nutzung von Holzpelletöfen mit Holz hackschnitzeln (Wassergehalt 20 Prozent; 4,0 kWh/kg; 131,46 €/t) können im Jahr 262 Euro eingespart werden (LWF 2009).

Die Flächenpotenzialanalyse

Um die potenziellen Anbauflächen von *Miscanthus giganteus* zu ermitteln, wurden verschiedene Szenarien erstellt. In einem Szenario werden nur die Ackerflächen berücksichtigt, die uneingeschränkt geeignete Böden besitzen und bei denen die Klimadaten die höchsten Ansprüche der in der Literatur genannten Anbaubedingungen aufweisen (Szenario 1). Ein zweites Szenario zeigt jene Flächen, die dazukommen, wenn man auch eingeschränkt geeignete Böden (optimale Böden, allerdings mit Anteilen von Staunässe, Gleye und Pseudogleye sowie Rendzinen und Sande) mit einbezieht (Szenario 2). In gleicher Weise wurden Szenarien für Flächen, die aktuell als Grünland genutzt werden, erstellt (Szenario 3 und 4). Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse dieser vier Szenarien auf, die die potenziellen Anbauflächen von *Miscanthus giganteus* wiedergeben. Auf diesen Flächen könnte *Miscanthus giganteus* angebaut werden, wobei durchschnittliche bzw. überdurchschnittliche Erträge zu erwarten sind, ohne dass eine zusätzliche Bewässerung notwen-

Abb. 2: Szenario 1–4: Darstellung der optimalen und suboptimalen Böden auf Ackerstandorten und Grünland unter optimalen klimatischen Bedingungen in Deutschland



Quelle: Eigene Darstellung

dig wäre. Dabei wird deutlich, dass eine relativ große Fläche an Ackerland (insgesamt 2.348.397 ha) bzw. Grünland (insgesamt 1.691.873 ha) bzgl. der Bodenverhältnisse und klimatischen Gegebenheiten in Deutschland für einen optimalen Anbau von *Miscanthus giganteus* mit hohen Ertragserwartungen zur Verfügung steht (weitere Ausführungen s. Schorling et al. 2014a). Allerdings ist anzumerken, dass seit 2009 ein Ver-

bot des Umbruchs von Grünland zu Ackerflächen besteht. Da aber für verschiedene Kulturen und Anbauformen (z. B. Kurzumtriebsplantagen) Ausnahmeregelungen bestehen, wurden Grünlandflächen in die Szenarien mit aufgenommen.

Die Ökobilanzierungen

Die Ökobilanzierungen bzgl. des Anbaus und der Bereitstellung des Rohstoffs zeigen, dass unabhängig vom Anbau- und Ernteverfahren von *Miscanthus giganteus* die Emissionseinsparungen an klimawirksamen Treibhausgasen (in CO₂-eq.), an Emissionen mit versauernder Wirkung (in SO₂-eq) sowie den kumulierten Energieaufwendungen (in MJ-eq.) im Vergleich zu Heizöl deutlich erkennbar sind.

Bezüglich der Rohstoffbereitstellung kann festgestellt werden, dass eine Aufbereitung des gehäckselten Ernteguts zu Ballen oder Pellets zwar für eine bessere Transport-

würdigkeit sinnvoll erscheint, allerdings bezüglich der betrachteten Wirkungen, aufgrund eines höheren Energieaufwands und den damit verbundenen Emissionen, nicht sinnvoll ist. Daher empfiehlt es sich, die Transportwege kurz zu halten und *Miscanthus giganteus* in dezentralen Anlagen zu verwerten, um mit dem, im Vergleich zu Ballen oder Pellets, weniger leicht zu

Tab. 1: Vergleich der betrachteten Nutzungssysteme bzgl. der Emissionen an klimawirksamen Treibhausgasen, der Emissionen mit versauernder Wirkung sowie den kumulierten Energieaufwendungen

