

Faulstich, Martin; Egner, Sebastian; Köglmeier, Markus

Article

Nachwachsende Rohstoffe: Nutzungsoptionen und Nutzungskonkurrenz

ifo Schnelldienst

Provided in Cooperation with:

Ifo Institute – Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich

Suggested Citation: Faulstich, Martin; Egner, Sebastian; Köglmeier, Markus (2012) : Nachwachsende Rohstoffe: Nutzungsoptionen und Nutzungskonkurrenz, ifo Schnelldienst, ISSN 0018-974X, ifo Institut - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München, München, Vol. 65, Iss. 12, pp. 17-21

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/165130>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Der Klimawandel, die Knappheit fossiler wie auch metallischer und mineralischer Rohstoffe sowie die steigende Weltbevölkerung stellen unsere moderne Industriegesellschaft in den nächsten Jahrzehnten vor vielfältige Herausforderungen. In der Folge steht ebenso die zukünftige Energieversorgung vor einem fundamentalen Wandel. Zukünftig werden überwiegend regenerative Quellen, insbesondere Wind und Sonne, die Energiebereitstellung übernehmen. Auch Nachwachsende Rohstoffe sind ein potenzieller Baustein im zukünftigen Energiemix. Darüber hinaus werden sie schon seit längerem als Ausgangsstoff für Kraftstoffe und in geringem Maße in der Chemischen Industrie eingesetzt. Die hierfür erforderlichen Agrar- und Futtermittelflächen, welche naturgemäß begrenzt sind, sollen allerdings in erster Linie für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden. Flächenumwandlungen oder gar Flächenvergrößerung sind aus naturschutzfachlichen Aspekten nicht ohne weiteres möglich. Die daraus resultierende »Teller-oder-Tank«-Diskussion ist hinlänglich bekannt und wird sicher weitergeführt, da angesichts der steigenden Weltbevölkerung langfristig mit einer gesteigerten Nachfrage nach pflanzlichen und tierischen Lebensmitteln zu rechnen ist. Die Flächen- und Nutzungskonkurrenz wird sich somit sicherlich weiter verschärfen.

Globale Herausforderungen

Die Frage nach einer sicheren und bezahlbaren Energieversorgung dominiert die öffentliche Diskussion seit der Katastrophe von Fukushima und dem damit einhergehenden abrupten Richtungswechsel in der Energiepolitik der Bundesregierung mehr denn je. Der in Deutschland beschlossene Ausstieg aus der Kernkraft bis 2022 und die Tatsache, dass die konventionellen Energiequellen wie Erdöl und Erdgas in wenigen Jahrzehnten versiegen werden, sind mit großen technischen und politischen Herausforderungen verbunden. Zwar gibt es auf der Erde Kohle noch für Jahrtausende, allerdings stellt deren Nutzung angesichts des drohenden irreversiblen Klimawandels keine nachhaltige Perspektive dar.

Der Verbrauch fossiler Energierohstoffe steigt seit Beginn der Industrialisierung unaufhörlich an. Gleichzeitig kann ein Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre verzeichnet werden, der mit dem Temperaturanstieg auf der Erde korreliert. Dennoch treten immer wieder Skeptiker auf den Plan, die den anthropogenen Einfluss relativieren oder bisweilen sogar hartnäckig abstreiten. Das Vorsorgeprinzip gebietet jedoch, sich im Zweifel für den sicheren Weg zu entscheiden – und das heißt klar, den Klimawandel ernst zu nehmen.

Die Weltgemeinschaft hat sich daher, zuletzt 2010 in Cancún und 2011 in Durban, mit großer Mehrheit dazu bekannt, gemäß den Ergebnissen des IPCC den Temperaturanstieg gegenüber vorindustrieller Zeiten bis zum Jahr 2100 auf max. 2 °C begrenzen zu wollen. Dies ist zweifelsohne ein außerordentlich ambitioniertes Ziel, hält man sich vor Augen, dass mit der derzeitigen Erhöhung von rund 0,9 °C beinahe die Hälfte dieses »Puffers« bereits ausgeschöpft ist.

