

Bioenergie: Pappeln gut im Rennen

Bei ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten können Kurzumtriebsplantagen vielfach punkten

Maria Bystricky, Frank Burger, Gabriele Weber-Blaschke und Martin Faulstich

Eine vergleichende Bewertung verschiedener Energiepflanzenarten und ihrer Verwertungswege mittels ökologischer und ökonomischer Indikatoren belegt: Pappeln im Kurzumtrieb sind vor allem bezüglich des Nährstoffeintrags in andere Ökosysteme günstiger zu bewerten als einjährige landwirtschaftliche Kulturen. Auch bei der Einsparung fossiler Ressourcen und der Vermeidung von Treibhausgasen können Pappeln je nach energetischer Nutzung gut abschneiden.

Der zunehmende Bedarf an erneuerbaren Energien lässt auch die Nachfrage nach Energie aus Anbaubiomasse deutlich steigen. Die Fläche, die für den Energiepflanzenanbau zur Verfügung steht, ist allerdings begrenzt. Die vorhandenen Flächen sollten daher effizient genutzt werden, sowohl was die Einsparung an nicht erneuerbaren Ressourcen und Treibhausgasemissionen, als auch weitere ökologische Auswirkungen und ökonomische Faktoren betrifft. An der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) beschäftigt man sich seit 1992 in Anbauversuchen mit dem Thema Kurzumtriebsplantagen (KUP). In einem Gemeinschaftsprojekt der Technischen Universität München und der LWF wurden jetzt erstmals Daten aus KUP-Versuchsflächen mit denen landwirtschaftlicher Energiepflanzen verglichen. Für die ökologische Bewertung wurde eine Ökobilanzierung durchgeführt. Dazu kam eine Bewertung der Intensität des Pflanzenbaus, gemessen an Boden-erosion, Pflanzenschutzmittel- und Nitrataustrag und an der Diversität der Ackerbegleitflora. Eine ökonomische Bewertung aus betriebswirtschaftlicher Sicht wurde anhand einer einfachen Deckungsbeitragsrechnung auf Grundlage von Durchschnittsdaten der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft und der LWF durchgeführt. Die volkswirtschaftliche Komponente wurde durch die Darstellung von Treibhausgasvermeidungskosten aus der Fachliteratur ergänzt.

Ökologische Bewertung

Als Varianten wurden Pappeln im Kurzumtrieb, Biogas aus Silomais mit und ohne Grünroggen als Winterzwischenfrucht, der ebenfalls als Substrat genutzt wird, Biodiesel aus Winter- raps sowie Bioethanol aus Winterweizen und Zuckerrübe betrachtet (genauere Beschreibung siehe Kasten). Vergleichsbasis war ein Hektar Anbaufläche. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Bewertung verschiedener Bioenergie-Varianten anhand der betrachteten Indikatoren. Dunkelgrün steht dabei für die günstigste, dunkelrot für die ungünstigste Bewertung.

Werden die Pappel-Hackschnitzel mit Kraft-Wärme-Kopplung genutzt, so schneiden sie durch die direkte Verwertung der Hackschnitzel ohne komplexe Konversionsprozesse sowie durch den geringen Einsatz von Maschinen und Düngemitteln bei fast allen ökologischen Indikatoren günstig ab. Bei einer

reinen Wärmenutzung ist die Bewertung für die Vermeidung von Treibhausgasen und die Einsparung nicht erneuerbarer Ressourcen wegen des geringeren Wirkungsgrades ungünstiger. Bezüglich der Einsparung nicht erneuerbarer Ressourcen liegen die Ergebnisse der Kurzumtriebsplantagen teilweise leicht unter denen der Erzeugung von Strom und Wärme aus Biogas. Voraussetzung für ein gutes Abschneiden der Biogas-Varianten ist allerdings ein hoher Nutzungsgrad der im Blockheizkraftwerk erzeugten Wärme. Bei den meisten landwirtschaftlichen Biogasanlagen wird momentan nur ein geringer Teil dieser Wärme tatsächlich genutzt. Hinsichtlich der anderen ökologischen Indikatoren ist Biogas im Vergleich zu Kurzumtriebsplantagen ungünstig zu bewerten. Nur beim Netto-Energieertrag schneidet Biogas deutlich besser ab. Bioethanol aus Winterweizen steht vor allem beim Energie-Flächenertrag,