| | Treibhausgasemissionen | | | Emissionen mit versauernder Wirkung | | | Kumulierte Energieaufwendungen | | |
|---|------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------|--------------------------------|---------|-------------------|
| | Verminderung | Einheit | rel. Verminderung | Erhöhung | Einheit | rel. Erhöhung | Verminderung | Einheit | rel. Verminderung |
| Miscanthussystem (fossiles Referenzsystem) | | | | | | | | | |
| Kleinfuehrung (Ölheizung) | 84,9 | g CO ₂ ,eq/MJth | 90 % | 392,6 | mg SO ₂ ,eq/MJth | 232 % | 1,29 | MJ/MJth | 93 % |
| Ballenheizwerk (800 kW Erdgasheizwerk) | 65,1 | g CO ₂ ,eq/MJth | 82 % | 202,9 | mg SO ₂ ,eq/MJth | 321 % | 1,16 | MJ/MJth | 84 % |
| Pelletsheizwerk (1 MW Erdgasheizwerk) | 67,8 | g CO ₂ ,eq/MJth | 85 % | 183,2 | mg SO ₂ ,eq/MJth | 290 % | 1,20 | MJ/MJth | 87 % |
| Kraftwerk (Steinkohlekraftwerk) | 283,7 | g CO ₂ ,eq/MJel | 93 % | 199,9 | mg SO ₂ ,eq/MJel | 42 % | 3,31 | MJ/MJel | 94 % |
| Bioethanol (Benzin) | 129,27 | g CO ₂ ,eq/km | 55 % | 166,89 | mg SO ₂ ,eq/km | 25 % | 1,99 | MJ/km | 58 % |

Quelle: Eigene Darstellung

handhabenden Häckselgut effizient arbeiten zu können. Die größten Emissionseinsparungen im Vergleich zu Heizöl lassen sich erzielen, wenn eine geringe bzw. keine aufwendige Düngung erfolgt. Vergleichbar zu den Anbaukosten sind die Aufwendungen, aus denen die Entstehung von klimaschädlichen oder versauernden Emissionen resultiert, bzw. in denen fossile Energieträger eingesetzt werden müssen, in der Vorbereitungs- und Anpflanzungsphase am höchsten. In den folgenden Jahren sind nur noch verhältnismäßig geringe Aufwendungen an Düngemitteln und an fossilen Energieträgern für die Ernte erforderlich, so dass insgesamt auch bei kürzerer Kultivierungsdauer als 20 Jahre noch Umweltvorteile gegenüber Heizöl zu erzielen wären.

Bezüglich der betrachteten energetischen Nutzungsarten zeigt sich, dass hohe Verminderungen an Treibhausgasemissionen und fossilen Energieaufwänden durch den Einsatz von *Miscanthus giganteus* anstelle der fossilen Referenzenergieträger erzielt werden können (Tab. 1). Ebenso wird jedoch deutlich, dass unter den angenommenen Bedingungen alle Miscanthusnutzungssysteme wesentlich höhere Emissionen mit versauernder Wirkung aufweisen als die fossilen Referenzsysteme, was wesentlich durch die Feuerungsemissionen bestimmt wird, da Miscanthus

bei der Verbrennung große Mengen an versauernden Gasen freisetzt. Eine Möglichkeit, die hohen Versauerungsemissionen der Miscanthussysteme zu reduzieren, ist die Verwendung einer Entstickungsanlage bzw. einer Abgasbehandlung.

Eine erste vorsichtige Analyse zur Nutzung von *Miscanthus giganteus* als Rohstoff für Bioethanol ergibt durchgängig günstige bis sehr günstige Bilanzwerte. Es muss aber darauf hingewiesen werden, dass diese stark von der zugrunde gelegten Datenbasis abhängen. Da es noch keine belastbaren Erfahrungswerte in diesem Bereich gibt, kann keine sichere Aussage über die Umweltauswirkungen getroffen werden. Es scheint jedoch wahrscheinlich, dass mit der Herstellung von Bioethanol aus *Miscanthus giganteus* Treibhausgasemissionen und fossile Ressourcen eingespart werden können.

4 Schlussfolgerungen und Ausblick

Für eine nachhaltigere Gestaltung des Anbaus und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland erscheint es u. a. sinnvoll, eine größere Pflanzendiversität anzustreben. Hierbei bietet sich das Schilfgras *Miscanthus giganteus* aus vielfältiger Sicht an. Die Bodenbedingungen sowie die klimatischen Verhältnisse sind in vie-

len Regionen gegeben, so dass nach der Pflanzung eine Kultivierung mit geringen ackerbaulichen Maßnahmen erfolgen kann. Aus wirtschaftlicher Sicht bietet sich *Miscanthus giganteus* insbesondere als Ersatz für fossile Brennstoffe an, aber auch andere Nutzungsrichtungen scheinen ein großes Potenzial zu haben. Verglichen mit fossilen Rohstoffen können bei der Nutzung von *Miscanthus giganteus* Emission an klimawirksamen Treibhausgasen sowie Energieaufwendungen eingespart werden. Bei der Verbrennung von *Miscanthus giganteus* liegen die Emissionen mit versauernder Wirkung allerdings höher als bei der Nutzung bisheriger fossiler Brennstoffe, die aber durch geeignete Maßnahmen bei der Abgasbehandlung reduziert werden könnten.

