

Nachhaltige Biomassenutzung in Europa

Wie können wir fossile Energieträger ersetzen? Neben Wind-, Solar- und Wasserkraft gilt Biomasse als wichtige erneuerbare Energiequelle. Doch Biomasse als begrenzte Ressource ist gleichzeitig Energieträger, Nahrungsmittel, Industrierohstoff und die „Substanz“ der Biodiversität. Diese verschiedenen Funktionen der Biomasse führen zu Nutzungskonflikten und schwierigen politischen Entscheidungen, hier dargestellt am Beispiel der Europäischen Union. Etwa: Wie weit reichen unsere Anbauflächen? Soll Biomasse zusätzlich importiert werden? Und sind Biokraftstoffe die beste Verwendung für Biomasse?

Timo Kaphengst

Biomassenutzungsstrategie als politisches Entscheidungsproblem

Angesichts unserer Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und in Anbetracht des Klimawandels wird derzeit in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft intensiv über die Einführung und den Ausbau regenerativer Energien diskutiert. Fundierte Studien zeigen, wie vielfältig sich Biomasse verwenden lässt, weisen aber auch auf die Begrenztheit ihrer Anbaufläche und ihrer generellen Verfügbarkeit hin.¹

Wer Biomasse rational verwenden will, stößt auf vielfältige ethische, technische, ökonomische und ökologische Probleme. Die Forschung über die Optionen und Potentiale der Biomasse hat gezeigt, daß die Suche nach der richtigen Nutzungsstrategie politische Entscheidungen erfordert.

Ziel dieses Artikels ist es, eine Biomassenutzungsstrategie als politisches Entscheidungsproblem zu skizzieren und Lösungswege aufzuzeigen. Als Betrachtungsraum bietet sich die EU an. Zum einen hat das Problem der Versorgungssicherheit hier eine internationale Dimension, zum anderen bemühen sich in der EU derzeit zahlreiche Akteure, in der Energiefrage auf eine europäische Gesamtstrategie anstelle nationaler Alleingänge zu setzen.

Fläche als begrenzender Faktor

Aufgrund der technischen Fortentwicklung der Bioenergie und dem daraus resultierenden rasanten Anstieg des Anbaus nachwachsender Rohstoffe wird Fläche in Europa wieder knapp. Noch in den 1990er Jahren galt der Rückzug der Landwirtschaft von den ertragsschwächeren Standorten als Hauptproblem für den Erhalt der Kulturlandschaft. Mittlerweile treten die nachwachsenden Rohstoffe in Konkurrenz zum Anbau von Nahrungsmitteln, und die Spekulationen über die Abschöpfung von Biomasse rei-

chen bis in sensible Gebiete des Naturschutzes hinein. Für einen effektiven Ausbau der Bioenergie und der stofflichen Nutzung von Biomasse gilt es, möglichst viel Trockenmasse pro Hektar Nutzfläche zu ernten. Diese Vorgabe hat entscheidende Auswirkungen auf die Art der Landnutzung in Europa, auf das Landschaftsbild und auf den Naturschutz. Für den Naturschutz ergeben sich aus der Biomassenutzung Chancen, denn die bisher meist wertlosen Aufwüchse aus Pflegeschnitt von extensivem Grünland, Niederwald, Windschutzhecken und auch bestimmten Moorbiotopen könnten durch eine energetische Verwendung neue Wertschöpfung erlangen (vergleiche etwa Wichtmann und Schäfer 2005). Hierfür bietet sich besonders die Verbrennung des Erntegutes direkt oder in Form von Hackschnitzeln und Holzpellets an.