Deshalb ist die Weltgemeinschaft aufgefordert, bis 2050 mindestens 50% ihrer klimarelevanten Emissionen zu mindern, die Industrieländer aller Voraussicht nach sogar bis zu 95% (vgl. IPCC 2007).

Zukünftige Substitutionsstrategien verfolgen eine möglichst vollständige Dekarbonisierung der Bereiche Strom, Wärme und Mobilität. Fossile Rohstoffe sollten dort



Martin Faulstich*,
Sebastian Egner** und
Markus Köglmeier***

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

** Dipl.-Ing. (FH) M.Sc. Sebastian Egner ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie an der Technischen Universität München.

*** Dipl.-Ing. (FH), Markus Köglmeier ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie an der Technischen Universität München.

Der Beitrag ist eine gekürzte Fassung des Vortrags. Die Langfassung erscheint im Tagungsband des Symposiums, herausgegeben von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

zuerst substituiert werden, um sie während einer Übergangszeit noch für die stoffliche Nutzung einsetzen zu können, da etliche Prozesse und Verfahren beispielsweise in der chemischen und metallurgischen Industrie maßgeblich auf Kohlenstoff angewiesen sind. Trotz umfassender Bestrebungen, Biomasse und Kohlenstoffdioxid als regenerative Kohlenstoffträger der Zukunft zu gewinnen, werden Erdöl und in zunehmendem Maße Erdgas mittelfristig die führenden Kohlenstoffträger für die chemische Industrie bleiben (vgl. DECHEMA 2010).

Im Bereich der Energieversorgung ist – neben Energieeffizienzmaßnahmen als unabdingbare Basis – die wesentliche Aufgabe der Zukunft, flächendeckend regenerative Energiequellen zu erschließen sowie die dafür erforderliche Energieinfrastruktur zu schaffen.

Ein besonderes Augenmerk fällt dabei auch auf nachwachsende Rohstoffe, welche in vielerlei Hinsicht die Möglichkeit bieten, einerseits energetisch zur Erzeugung von Strom und (Prozess-)Wärme, andererseits stofflich zur Herstellung von Produkten und Kraftstoffen auf Kohlenwasserstoffbasis einen möglichen Beitrag zur regenerativen Energie- und Ressourcenwirtschaft leisten zu können.

Nachwachsende Rohstoffe sind erneuerbar und prinzipiell klimafreundlich, allerdings wird der intensivierte Anbau von Biomasse für stoffliche und energetische Nutzungspfade in der breiten deutschen Öffentlichkeit durchaus kontrovers diskutiert. Oftmals stützen sich sowohl Befürworter als auch Gegner der Biomassenutzung gleichermaßen auf Umweltschutzargumente. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) hat in diesem Kontext bereits 2007 für eine maßvolle und umweltverträgliche Biomassenutzung in Deutschland plädiert (vgl. SRU 2007).

Nachwachsende Rohstoffe in Deutschland

Nachwachsende Rohstoffe sind Erzeugnisse aus der Land- und Forstwirtschaft, welche in erster Linie stofflich, aber auch zur Erzeugung von Strom, Wärme oder Kraftstoffen genutzt werden und nicht als Nahrungs- oder Futtermittel Verwendung finden. Das Produktportfolio bei der stofflichen Umsetzung ist sehr groß. Nachwachsende Rohstoffe sind schon lange ein wesentlicher Bestandteil unseres Alltags. Beispielsweise für Holz- und Naturdämmstoffe im Bauwesen, für biobasierte und naturfaserverstärkte Kunststoffe, Farben, Klebstoffe, Pflegemittel, Lacke und Papier als auch für Holz-Polymer-Werkstoffe dienen nachwachsende Rohstoffe als biogene Ausgangsstoffe. Weiterhin können aus nachwachsenden Rohstoffen in speziellen Bio-Raffinerien chemische Grund-, Fein- und Spezialchemikalien als auch Pharma- und Arzneimittelprodukte hergestellt werden. Angesichts dieser vielfältigen Perspektiven forciert die Bundesregierung den

weiteren Ausbau der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe (vgl. BMELV 2009).