Untersuchte Bioenergievarianten

Wärme

- Pappel (KUP); Hackschnitzel (300 kW_{th})

Strom und Wärme

- Pappel (KUP); Hackschnitzel (KWK-Anlage 355 kW_{el}/1,4 MW_{th}; Nutzung von 100 % der Wärme)
- Silomais; Biogas (BHKW 280 kW_{el}/444 kW_{th}; Nutzung von 15 % bzw. 80 % der Wärme)
- Silomais + Grünroggen; Biogas (BHKW 280 kW_{el}/444 kW_{th}; Nutzung von 15 % bzw. 80 % der Wärme)
- Silomais; Biogas (Einspeisung Erdgasnetz; BHKW 2 MW_{el}/1,8 MW_{th}; Nutzung von 96 % der Wärme)

Mobilität

- Silomais; Biogas (Einspeisung Erdgasnetz)
- Winter- raps; Rapsmethylester
- Winterweizen (Korn); Bioethanol
- Zuckerrübe; Bioethanol

Erläuterungen

kW_{th}. Kilowatt thermisch; kW_{el}. Kilowatt elektrisch; MW_{el}. Megawatt elektrisch; KUP: Kurzumtriebsplantage; KWK: Kraft-Wärme-Kopplung; BHKW: Blockheizkraftwerk

Tabelle 1: Gesamtdarstellung der Ergebnisse verschiedener Indikatoren für ausgewählte Bioenergie-Pfade in Bayern.

	Pappel (KUP) – Hackschnitzel (Heizkessel 300 kW _{th})	Pappel (KUP) – Hackschnitzel (KWK-Anlage 1,4 MW _{th})	Silomais – Methan (BHKW 350 kW _{el} , 15% Wärme)	Silomais – Methan (BHKW 350 kW _{el} , 80% Wärme)	Grünroggen + Silomais – Methan (BHKW 350 kW _{el} , 15% Wärme)	Grünroggen + Silomais – Methan (BHKW 350 kW _{el} , 80% Wärme)	Silomais – Methan (Einspeisung, BHKW 2 MW _{el} , 96% Wärme)	Silomais – Methan (Einspeisung, Kraftstoff)	Winterraps – Biodiesel	Winterweizen (Korn) – Bioethanol	Zuckerrübe – Bioethanol
	Wärme	Strom und Wärme						Mobilität			
Netto-Energieertrag ¹⁾	Orange	Orange	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Grün	Rot	Rot	Orange
Ressourcen-Einsparung ¹⁾	Orange	Grün	Orange	Grün	Grün	Grün	Grün	Orange	Grün	Rot	Grün
Einsparung von Treibhausgasen ¹⁾	Orange	Grün	Rot	Orange	Orange	Orange	Orange	Rot	Grün	Rot	Grün
Eutrophierungspotential ¹⁾	Grün	Grün	Rot	Rot	Rot	Rot	Rot	Rot	Grün	Orange	Orange
Versauerungspotential ¹⁾	Grün	Grün	Orange	Orange	Rot	Rot	Orange	Orange	Grün	Grün	Grün
Intensität Pflanzenbau ²⁾	Grün	Grün	Rot	Rot	Grün	Grün	Rot	Rot	Orange	Grün	Rot
Deckungsbeitrag (Feldgrenze) ³⁾	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Rot	Rot	Orange	Rot	Grün
Treibhausgas-Vermeidungskosten ⁴⁾	Grün	Grün	Grün	Grün	Orange	Grün	Rot	Grün	Grün	Rot	Orange

BHKW: Blockheizkraftwerk; KUP: Kurzumtriebsplantage; KWK: Kraft-Wärme-Kopplung.

Quellen: ¹⁾ Eigene Berechnung und Bewertung, verändert nach Bystricky et al. (2010); ²⁾ Bewertung anhand Greiff et al. (2010); ³⁾ Eigene Berechnung und Bewertung unter Anwendung von LfL (2012) bzw. Burger et al. (2005); Preise Erntegut: Durchschnitt 2009-2011 (Quelle Hackschnitzel C.A.R.M.E.N. e.V.); ⁴⁾ Auswertung verschiedener Literaturquellen.