Dem Naturschutz widerspricht hingegen der zumeist faktorintensive Anbau der Energiepflanzen. Vor allem Mais (für Biogas) und Raps (für Biodiesel), aus ökonomischen Gründen derzeit als nachwachsende Rohstoffe favorisiert, zeichnen sich in der Regel durch hohe Düngergaben und intensiven Pestizideinsatz aus. Mais wird hauptsächlich in einseitigen Fruchtfolgen angebaut. Dies führt zu höheren Stoffeinträgen in die Ökosysteme und zu einem weiteren Rückgang der Biodiversität in der Kulturlandschaft (Abbildung 1, S. 94). Auch eine auf intensive Ertragssteigerung ausgerichtete Grünlandnutzung zur Produktion von Grassilage als Koferment von Biogasanlagen verringert die Artenzahl und führt sensiblen Biotopen zu viele Nährstoffe zu. Dabei mangelt es nicht an Alternativen. Weniger umweltschädliche Anbaufrüchte sind etwa schnellwachsende Gehölze oder Getreide im Mischfruchtanbau. Allerdings stellt sich bei diesen Anbaufrüchten das Problem, daß häufig die Energiedichte zu niedrig ist, wie beim extensiven Grünlandaufwuchs. Hier rechtfertigt die Energieausbeute aus dem Aufwuchs oft nicht die Kosten der Bereit-

>

¹ Siehe etwa Fritsche et al. (2004), Thrän et al. (2005) und EEA (2006).

stellung. Im Falle der schnellwachsenden Gehölze fehlen bisher ausgereifte Nutzungstechnologien und damit ein lukrativer Absatzmarkt.

Zahlreiche Studien zu Biomassepotentialen prognostizieren für die Landwirtschaft in den neuen Mitgliedstaaten der EU Ertragssteigerungen von bis zu 100 Prozent in den nächsten 20 bis 40 Jahren (Ericsson und Nilsson 2006). Auch in den übrigen EU-Nationen wird erwartet, daß die Erträge wie in den letzten Jahrzehnten steigen werden. Dabei wird eine voranschreitende Industrialisierung der Landwirtschaft unterstellt. Diese gilt es aber zu hinterfragen angesichts des agrarpolitischen Ziels, die Produktion zu extensivieren, sowie vor dem Hintergrund des von der EU angestrebten Schutzes der Biodiversität und des Erhaltes der Kulturlandschaft. Auch der von der überwiegenden Zahl der EU-Akteure gewünschte Ausbau des ökologischen Landbaus könnte die in den Studien suggerierte Ertragssteigerung im Non-Food-Bereich bremsen. Durch ihren Verzicht auf Kunstdünger und Pflanzenschutzmittel erzielt ökologische Landbewirtschaftung im Vergleich zu konventionellem Anbau meist niedrigere Flächenerträge. Das Ziel der ökologischen Produktion, hohe Qualität und damit höhere Preise für ihre Produkte zu erzielen, steht prinzi-

ABBILDUNG 1: Mais wird in Europa energetisch vor allem als Silage in Biogasanlagen verwendet. Der Anbau erfolgt meist in einseitigen Fruchtfolgen und unter hohem Pestizid- und Düngereinsatz.

piell im Gegensatz zu einer reinen Steigerung des Hektarertrags an Trockenmasse, auf den es beim Anbau nachwachsender Rohstoffe vornehmlich ankommt. Mit dem weiteren Ausbau des ökologischen Landbaus würde also mehr potentielle Fläche für die Hohertragsproduktion nachwachsender Rohstoffe wegfallen.

Entschieden werden muß allerdings nicht nur über die Intensität des Anbaus, sondern auch über den Anteil nachwachsender Rohstoffe im Non-Food-Bereich an der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche. Bisher gingen Potentialstudien meist davon aus, daß einerseits Stilllegungsflächen und andererseits ein aus der Überproduktion an Nahrungsmitteln nutzbarer Flächenpool für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen zur Verfügung stehen würden. Eine Entscheidung für einen Ausbau der nachwachsenden Rohstoffe stellt den Autarkieanspruch der EU im Nahrungsbereich in Frage. Bei dem hohen Umfang an Nahrungs- und insbesondere Futtermittelimporten ist ohnehin umstritten, ob von einer weitgehenden Autarkie gesprochen werden kann. Weiterhin ist zu bedenken, ob eine Reduzierung der Energie- und Materialabhängigkeit durch einen verstärkten Anbau nachwachsender Rohstoffe mehr Importe von Nahrungsmitteln aus Drittländern rechtfertigen würde.

Insgesamt zeigt sich, daß die Themen Biomasse- und nachhaltige Flächennutzung eng miteinander verknüpft sind. Dabei stehen agrar- und energiepolitische Fragen sowie Aspekte des Natur- und Landschaftsschutzes miteinander in Konkurrenz.



