

Energie aus Biomasse – Status quo in Österreich und globale Tendenzen¹

Markus Seiwald

markus.seiwald2@sbg.ac.at, Universität Salzburg, Fachbereich Geographie und Geologie, 5020 Salzburg

Energie aus Biomasse (im Folgenden auch als Bioenergie bezeichnet) macht aktuell in Österreich einen Anteil von etwa 60 % des Bruttoinlandverbrauchs an erneuerbaren Energieträgern aus (Österreichischer Biomasse-Verband 2011, S. 3). Dabei unterscheidet sich Bioenergie in drei Punkten grundsätzlich von Sonnen-, Wind- und Wasserkraft: Erstens ist sie in absehbarer Zeit die einzige Energieform, die neben der Bereitstellung von Wärme und Elektrizität auch zur Herstellung von flüssigen Kraftstoffen auf Kohlenstoffbasis für Verbrennungsmotoren herangezogen werden kann. Zweitens fallen bei der Produktion von Energie aus Biomasse aus nachwachsenden Rohstoffen üblicherweise stoffliche Nebenprodukte, wie zum Beispiel Futtermittel oder Grundstoffe für die chemische Industrie, an. Drittens ist Bioenergie an die Verfügbarkeit von land- und forstwirtschaftlichen Flächen gebunden. Die ersten beiden erwähnten Besonderheiten machen ein Engagement im Bioenergiesektor besonders interessant für Akteure aus etablierten Industriesektoren, z. B. Bereichen der Mineralöl-, der Automobil- sowie der chemischen Industrie. Die dritte Besonderheit unterstreicht die Rolle der Landwirtschaft und hat weitreichende politisch-ökologische Implikationen, die in den letzten Jahren sowohl in der *Scientific Community* als auch in der Öffentlichkeit und den Medien heftig und emotional diskutiert wurden. Beispielhaft sind vor allem die „Tank-Teller-Diskussion“, die Agrarkraftstoffen Mitverantwortung an steigenden Nahrungsmittelpreisen zuspricht, sowie die Debatte um Investitionen in Ackerland in Entwicklungs- und Schwellenländern zu nennen.

Ziel dieses Beitrags ist es, einen Überblick über die Rolle der Energie aus Biomasse im österreichischen Energiesystem zu vermitteln und in die breitere Entwicklung eines entstehenden globalen Bioenergie-Regimes einzuordnen. In diesem Beitrag werden als Komponenten des Regimes einerseits die industriellen Akteure aus den verschiedenen an der Bioenergieproduktion beteiligten Sektoren und andererseits die institutionellen Arrangements zur Etablierung einer industriell geprägten Bioenergiebranche verstanden. Die zentrale Hypothese lautet, dass auf Österreichs traditionell eher dezentral organisierten Bioenergiesektor angesichts des Engagements industrieller Akteure auf globalem Niveau, welches durch staatliche Substitutionsziele für fossile Energie und Maßnahmen zur Marktetablierung stimuliert wird, große Herausforderungen zukommen. Die Produktion von Energie aus Biomasse tendiert aktuell zu Zentralisierung. Dies wird in Zukunft in lokalen Nischen bereits etablierte, aber dennoch klein strukturierte Akteursgruppen unter Druck setzen, sich den Marktentwicklungen anzupassen um konkurrenzfähig zu bleiben. Mit dem Markteintritt international agierender Konzerne, die weltweite Versorgungsketten für Biomasse und daraus hergestellte Energieträger aufbauen, gewinnen globale Entwicklungen im Bioenergiebereich auch für lokal ansässige Produzenten zusehends an Bedeutung.

¹ Ich möchte mich bei den beiden Gutachter/innen für die hilfreichen Anregungen und Hinweise bedanken.