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland ist im Erntejahr 2011 um rund 120 000 ha auf insgesamt knapp 2,3 Mill. ha (davon 86% für energetisch und 14% für stofflich genutzte Pflanzen) angestiegen. Treiber war allen voran die Biogastechnologie. Damit nehmen nachwachsende Rohstoffe hierzulande inzwischen ein Fünftel der etwa 12 Mill. ha Ackerfläche ein (vgl. FNR 2011). Bei der Forstwirtschaft verhält es sich umgekehrt: Rund 40% gehen in die energetische Nutzung, knapp 60% in die stoffliche Nutzung (vgl. Mantau 2009). Angesichts dieser Entwicklung stellt sich die grundlegende Frage, wo die Grenzen für den Ausbau der nachwachsenden Rohstoffe liegen.

Prinzipiell ist die Fläche der limitierende Faktor. Theoretisch ließe sich ein stetig forcierter Anbau von nachwachsenden Rohstoffen durch folgende Strategien realisieren:

- Flächenvergrößerung,
- Nutzungsintensivierung und
- Nutzungsänderung.

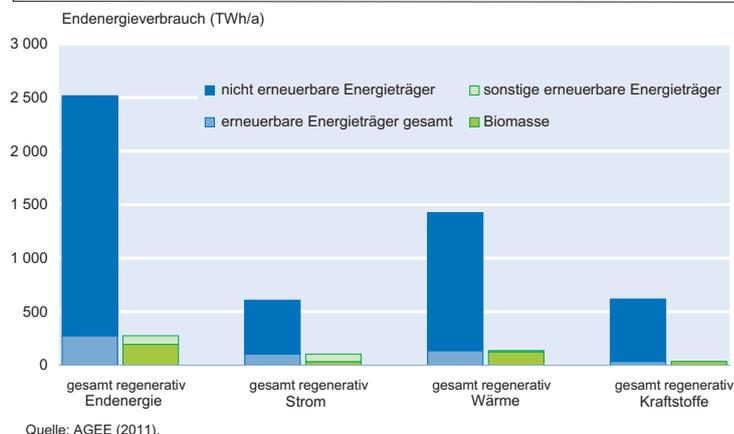
Die absolute Fläche ist territorial begrenzt, eine diesbezügliche Flächenvergrößerung scheidet daher ohnehin aus. Eine Flächenumwandlung beispielsweise von Wald- oder auch Wasserflächen in landwirtschaftliche Nutzflächen unterliegt strengen Restriktionen und wird nicht angestrebt. Auch die Umwandlung von Grünland sollte tabu sein. Eine intensive Bewirtschaftung der bestehenden Flächen stößt schnell an ökologische Grenzen, was Biodiversität, Boden- und Gewässerschutz betrifft. Aufgrund dieser Tatsachen bleibt die Nutzungsänderung die einzige Option mit dem theoretisch größten Potenzial, um den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen weiter zu erhöhen.

Eine Nutzungskonkurrenz ist folglich immer gegeben. Liegt der Fokus des Landwirts auf der Energieerzeugung, werden in der Konsequenz weniger biogene landwirtschaftliche Erzeugnisse für die Nahrungs- und Futtermittelerzeugung oder für die stoffliche Nutzung zum Beispiel in der chemischen Industrie zur Verfügung stehen. Wird die energetische Nutzung von Holz intensiviert, steht weniger Biomasse beispielsweise für die Papierindustrie zur Verfügung. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in Deutschland nur innerhalb der jeweiligen Nutzungspfade Verschiebungen möglich sind, ein weiterer Ausbau der nachwachsenden Rohstoffe ist nur in sehr begrenztem Maße möglich.