Konkurrenz der Verwendungsoptionen

Wenn Entscheidungen über eine geeignete Flächennutzung in Europa getroffen werden, stellt sich für eine nachhaltige Biomassestrategie im Anschluß die Frage, wie die Biomasse am besten verwendet werden sollte.

Mit dem *Biomass Action Plan* von 2005 hat die EU ein richtungweisendes Ziel der Biomassenutzung für Biokraftstoffe vorgelegt, um die Abhängigkeit von Erdöl zu reduzieren und die im Kyoto-Protokoll festgeschriebenen Reduktionsziele von Treibhausgasen zu erfüllen. Der Anteil von Biokraftstoffen am Gesamtverbrauch von rund 0,6 Prozent im Jahr 2003 soll bis 2010 auf 5,75 Prozent erhöht werden (Europäische Kommission 2005). Für die Stromerzeugung formulierte die EU lediglich allgemeine Ziele für einen höheren Anteil erneuerbarer Energien, die für Biomasse als Energieträger bisher nicht weiter spezifiziert wurden.² Für den Wärmebereich gibt es derzeit keine Ziele auf EU-Ebene. Die damit erkennbare Fokussierung der Biomassenutzung auf Biokraftstoffe wird von wissenschaftlicher Seite und insbesondere von Umweltorganisationen kritisiert. Studien zeigen, daß die Energiebilanz und damit das Einsparpotential von CO₂ bei der Herstellung von Biokraftstoffen deutlich schlechter ausfällt als bei der Erzeugung von Strom und Wärme (siehe SRU 2005, CONCAWE et al. 2004, Nitsch et al. 2004). Auch in der Bilanzierung der Auswirkungen auf die Umwelt schneiden die stoffliche Nutzung der Biomasse zur Herstellung von Biomaterialien sowie die direkte energetische Verwendung signifikant besser ab als Biokraftstoffe (Weiß et al. 2004). Das bedeutet für die Bioenergie, daß die Biomasse ausschließlich oder zumindest vorwiegend der Strom- und Wärmeerzeugung (hier vor allem durch Biogas) zugeführt werden müßte, wenn der Klimaschutz prioritäres Ziel ist und eine umweltschonende Flächennutzung angestrebt wird. Dies hätte auch hinsichtlich der regionalen Wertschöpfung einige Vorteile, denn im Gegensatz zur großindustriellen Herstellung von Biokraftstoffen wird etwa Biogas vorwiegend in dezentralen Kleinanlagen erzeugt. Mit Hilfe von Biogas, Solar-, Wind- und Wasserkraft sowie der thermischen Verwertung der Biomasse können Gemeinden und Dörfer energetisch unabhängig(er) werden und damit Arbeitsplätze schaffen und den ländlichen Raum fördern. Mit einer solchen Strategie könnte die Energieversorgung regionalisiert und die Energiepolitik entsprechend neu ausgerichtet werden. Dies hätte weitreichende strukturelle und gesellschaftliche Konsequenzen (Scheer 2005).

Der Blick auf die Versorgungssicherheit führt jedoch zunächst zu den Biokraftstoffen zurück. Knapp 40 Prozent des europäischen Energieendverbrauchs wird derzeit von Mineralölzeugnissen gedeckt (EUROSTAT 2006). Hinzu kommt eine vielschichtige Verwendung des Erdöls für Werkstoffe und Chemikalien, die rund zehn Prozent des gesamten Mineralölverbrauchs ausmachen. Was die energetische Versorgung mit Mineralöl angeht, hing die EU-15 im Jahr 2000 zu 74 Prozent von Importen ab, Tendenz steigend (World Energy Council 2002). Im Transport- und Mobilitätsbereich sind biogene Kraftstoffe gegenwärtig die einzige realistische regenerative Alternative zu Diesel und Benzin aus