Der Anbau und die Nutzung von *Miscanthus giganteus* haben in den vergangenen Jahren stetig zugenommen. Allerdings kann noch immer das Fehlen einer breiteren Akzeptanz bei Landwirten beobachtet werden. Um diese zu erhöhen, könnten u. a. weitere Erfahrungen aus der Praxis, eine gezielte Ausbildung von Beratern und Anwendern sowie ein Austausch von Landwirten untereinander dienlich sein.

Ob *Miscanthus giganteus* eine zukünftige Rolle im Portfolio der nachwachsenden Rohstoffe einnehmen wird, hängt aber auch davon ab, ob diese Option durch eine umfassende Begleitforschung mit gezielten Förderprogrammen gestützt und ergänzt wird und ob die gewonnenen Erkenntnisse in gesetzlichen Regelungen aufgegriffen werden. Die bisherigen Bemühungen verschiedener Verordnungen und Richtlinien (z. B. Biomassestrom- und Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnungen), den Anbau nachwachsender Rohstoffe künftig nachhaltiger zu gestalten und Treibhausgase signifikant zu mindern, könnten ein Schritt in diese Richtung sein.

Danksagung

Für die Bereitstellung von digitalen Daten und Karten bedanken wir uns bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe sowie beim Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein. Für die Finanzierung des Projektes bedanken wir uns beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); FKZ 0315521A (CallBio).

Literatur

BfN – Bundesamt für Naturschutz, 2010: Bioenergie und Naturschutz – Synergien fördern, Risiken vermeiden. Positionspapier, Bonn; http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/erneuerbare-energien/bfn_position_bioenergie_naturschutz.pdf (download 2.10.14)

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung; BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, 2014: Bioökonomie in Deutschland – Chancen für eine biobasierte und nachhaltige Zukunft. Berlin; http://www.bmbf.de/pub/Biooekonomie-in-Deutschland_001.pdf (download 2.10.14)

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2010: Nationale Forschungsstrategie Bio-Ökonomie 2030. Unser Weg zur einer biobasierten Wirtschaft. Berlin; <http://www.bmbf.de/pub/biooekonomie.pdf> (download 2.10.14)

BÖR – Bioökonomierat, 2010: Gutachten des Bioökonomierats 2010. Innovation Bioökonomie. Berlin; http://www.biooekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/gutachten/boer_Gutachten2010_lang.pdf (download 2.10.14)

DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. November 2009, Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN EN ISO 14044: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen. Oktober 2006, Deutsches Institut für Normung e.V.

FNR – Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e.V., 2013: Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe 2013. Gülzow-Prüzen; <http://mediathek.fnr.de/grafiken/anbauflaeche-fur-nachwachsende-rohstoffe-2013-grafik.html> (download 23.7.14)

Schorling, M.; Enders, C.; Voigt, C., 2014a: Assessing the Cultivation Potential of the Energy Crop *Miscanthus x giganteus* for Germany. In: Global Change Biology – Bioenergy (2014); doi: 10.1111/gcbb.12170

Schorling, M.; Fronz, S.; Mottl, F., 2014b: Welchen Weg wird Biomasse gehen? Auswertung des Workshops vom 26.–27.3.2014 am FSP BIOGUM der Universität Hamburg. BIOGUM-Forschungsbericht/ BIOGUM-Research Paper FG Landwirtschaft (in Vorbereitung)

Frühwirth, P.; Graf, A.; Humer, M., 2006: *Miscanthus sinensis* „Giganteus“: Chinaschilf als nachwachsender Rohstoff. Anbau, Inhaltsstoffe, Kosten, Heiztechnik. Landwirtschaftskammer Österreich

LWF – Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2009: Der Energiegehalt von Holz und seine Bewertung. Merkblatt 12 der Bayerischen Lan-

desanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Bayerische Forstverwaltung; <http://www.wald-rlp.de/fileadmin/website/downloads/biowaerme/neu/mb12energiegehaltholz.pdf> (download 2.10.14)