In der breiten Öffentlichkeit entsteht durch die vielfältige Berichterstattung über Holzhackschnitzel, Pellets und Biogasanlagen bisweilen der Eindruck, als wäre die Energieversorgung schon weitestgehend auf Biomasse umgestellt. Das ist mitnichten der Fall: Am Endenergieverbrauch in Deutsch-

Abb. 1

Anteil der Biomasse, sonstigen erneuerbaren Energieträgern sowie nicht erneuerbaren Energieträgern am Endenergieverbrauch in Deutschland für die Bereiche Wärme, Strom, Kraftstoffe



land (Strom, Wärme, Mobilität) haben erneuerbare Energieträger nur einen Anteil von 11% gegenüber 89% fossiler Energieträger (Stein-, Braunkohle, Mineralöl, Erdgas) und Kernenergie. Diese 11% erneuerbare Energieträger setzen sich derzeit zusammen aus rund 71% Biomasse (feste und flüssige Biomasse, Biogas, Deponie- und Klärgas, biogener Anteil des Abfalls, Biokraftstoffe), 14% Windkraft, 7% Wasserkraft und 8% Sonstige (vgl. AGEE-Stat 2011).

Etwa die Hälfte des Endenergieverbrauchs in Deutschland geht nach wie vor in die Wärmebereitstellung, die andere Hälfte etwa zu gleichen Teilen in die Strom- und Kraftstoffbereitstellung (vgl. Abb. 1).

Die Wärmebereitstellung erfolgt zu etwa 10% durch erneuerbare Energieträger (davon über 90% aus holzartiger Biomasse), bei der Kraftstoffbereitstellung liegt der Anteil erneuerbarer Energieträger bei 6%, die wiederum zu 100% biogenen Ursprungs sind.

Der SRU hatte bereits 2007 der Bundesregierung geraten, die Substitutionsquote bei Diesel und Benzin nicht zu erhöhen und von der geplanten Substitution von bis zu 20% Biokraftstoff abzusehen. Nach den Berechnungen des SRU ließen sich, selbst wenn man die komplette für den Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen vorgesehene Fläche in Deutschland ausschließlich für die Produktion von Biokraftstoffen nutzen würde, nur 7% des Diesels und Benzins substituieren. Ein Anteil von 20% Biokraftstoff hieße also, dass man etwa zwei Drittel davon importieren müsste, vielfach aus Ländern wie beispielsweise Brasilien, Malaysia oder Indonesien, wo ebenso entsprechende Nutzungskonkurrenzen auftreten können.

Die inländische Stromerzeugung basiert zu nahezu 20% auf regenerativen Quellen (vgl. Abb. 1), davon über 30% aus Biomasse.

Nachwachsende Rohstoffe weltweit

Nachdem in Deutschland nicht zu erwarten ist, dass die Nahrungsmittelversorgung der nationalen Bevölkerung durch den maßvollen Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen gefährdet ist, soll weiterführend nun die weltweite Situation betrachtet werden. Nach Angaben der »Food and Agriculture Organization« (FAO) wird die globale Landfläche nur zu etwa 38% für die Landwirtschaft genutzt, 62% unterliegen anderen Nutzungsformen, worunter auch Wüsten, Regenwälder oder die Forstwirtschaft fallen. Innerhalb der landwirtschaftlichen Nutzfläche dominieren Weideland und Ackerflächen sowie in geringem Maße Dauerkulturen ohne jährliche Fruchtfolge. Eine detailliertere Betrachtung der weltweiten Ackerflächen kommt zu dem Ergebnis, dass derzeit nur etwa zwei Drittel für die Ernährung (Lebensmittelproduktion) genutzt werden und rund ein Drittel zur Produktion von Viehfutter. Energiepflanzen werden lediglich auf 2% der Flächen angebaut.

Obwohl die Biomasseproduktion (Nachwachsende Rohstoffe) nur einen sehr geringen weltweiten Flächenanteil einnimmt (2%), kann sich auf regionaler bzw. nationaler Ebene, beispielsweise in Brasilien oder Malaysia, die Situation gänzlich anders darstellen. Auch nach Auffassung des SRU sollte dieser Anteil nicht weiter ausgebaut werden. Grund hierfür ist sowohl die stetig wachsende Weltbevölkerung als auch der weltweit ansteigende Lebensstandard, welcher mit dem erhöhten Verzehr von tierischem Protein einhergeht (vgl. Tab. 1).