Mineralöl. Gegen eine flächendeckende Verwendung von Biogas als Kraftstoff spricht die wenig entwickelte Infrastruktur und die noch geringe Zahl an zugelassenen erdgasbetriebenen Fahrzeugen.³ Im Gegensatz zu Kraftstoffen können Strom und Wärme mit Solar, Photovoltaik, Wind- und Wasserkraft aus einer breiten Palette regenerativer Energiequellen erzeugt werden. Kritiker des Ausbaus von Biokraftstoffen müssen sich daher fragen lassen, wie sie den bedeutenden Anteil des Erdöls an der Deckung des europäischen Energiebedarfs durch erneuerbare Energien mittel- und langfristig substituieren wollen. Der Verweis auf die synthetischen Kraftstoffe im sogenannten *biomass-to-liquid* (BtL)-Verfahren als Alternative zu Biodiesel und Bioethanol muß noch als Spekulation gelten. Bisher gibt es in Europa keine entsprechende Fabrik, die diese Kraftstoffe für den Markt produziert. Vorteil der BtL-Kraftstoffe wäre, daß hierfür eine größere Bandbreite an Biomasse verwendet werden kann. Als Hauptrohstoff würden allerdings große Mengen an Holz benötigt. Dessen Gewinnung stößt in Europa aber auf begrenzte Potentiale und Nutzungskonkurrenzen (vor allem zur Papierindustrie). Hier herrscht also eine ähnliche Knappheit vor wie bei Produkten von landwirtschaftlicher Fläche.

Die erhoffte Wasserstoffrevolution im Transport- und Mobilitätsbereich stößt an physikalische und ökonomische Grenzen, so daß hier vor zu großem Optimismus gewarnt werden muß.

Gemessen am heutigen Verbrauch sind die Möglichkeiten eines Ersatzes fossiler durch biogene Kraftstoffe in Europa gering. Nationale Studien aus den Niederlanden und Deutschland zeigen, daß nicht einmal das Ziel von 5,75 Prozent bis 2010 erreichbar ist (Junginger und Faaij 2005, Nitsch et al. 2004). Andere Länder wie die Tschechische Republik könnten hingegen durch die technische Fortentwicklung der Landbewirtschaftung das Ziel erreichen und darüber hinaus Biomasse oder Biokraftstoffe exportieren (Lewandowski et al. 2006). Trotz dieses zusätzlichen Potentials durch den Binnenhandel wird Europa bedeutende Anteile von Erdöl im Transportbereich nicht durch Biokraftstoffe von eigenen Flächen ersetzen können. Ein höherer Anteil an Biokraftstoffen wäre nur erreichbar durch eine erhebliche Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und/oder durch den Import großer Mengen Biomasse oder Biokraftstoffe aus Drittländern.

Biomasseimporte: ja oder nein?

Die Europäische Kommission spricht sich für ein „ausgewogenes Verhältnis“ zwischen eigener Biomasseproduktion und Biomasseimporten aus (Europäische Kommission 2005). Dieser Ansatz soll

>

2 Im *Weißbuch Erneuerbare Energien* wies die EU allgemeine Ziele zur Förderung erneuerbarer Energien aus. Demnach sollen bis 2010 mindestens zwölf Prozent des Energieverbrauchs aus erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden (Europäische Kommission 1997). Zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen siehe auch Europäische Gemeinschaft (2001).

3 Im Jahr 2005 betrug der Anteil der erdgasbetriebenen Kraftfahrzeuge in Deutschland rund 0,06 Prozent (VCD 2005, Statistisches Bundesamt 2006).

die Chancen ländlicher Regionen in Europa erhöhen, durch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen ihre Wertschöpfung zu steigern, und gleichzeitig einen kontrollierten Import von Biomasse aus Drittländern gewährleisten. Damit würde das eigene Bioenergiepotential erhöht und die Entwicklung von Biomastechnologien global gefördert.