1 Bioenergie in Österreich

1.1 Produktion von Bioenergie

Für die Erzeugung von Energie aus Biomasse kann eine breite Palette an Rohstoffen und Zwischenprodukten herangezogen werden. Lässt man Reststoffe (wie Biomüll, Gülle, Klärgas etc.) – die zwar einen signifikanten Anteil liefern, aber als Nebenprodukte anfallen und damit keine Anbauflächen in Anspruch nehmen – beiseite, so bleiben drei Kategorien an eigens für die Energiegewinnung produzierten Rohstoffen übrig: Zucker- bzw. stärkehaltige Pflanzen, lignocellulosehaltige Pflanzen und Ölsaaten (vgl. Abb. 1). Diese Primärenergieträger (orange) können über verschiedene Prozesse (grün) zu einer Reihe von Zwischenprodukten oder Sekundärenergieträgern (blau) weiterverarbeitet werden. Beim Verbraucher erfolgt schließlich die Umwandlung in Nutzenenergie (rot) in Form von Wärme, Strom (meist in der Erzeugung kombiniert mit Wärme in der Kraft-Wärme-Kopplung – KWK) oder Bewegungsenergie zum Zwecke der Mobilität. Im Folgenden werden die verschiedenen Konversionswege für Energie aus Biomasse erläutert und deren Bedeutung für die Produktion in Österreich dargelegt.

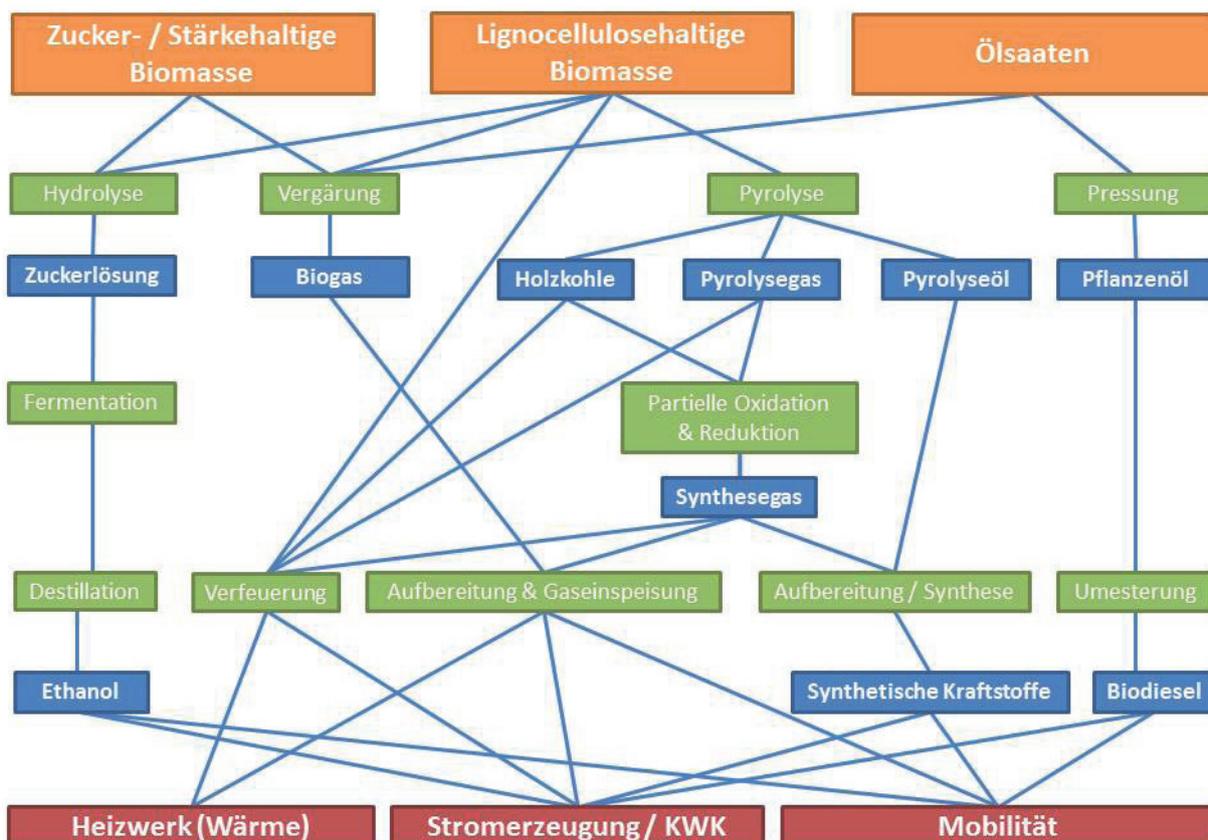


Abb. 1: Konversionswege für Bioenergie (verändert nach Kaltschmitt u. a. 2009, S. 4); KWK = Kraft-Wärme-Kopplung