Dieser Trend wirkt sich insbesondere auf die erforderliche landwirtschaftliche Fläche aus. Eine Reduktion des Verzehrs tierischer Proteine zugunsten pflanzlicher Proteine würde den Nutzungsdruck auf die landwirtschaftlichen Flächen reduzieren.

Nachhaltige Energieversorgung

Soll die Biomasse einen Beitrag zur Energieversorgung leisten, so darf dies nur in Maßen erfolgen. Primäres Ziel ist es,

Tab. 1
Fleischkonsum und für die Landwirtschaft zur Verfügung stehende Fläche ausgewählter Länder; 2007

	Fleischkonsum kg/(Person x Jahr)	Landw. Fläche ha/(Person x Jahr)
USA	123	1,33
Deutschland	88	0,21
China	53	0,40
Indien	3	0,15

Quelle: UN (2009); Bruinsma (2009).

die Nachwachsenden Rohstoffe aus Land- und Forstwirtschaft sowie biogene Reststoffe und Abfälle jeweils in effizienten und nachhaltigen Verwertungspfaden zu nutzen. Darauf wird auch in den Empfehlungen des Bio-ÖkonomieRats zum Thema »Nachhaltige Nutzung von Bioenergie« (BÖR 2012) sowie den Nationalen Biomasseaktionsplan für Deutschland (BMELV 2011) hingewiesen.

Während in der Landwirtschaft grundsätzlich immer die Konkurrenz zwischen »Teller, Tank, Wärme, Strom und Grundstoffen« besteht, können insbesondere biogene Reststoffe und Abfälle, beispielsweise Holzpellets aus Sägewerksabfällen, Bioabfall oder Landschaftspflegegut energetisch eingesetzt werden. Selbst die Hälfte unseres Hausmülls ist letztlich biogenen Ursprungs. Auch die Nutzung von Koppel- und Nebenprodukten in verschiedenen Nutzungskaskaden trägt zu einer nachhaltigen »Biomasse-Strategie« bei (vgl. Arnold et al. 2009).

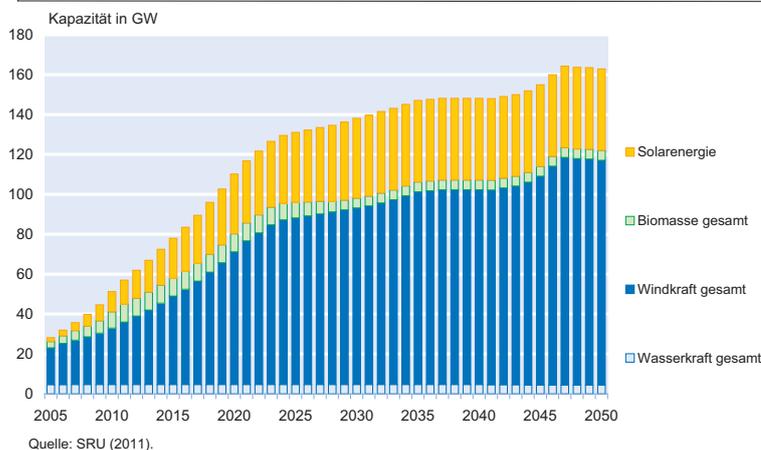
Beispielsweise können Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets vorrangig einen Beitrag zur Wärmebereitstellung leisten. Weiterhin eignen sich Hackschnitzel und Biogas besonders gut zur Erzeugung von »erneuerbarem« Strom. Im Bedarfsfeld Mobilität sollte die Biomasse in Form von Biogas und durch »Flottenkraftstoffe« zum Einsatz kommen. Anstelle einer generellen Beimischung sollte diese begrenzte Menge an Biokraftstoff vorrangig in Bus-, Logistik- oder Taxi-Flotten eingesetzt werden. Die dafür erforderliche Biomasse von land- und forstwirtschaftlichen Flächen muss dabei stets unter nachvollziehbaren Nachhaltigkeitsstandards produziert werden.