Biomasseimporte würden jedoch bedeuten, daß Europa zur Deckung der eigenen Bedürfnisse seinen globalen Flächenanspruch weiter ausdehnt. Schon im Jahr 2000 überstieg der Bedarf der EU-15 an landwirtschaftlicher Fläche das eigene Flächenkontingent um 18 Prozent, was insbesondere auf den hohen Fleischkonsum und die entsprechenden Futtermittelimporte zurückzuführen ist (Schütz 2003, Steger 2005). Damit liegen 18 Prozent der für die europäischen Bedürfnisse benötigten Fläche außerhalb Europas. Ein Anstieg der Importe von Biokraftstoffen zur Erfüllung des EU-Ziels aus dem *Biofuel Action Plan* ließe diesen Wert möglicherweise auf bis zu 31 Prozent steigen (Bringezu und Steger 2005). Die Inanspruchnahme dieses „ökologischen Flächenrucksacks“ ist global gesehen nicht verallgemeinerbar und kann damit umweltethisch kaum gerechtfertigt werden. Es sei denn, die Weltgemeinschaft und die entsprechenden Länder, die diese Flächen bereitstellen, hätten davon einen definierbaren und auf weite Bevölkerungsteile zuordenbaren Nutzen.

Brasilien gilt als einer der wichtigsten potentiellen Zulieferer von Biokraftstoffen für die EU. Das Land produziert schon seit langem Zuckerrohr zur Herstellung von Bioethanol und plant, Biodiesel auch aus Soja herzustellen. Zuckerrohr und Soja werden in Monokulturen angebaut, deren Ausdehnung zunehmend Regenwald- und Savannenökosysteme gefährdet. Die Produktionskosten für Bioethanol liegen deutlich unter denen in Europa, wo Ethanol meist aus Getreide vergoren wird. Ob in Brasilien bei der land- und ressourcenintensiven Ausweitung des Zuckerrohr- und

ABBILDUNG 2: Vor allem in Indonesien und Malaysia (Foto), zum Beispiel auf Borneo, wird in zunehmendem Maße wertvoller Regenwald für Ölpalmpflanzungen gerodet und abgebrannt.



Sojaanbaus Vorteile für die Landbevölkerung entstehen, ist bestenfalls fraglich. Ähnliche Probleme gibt es in Indonesien und Malaysia, wo zum Teil auf Kosten des Regenwalds Ölpalmen in Plantagen angebaut werden und die Landbevölkerung dafür enteignet wird (CSPI 2005). Palmöl ist ebenfalls ein Grundstoff für Biodiesel und wird weltweit, besonders in Europa, in zunehmenden Maße nachgefragt. Wenn jedoch für die Palmölplantagen Regenwald verbrannt wird und Moore trockengelegt werden, kommt es zur Freisetzung riesiger Mengen Kohlendioxid (Abbildung 2). Damit wird das eigentliche Ziel, mit Palmöl als Ersatz für fossile Brennstoffe Kohlendioxidemissionen zu reduzieren, ad absurdum geführt.⁴

Durch den Import von Biodiesel und Bioethanol aus Brasilien und Indonesien nach Europa kann die Abhängigkeit von Mineralöl reduziert werden. Allerdings tauscht Europa damit nur eine Rohstoffabhängigkeit gegen eine andere ein. Zwar mögen Brasilien und Indonesien politisch gesehen verlässlichere Handelspartner als der Iran oder Russland sein – die Versorgung ist dadurch aber keinesfalls sichergestellt. Brasilien produzierte 2003 insgesamt 139 Millionen Hektoliter Bioethanol, exportierte aber nur sieben Millionen. Der Rest diente überwiegend der Deckung des eigenen Kraftstoffbedarfs (Thrän et al. 2005). Da Brasilien selbst ehrgeizige Ziele verfolgt, fossile Brennstoffe durch Biokraftstoffe zu ersetzen, ist es fraglich, ob die Exportmengen zukünftig wesentlich ansteigen werden.

Es wird also deutlich, daß die Importe von Biokraftstoffen langfristig nicht unbedingt sicherer sind als die Importe von Mineralöl, wenn auch aus anderen Gründen.

Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die drei dargestellten Problemfelder machen deutlich, in welcher schwierigen strategischen Ausgangssituation sich die EU in bezug auf eine künftige nachhaltige Biomassenutzung befindet. Die Nutzung der eigenen Flächenpotentiale ist begrenzt und trifft auf unterschiedliche konkurrierende Ansprüche. Die Wahl zwischen den zahlreichen Verwendungsmöglichkeiten der Biomasse stellt einen Zielkonflikt dar. Auf der einen Seite steht eine vorwiegend treibhausgasreduzierende und umweltschonende Biomasseverwendung für Strom- und Wärmezeugung, auf der anderen Seite die Verwendung für Biomaterialien oder eine Verringerung der Abhängigkeit von Erdöl durch den Einsatz von Biokraftstoffen. Die Biomasseimporte stoßen auf ethische Probleme und fördern den Raubbau an natürlichen Ressourcen in den Exportländern.