Legende/ Farbgebung: dunkelgrün = günstigste Variante bis dunkelrot = ungünstigste Variante.

der Einsparung nicht erneuerbarer Ressourcen, der Treibhausgasvermeidung und dem Eutrophierungspotential sehr ungünstig da. Sowohl Biodiesel aus Winterraps als auch Bioethanol aus Zuckerrüben sind hier besser zu bewerten. Hinsichtlich des Nährstoffaustrags (Eutrophierungs- und Versauerungspotential) sind die Biokraftstoffe zwischen KUP und Biogas einzuordnen. Bei den Biogas-Varianten wirken sich hier vor allem Ammoniak-Emissionen in die Luft bei der Ausbringung organischer Düngemittel ungünstig aus.

Ökonomische Bewertung

Deckungsbeiträge wurden auf Grundlage der variablen Kosten des Anbaus und der durch das Erntegut erzielbaren Erlöse berechnet, basierend auf Mittelwerten für die Jahre 2009 bis 2011. Auch bei den Biogas-Varianten wird von einem Verkauf des Erntegutes ausgegangen, nicht von einer Verwertung in der eigenen Biogasanlage.

Die Kurzumtriebsplantagen schneiden im Vergleich zur Zuckerrübe eher ungünstig ab, stehen im Vergleich zu den übrigen Bioenergie-Varianten aber etwas günstiger da. Auf ein Jahr gerechnet sind die Aufwendungen für Kurzumtriebsplantagen sehr gering, da viele Arbeitsgänge nur einmal, nämlich zur Anlage der Fläche und zur Rodung, notwendig sind. Der Trockenmasseertrag, und somit die Menge an Verkaufsgut, liegt bei Pappeln auf ein Jahr gerechnet etwas tiefer als der Ertrag von Silomais als ertragreicher landwirtschaftlicher Energiepflanze. Die Hackschnitzelpreise liegen aber mit knapp 90 Euro pro Tonne Frischmasse (35 % Wassergehalt, C.A.R.M.E.N. e.V.) sehr viel höher als die für Biogas-Substrate (ca. 30 Euro/t Frischmasse bei 65 – 70 % Wassergehalt, Verhandlungsbasis mit dem Biogasanlagenbetreiber). Bei Kurzumtriebsplantagen stellen hohe Kosten für die Ernte den entscheidenden Faktor dar. Gerade hier liegt allerdings auch die größte Unsicherheit, da es nur sehr wenige Praxisdaten für die Erntekosten gibt. Die Schwankungen der Kosten sind sehr groß, sodass die Aussagekraft der Deckungsbeitragsergebnisse für die Pappeln eingeschränkt ist.

Zuckerrüben erzielen durch die hohen Biomasse-Flächenerträge trotz hoher Anbaukosten den größten Deckungsbeitrag. Die Flächenerträge von Rapsaat und Winterweizen sind weit aus niedriger als bei Kurzumtriebsplantagen und Silomais. Zudem unterliegen deren Preise durch den Börsenhandel starken Schwankungen.

Literatur

Burger, F.; Sommer, W.; Ohrner, G. (2005): *Anbau von Energiewäldern*. LWF-Merkblatt 19, Juli 2005

Bystricky, M.; Burger, F.; Weber-Blaschke, G.; Faulstich, M. (2010): *Die Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen als land- und forstwirtschaftliche Energieplantagen – ein Vergleich unter rechtlichen, technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten*. Unveröffentlichte Abschlussdokumentation für das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (G30 bzw. N/07/07) und für die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FKZ 22013206 bzw. 06NR132). Technische Universität München, Freising

Greiff, K.; Weber-Blaschke, G.; Faulstich, M. (2010): *Ökologische Auswirkungen der Landnutzungsänderungen durch verstärkten Anbau nachwachsender Rohstoffe in Bayern – Eine vergleichende Analyse*. Unveröffentlichter Endbericht für das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Technische Universität München, Freising

LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2012): *Lfl Deckungsbeiträge und Kalkulationsdaten*. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising. Internet: <http://www.lfl.bayern.de/ilb/db/14249/index.php>. Recherchestand: 03.04.2012

Maria Bystricky war als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie der Technischen Universität München Bearbeiterin des Forschungsprojektes G30, N/07/07 (StMELF) bzw. FKZ 22013206, 06NR132 (FNR) und ist nach wissenschaftlicher Mitarbeit am Lehrstuhl für Holzwissenschaft/Holzforschung München der TUM und an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft/Freising seit Juni 2012 wissenschaftliche Mitarbeiterin bei der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon/Zürich/Schweiz.

Dr. Frank Burger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft.

PD Dr. Gabriele Weber-Blaschke war Leiterin des o.g. Forschungsprojektes am Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie an der TUM und leitet seit November 2010 die Arbeitsgruppe Stoffstrommanagement am Lehrstuhl für Holzwissenschaft/Holzforschung München der TUM.

Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich ist Ordinarius des Lehrstuhls für Rohstoff- und Energietechnologie der Technischen Universität München.

Korrespondierende Autorinnen: maria.bystricky@art.admin.ch; gabriele.weber-blaschke@wzw.tum.de

Energiewende im Wald

Seit der Reaktorkatastrophe im japanischen Fukushima und dem Beschluss der Bundesregierung, aus der friedlichen Nutzung der Kernenergie auszusteigen, haben die erneuerbaren Energien – Geothermie, Photovoltaik, Windkraft, Bioenergie und Wasserkraft – stark an Bedeutung gewonnen. Einen wichtigen Beitrag innerhalb der erneuerbaren Energien kann auch die Forstwirtschaft beisteuern – und zwar in den Bereichen Windenergie, Kurzumtriebsplantagen und Energieholz.

Windenergie

Wenn man die beiden Begriffe Forstwirtschaft und Energieproduktion kombiniert, wird man wohl als allererstes an Brennholz denken, kaum jemand wird Forstwirtschaft mit Windenergie in Verbindung bringen. Und dennoch ist für Energieversorgungsunternehmen die Forstwirtschaft ein wichtiger Partner. Moderne Windräder erreichen heute Bauhöhen von 200 und Rotordurchmesser von 100 Metern. In der freien Landschaft können Windparks mit mehreren solchen Windrädern das Landschaftsbild durchaus negativ beeinflussen. Hinzu kommt, dass Windräder in unserer dicht besiedelten Landschaft die Lebensqualität der Menschen beeinträchtigen können. In bewaldeten Gebieten, fernab von Siedlungen, halten sich derartige Störungen meist in Grenzen. Allein für Bayern kann man mit 1.000 bis 1.500 »Wald«standorten für Windenergieanlagen rechnen. Diese können durchaus bis zu 17 Milliarden Kilowattstunden Strom erzeugen und zwei Atomkraftwerke ersetzen.

Kurzumtriebsplantagen

Kurzumtriebsplantagen werden meist mit Pappeln oder Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen begründet. Je nach Baumart und Umtriebszeit kann man pro Hektar und Jahr bis zu 35 Tonnen frische Hackschnitzel ernten, was etwa einem Heizwert von 6.000 Litern Heizöl entspricht. Ein großer Vorteil dieser Energiewälder ist die überaus positive Ökobilanz, die sie aufweisen können, mit einem sehr weiten Verhältnis von aufgewendeter zu erzeugter Energie.

Energieholz aus dem Wald

Energieholz ist der bedeutendste erneuerbare Energieträger in Bayern. Die Verbrennung von Holz als Brennholz, Pellets oder Hackschnitzel läuft im Gegensatz zu der von Öl, Gas und Kohle in einem weitgehend CO₂-neutralen Kreislauf. Bei der Verbrennung wird die Menge Kohlendioxid freigesetzt, die zuvor der Atmosphäre entzogen wurde. Im Jahr 2010 wurden über sechs Millionen Festmeter Energieholz im Wald in Bayern geerntet. Auf dem Markt wird Energieholz vor allem als Scheitholz, Hackschnitzel und Holzpellets angeboten.

red