Neben diesen nachhaltigen Nutzungsoptionen der Biomasse stellt sich weiterführend die grundsätzliche Frage, ob in Zukunft eine vollständig regenerative Energieversorgung möglich ist und welche Rolle die Biomasse hier einnimmt. Berechnungen des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU 2011) zeigen, dass dies prinzipiell bis zum Jahr 2050 machbar ist. Die Zusammensetzung des Erneuerbaren-Mixes aus den einzelnen regenerativen Energieträgern ist dabei in Szenarien nach den voraussichtlich zu erwartenden Kosten berechnet worden.

Die Stromerzeugungskapazitäten verteilen sich vorrangig auf die Quellen Windkraft, Solarenergie und Wasserkraft (vgl. Abb. 2). Den Großteil des Stroms erzeugen in Zukunft vermutlich Offshore-Windkraftanlagen, da der Bau von einigen Tausend Großanlagen nur »offshore« hinsichtlich Leistung und Anzahl der Standorte, Akzeptanz und Eingriffe in Natur und Landschaftsbild vorteilhaft erscheint. Die Biomasse hingegen geht im Bereich der Stromver-

Abb. 2

Entwicklung der regenerativen Stromerzeugungskapazitäten (Szenario 2.1.a / 509 TWh/a in 2050)



sorgung bis 2050 tendenziell sogar auf einen Anteil von unter 10% zurück, da diese vorrangig für Kraftstoffe und chemische Grundstoffe genutzt wird und für die Verstromung langfristig kaum preiswerter werden wird. Während aus Wind- und Solarenergie fluktuierend Strom erzeugt wird, welcher wenig regel- und prognostizierbar ist, kann die Biomasse eine wichtige systemstabilisierende Funktion einnehmen (vgl. SRU 2011). Ein noch vielfach ungenutztes Potenzial bieten hierin vor allem biogene Rest- und Abfallstoffe.

In einem System mit 100% erneuerbaren Energieträgern, welches weitestgehend strombasiert ist, spielt innerhalb der großtechnischen Speicherung vor allem die Konversion eine maßgebliche Rolle. Durch Strom kann mittels Elektrolyse aus Wasser Wasserstoff erzeugt werden, welcher anschließend in einem weiteren Prozessschritt mit Kohlenstoffdioxid in Methan oder Methanol umgewandelt wird. Für die Stromerzeugung kommen dann auch die windreichen Standorte an südamerikanischen Küsten oder sonnenreiche Wüsten in Betracht. Die dort erzeugten Kohlenwasserstoffe können weltweit in bewährten etablierten Infrastrukturen transportiert werden und flexibel in den Bereichen der Strom- und Wärmezeugung als auch im Mobilitätssektor und der Grundstoffindustrie Verwendung finden.

Ausblick

Globale Herausforderungen wie Klimawandel und Rohstoffknappheit, die steigende Weltbevölkerung sowie der weltweit steigende Lebensstandard haben vielfältige Auswirkungen auf die Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen. Bezogen auf die Landwirtschaft bedeutet dies eine steigende Nachfrage nach Nahrungsmitteln und nach tierischem Protein wie Fleisch, Milch und Milchprodukten

bei gleichzeitig sinkender Ackerfläche pro Kopf. Aufgrund von Flächendegradierung durch Auslaugung, Erosion, Versalzung und Wüstenbildung wird die zur Verfügung stehende Ackerfläche weiter eingeschränkt werden. Hieraus folgt in den nächsten Jahrzehnten sicherlich eine Verschärfung der Flächenkonkurrenz. Selbst moderne Züchtungsmethoden und der umstrittene Einsatz von grüner Gentechnik können diese Nutzungskonkurrenz kaum ernsthaft entspannen. Für eine nachhaltige Nutzung von Biomasse ergeben sich folglich klare Prioritäten. An erster Stelle gilt es, das Gros der Ackerfläche für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion zu nutzen. Anschließend folgt die stoffliche Nutzung der Biomasse – inklusive der Erzeugung von höherwertigen Kohlenwasserstoffen. Zuletzt sollte die Biomasse für die energetische Nutzung eingesetzt werden, wobei hier neben der Nutzung der originären Biomasse in Kaskaden der Fokus ebenso auf biogene Reststoffe und Abfälle zu legen ist.