Für die innereuropäische Biomassenutzung kommt es zunächst darauf an, eine einseitige Priorisierung zu vermeiden. Die Ziele für den Ausbau der Biokraftstoffe sollten daher um konkrete Ziele für die Biomassenutzung im Strom- und Wärmebereich ergänzt werden. Darauf aufbauend kann die EU unterschiedliche agrar- und energiepolitische Instrumente einsetzen, um die

⁴ Siehe hierzu Hooijer et al. (2006).

se Ziele zu erreichen, beispielsweise Förderinstrumente für den Anbau nachwachsender Rohstoffe, Investitionszulagen bei der Errichtung von Biogasanlagen und garantierte Abnahmepreise für bioenergetisch erzeugten Strom im Sinne des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. Da diese Instrumente in den einzelnen Mitgliedstaaten zum Teil bereits umgesetzt wurden, müssen sie für eine europäische Gesamtstrategie harmonisiert werden. Um im Hinblick auf die Flächennutzung den Nachhaltigkeitsansprüchen zu genügen, müssen diese Instrumente darüber hinaus fortentwickelt und gegebenenfalls an nationale Bedingungen angepaßt werden.

Der außenpolitische Gestaltungsspielraum der EU wird durch die Welthandelsliberalisierung begrenzt. Biomasseimporte können nicht einfach durch Importzölle gestoppt werden, da die Welthandelsorganisation generell einen Abbau solcher Zölle fordert. Die EU könnte demnach geneigt sein, die Entscheidungen schlicht dem Markt zu überlassen. Damit setzt sie jedoch nicht nur eigene Ziele zur Reduktion von Treibhausgasen aufs Spiel, sondern fördert unter Umständen auch direkt eine nicht nachhaltige Landnutzung in Schwellen- und Entwicklungsländern.

Eine Lösung könnte ein Zertifizierungssystem für den internationalen Biomassehandel sein. Ein solches System muß Nachhaltigkeitsstandards sowohl für die land- als auch für die forstwirtschaftliche Produktion setzen und dabei Herstellung, Transport, Handel, Lagerung und die technische Weiterverarbeitung der Biomasse mit einbeziehen (Lewandowski und Faaij 2006). Sicherheit der Versorgung mit Nahrung und Energie, lokale Vorteile des Biomassehandels, Bekämpfung von Armut und Auswirkungen auf Bilanzen schädlicher Treibhausgasemissionen sind dabei Aspekte, die in vorhandenen Zertifizierungssystemen bisher kaum zu finden sind.

Nur wenn die EU das Biomassesthema sowohl im regionalen als auch im globalen Maßstab begreift und in dieser Sache – wie beim Klimaschutz – eine Vorreiterrolle einnimmt, kann sie eigene Probleme lösen und zu einer weltweit nachhaltigen Biomasse-nutzung beitragen.