Müller-Sämman, K.; Reinhardt, G.; Vetter, R. et al., 2003: Nachwachsende Rohstoffe in Baden-Württemberg: Identifizierung vorteilhafter Produktlinien zur stofflichen Nutzung unter besonderer Berücksichtigung umweltgerechter Anbauverfahren. Forschungsbericht FZKA-BWPLUS; <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/40139/BWA20002Sber.pdf?command=downloadContent&filename=BWA20002Sber.pdf&FIS=203> (download 2.10.14)

Pude, R. (Hg.), 2010: Miscanthus – Netzwerke und Visionen. Umwelt- und Nutzungsaspekte, 6. Internationale Miscanthus-Tagung

Sieverdingbeck, A.; Schiefer, G.; Pude, R., 2010: Ökonomische Bewertung unterschiedlicher Anbau- und Verwertungsverfahren. In: Pude, R. (Hg.): Miscanthus – Netzwerke und Visionen. S. 72–78

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2007: Klimaschutz durch Biomasse – Sondergutachten. Berlin

TFZ – Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, 2009: Miscanthus als Nachwachsender Rohstoff. Ergebnisse aus bayerischen Forschungsarbeiten. Berichte aus dem TFZ 18. Straubing; http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/bericht_18_geschuetzt.pdf (download 2.10.14)

Kontakt

Dr. Markus Schorling
Forschungsgruppe Landwirtschaft und Pflanzenzüchtung
Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt (FSP BIOGUM)
Universität Hamburg
Ohnhorststr. 18, 22609 Hamburg
Tel.: +49 40 42816-613
E-Mail: markus.schorling@uni-hamburg.de
Internet: <http://www.biogum.uni-hamburg.de>

Dipl.-Ing Jana Weinberg
Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft
Technische Universität Hamburg-Harburg
Eißendorfer Straße 40, 21073 Hamburg
Tel: +49 40 42878-3528
E-Mail: jana.weinberg@tuhh.de
Internet: <http://www.tuhh.de/iue/>



Emergente Energiespeicher für stationäre Anwendungsgebiete im Fokus der prospektiven Systemanalyse

von Manuel Baumann, ITAS/Universidade Nova de Lisboa, Benedikt Zimmermann, ITAS, und Marcel Weil, ITAS/Helmholtz Institut Ulm

Aktuelle Entwicklungen im Bereich Elektromobilität und bei der Energiewende gehen einher mit einem erhöhten Bedarf an elektrochemischen Speichern. Diese gesteigerte Nachfrage nach nachhaltigen, günstigen, sicheren und effizienten Batteriespeichersystemen hat die Technologie stärker in den Fokus des gesellschaftlichen Diskurses gerückt. Um Innovationsrisiken neuer Batterietechnologien zu identifizieren und zu reduzieren, müssen entlang des potenziellen Lebenszyklus ökologische, ökonomische und soziale Aspekte prospektiv analysiert und bewertet werden. Die Verwendung lebenszyklusbasierter Systemanalyseverfahren sowie konstruktiver Technikfolgenabschätzung (CTA) erlaubt die Abschätzung nicht intendierter Nebeneffekte sowie eine nachhaltige Gestaltung des batterie-technologischen Entwicklungsprozesses.

1 Problemaufriss

Leistungsfähige elektrochemische Speicher gelten als technologische Voraussetzung für andere Technologien. Nachdem die Verbreitung deutlich verbesserter Energiespeicher maßgeblich zum Markterfolg von Notebooks und Mobiltelefonen beigetragen hat, spielen diese Speicher nun eine bedeutende Rolle bei der Markterschließung im Bereich Elektromobilität und könnten ein Standbein beim Ausbau erneuerbarer Energien darstellen (Korthauer/Pettinger 2013). Die Anwendungsgebiete werden durch die kontinuierliche Verbesserung der Technologie also erheblich erweitert. Besonders das Bestreben der Bundesregierung, die Elektromobilität und die Energiewende voranzutreiben, haben den Bedarf an nachhaltigen, günstigen, sicheren und effizienten Batteriespeichersystemen erhöht und die Technologie stärker in gesellschaftliche Debatten gerückt.

Aus diesen Entwicklungen ergibt sich ein gesteigertes Interesse seitens relevanter Akteure aus