Letztlich stellt sich immer die Frage, wo kann der fossile Rohstoff am Besten und am Kostengünstigsten substituiert werden. Beim Anbau der Biomasse in der Land- und Forstwirtschaft ist zudem die Einhaltung strenger Nachhaltigkeitsstandards notwendig. Auch importierte Biomasse muss nach ebenso strengen Anforderungen zertifiziert sein, wobei die Umsetzung dieser Forderung einen enormen Überprüfungsaufwand bedeuten würde (vgl. UBA 2010).

Das zukünftige Energiesystem wird allen voran auf den Energieträgern Windkraft, Solarstrahlung und Wasserkraft basieren, deren Nutzung an günstigen Standorten erfolgt. Die daraus gewonnene Energie kann für den Strom- und Wärmeeinsatz, für Mobilitätsw Zwecke sowie für die Grundstoffindustrie verwendet werden. Eine nachhaltige Industriegesellschaft, die auf überwiegend erneuerbaren Energien und zudem auf weitgehend geschlossenen Stoffkreisläufen basiert, ist also durchaus eine realistische Vision.

Literatur

- AGEE Stat – Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien (2011), Zeitreihen zur Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Deutschland, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.
- Arnold, K. et al. (2009), »Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffe: Ein Konzept zur Verbesserung der Rohstoffeffizienz und Optimierung der Landnutzung«, Wuppertal Papers Nr. 180, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal.
- BGR – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2010), *Reserven, Ressourcen und Verfügbarkeit von Energierohstoffen*, Kurzstudie, Hannover.
- BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2009); *Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe*, Berlin.
- BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2011), *Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland – Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung*, Berlin.
- BÖR – Forschungs- und Technologierat Bioökonomie (2012), *Nachhaltige Nutzung von Bioenergie: Empfehlungen des BioÖkonomieRats* Nr. 03, Berlin.
- BP (2011), BP Statistical Review of World Energy, online verfügbar unter: <http://www.bp.com/sectionbodycopy.do?categoryId=7500&contentId=7068481>; aufgerufen am 20. Januar 2012.
- Bruinsma, J. (2009), »The Resource Outlook to 2050«, Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- DECHEMA (2010), *Rohstoffbasis im Wandel*, Positionspapier, gemeinsamer Arbeitskreis GDCh, Dechema, DGKM und VCI, Frankfurt am Main.
- FAO STAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2011), Datenbank, aufgerufen am 20. Januar 2012.
- FNR – Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2011), *Jahresbericht 2010/2011 der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V.*, Gülzow.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2001), »Indicators of the human influence on the atmosphere during the Industrial era«.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), *Klimaänderung, Synthesericht, deutsche Übersetzung zum IPCC-Bericht »Climate Change 2007«*, Berlin (2008).
- Mantau, U. (2009), »Holzrohstoffbilanz Deutschlands: Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012«, v.TI *Landbauforschung Agriculture and Forestry Research* Sonderheft 327, 27–36.
- PBL – Netherlands Environmental Assessment Agency (2011), »Total final energy consumption 2011«, online verfügbar unter: <http://themasites.pbl.nl/en/themasites/hyde/consumptiondata/totalenergy/index.html>; aufgerufen am 20. Januar 2012.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007), *Klimaschutz durch Biomasse*, Sondergutachten, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG., Berlin.
- SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2011), *Wege zur 100% erneuerbaren Stromversorgung*, Sondergutachten, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. (Hrsg.), Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin.
- UBA – Umweltbundesamt (2010), *Entwicklung von Strategien und Nachhaltigkeitsstandards zur Zertifizierung von Biomasse für den internationalen Handel*, Dessau-Roßlau.
- UN (2009), *World Urbanization Prospects – The 2009 Revision*, Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat.
- WOR – World Ocean Review (2010), *Mit dem Meer leben*, Maribus GmbH, Hamburg.