Literatur

- Bringezu, S., S. Steger. 2005. Biofuels and competition for global land use. In: *Bio im Tank. Chancen – Risiken – Nebenwirkungen. Conference documentation of conference series „Kyoto+ Lab“ of the Heinrich Böll Foundation and the European Climate Forum*. Herausgegeben von H. Berger, R. Prieß. Berlin: Heinrich-Böll-Stiftung. 64–79.
- CONCAWE, European Council for Automotive R&D, JRC (Joint Research Centre of the European Commission). 2004. *Well-to-wheel-analysis of future automotive fuels and powertrains in the european context*. Well-to-Wheels Report. Version 1b. Brüssel: JRC.
- CSPI (Center for Science in the Public Interest). 2005. *Cruel oil. How palm oil harms health, rainforest, & wildlife*. Washington, D.C.: CSPI.
- EEA (European Environmental Agency). 2006. *How much bioenergy can Europe produce without harming the environment?* EEA Report No 7/2006. Kopenhagen: EEA.
- Ericsson, K., L. Nilsson. 2006. Assessment of the potential biomass supply in Europe using a resource-focused approach. *Biomass and Bioenergy* 30/1: 1–15.
- Europäische Gemeinschaft. 2001. *Richtlinie 2001/77/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt*. Brüssel: Europäische Gemeinschaft.
- Europäische Kommission. 1997. *Mitteilung der Kommission – Energie für die Zukunft: erneuerbare Energieträger – Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan*. COM 97/599. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission. 2005. *Communication from the Commission. Biomass action plan*. COM 628. Brüssel: Europäische Kommission.
- EUROSTAT. 2006. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/potal/page?_pageid=1996,39140985&_dad=portal&_schma=PORTAL&screen=detailref&language=de&product=Yearlies_new_environment_energy&root=Yearlies_new_environment_energy/H/H2/H24/ebc21264 (abgerufen 12.08.2006).
- Fritsche, U. et al. 2004. *Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Endbericht*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Hooijer, A., M. Silvius, H. Wösten, S. Page. 2006. *PEAT-CO₂ – assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia*. Delft Hydraulics Report Q3943. Delft: Delft Hydraulics.
- Junginger, M., A. Faaij. 2005. *IEA bioenergy task 40 – Country report for the Netherlands*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Lewandowski, I., A. Faaij. 2006. Steps towards the development of a certification system for sustainable bio-energy trade. *Biomass and Bioenergy* 30/2: 83–104.
- Lewandowski, I., J. Weger, A. van Hooijdonk, K. Havlickova, J. van Dam, A. Faaij. 2006. The potential biomass for energy production in the Czech Republic. *Biomass and Bioenergy* 30/5: 405–421.
- Nitsch, J. et al. 2004. *Ökologisch optimierter Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland*. Stuttgart: Köllen.
- Scheer, H. 2005. *Energieautonomie. Eine neue Politik für erneuerbare Energien*. München: Kunstmann.
- Schütz, H. 2003. *Economy-wide material flow accounts, land use accounts and derived indicators for Germany*. Report to the Commission of the European Communities, DG Eurostat/B1. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen). 2005. *Umwelt und Straßenverkehr*. Sondergutachten, Kapitel 7. Baden-Baden: Nomos.
- Statistisches Bundesamt. 2006. *Verkehr/Deutschland: Bestand an Verkehrsmitteln/Schienerfahrzeuge*. www.destatis.de/basis/d/verk/verktab2.php (abgerufen 16.08.2006).
- Steger, S. 2005. *Der Flächenrucksack des europäischen Außenhandels mit Agrarprodukten*. Wuppertal Paper 152. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- Thran, D. et al. 2005. *Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern*. Leipzig: Institut für Energetik und Umwelt.
- VCD (Verkehrsclub Deutschland). 2005. *Alternativen: Kraftstoffe, Antriebe und Energieeffizienz*. VCD Position. Berlin: VCD.
- Weiß, M., S. Bringezu, H. Heilmeyer. 2004. Energie, Kraftstoffe und Gebrauchsgüter aus Biomasse. Ein flächenbezogener Vergleich von Umweltbelastungen durch Produkte aus nachwachsenden und fossilen Rohstoffen. *ZAU* 15–16/3–5: 361–378.
- Wichtmann, W., A. Schäfer. 2005. Energiegewinnung von ertragsschwachen Ackerstandorten und Niedermooren. Standortgerechte Bewirtschaftung zur Offenhaltung von Landschaft in Nordostdeutschland. *Natur und Landschaft* 80/9–10: 421–425.
- World Energy Council. 2002. *Energie für Deutschland. Fakten, Perspektiven und Positionen im globalen Kontext*. Essen: Deutsches Nationales Komitee des Weltenergieerates.

Timo Kaphengst



Geboren 1977 in Hamburg, studierte Landschaftsökologie und Naturschutz an der Universität Greifswald. Er arbeitet als Fellow bei Ecologic in Berlin und promoviert zu nachhaltiger Biomassenutzung im Fachbereich Umweltethik an der Universität Greifswald.