Zucker- und stärkehaltige Biomasse kann über die Prozessschritte Hydrolyse, Fermentation und Destillation zu **Ethanol** umgewandelt werden. Dieser Konversionsweg ist bereits Stand der Technik und wird in großem Maßstab vor allem in Brasilien und den USA mit Zuckerrohr bzw. Mais als Ausgangs-

material angewendet. Die Umwandlung lignocellulosehaltiger Biomasse zu Ethanol ist hingegen noch nicht kommerziell verfügbar. Lignocellulose ist der Baustoff der Pflanzenzellwände und besteht aus einem widerstandsfähigen Gitter aus Zuckerverbindungen. Im Laufe der Hydrolyse werden diese Gitter in möglichst kleine Bestandteile (Einfachzucker) aufgespalten. Die chemischen Prozesse zur Vorbehandlung und Fermentation sind gegenwärtig jedoch zu kostspielig und ineffizient. Aufgrund dieser Einschränkungen wird der kommerzielle Durchbruch von Ethanol aus Lignocellulose erst ab ca. 2020 erwartet (vgl. Sims u. a. 2010). Die Produktion von Ethanol zur Beimischung zum fossilen Benzin erfolgt in Österreich in einer Anlage im niederösterreichischen Pischelsdorf. Die Anlage wurde 2007 von *Agrana* in Betrieb genommen. 2009 wurde sie auf eine Kapazität von 191 000 t Ethanol/Jahr erweitert. Jährlich können dort bis zu 620 000 t Mais und Weizen verarbeitet werden, was in etwa einer Anbaufläche von 80 000 ha und damit ca. 10 % des zum Getreideanbau verwendeten Ackerlands in Österreich entspricht (Statistik Austria 2011a). Die tatsächliche Ethanolproduktion des Werks belief sich 2010 auf 156 860 t. Davon wurden 81 386 t in Österreich abgesetzt, der Rest ging in den Export (Winter 2011, S. 12).

Zur Produktion von **Biogas** können verschiedenste Ausgangsstoffe herangezogen werden. Neben biogenen Abfällen und Gülle können auch Grassilage und eigens angebaute Energiepflanzen vergärt werden. Das produzierte Biogas wird üblicherweise in einer Anlage zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) verfeuert und damit Strom und Wärme erzeugt (vgl. Markard u. a. 2009). Durch KWK lässt sich ein höherer Brennstoffausnutzungsgrad erreichen als bei der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme. Dies gilt nicht nur für Biogasanlagen, sondern auch für die Verfeuerung fester Biomasse in Fernwärmanlagen (vgl. Graz University of Technology 2010: 2). Ziel bei der KWK ist üblicherweise ein möglichst hoher elektrischer Wirkungsgrad. Für die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen ist daher der Einspeisetarif des produzierten Stroms von zentraler Bedeutung. Zu niedrige Einspeisetarife sind laut ARGE Kompost & Biogas für den in Österreich seit Jahren anhaltenden Investitionsstopp bei Biogasanlagen verantwortlich. Während sich die Zahl der Biogasanlagen mit KWK von 2002 bis 2006 in einer ersten Euphorie über die im neuen Ökostromgesetz vorgeschriebenen Tarife von 97 auf 334 mehr als verdreifachte, wurden von 2006 bis 2010 nach der Einführung einer jährlichen Degression bei den Einspeisetarifen nur noch 26 neue Anlagen errichtet (E-Control Austria 2011). Die anfallende Wärme bei Biogasanlagen ist schwieriger zu nutzen und durch insgesamt geringere Wertschöpfung als die Stromerzeugung gekennzeichnet. Eine weitere Möglichkeit zur Verwertung von Biogas ist die Einspeisung in das Erdgasnetz. Dazu muss das Gas gereinigt und angereichert werden, um eine Methankonzentration von 96–97 % zu erreichen. Dieser Prozess ist jedoch technisch aufwändig und das eingespeiste Methan im Schnitt zwei- bis dreimal so teuer wie Erdgas (vgl. Markard u. a. 2009). Weitere Prozesse zur Umwandlung lignocellulosehaltiger Biomasse sind die Pyrolyse sowie die Holzvergasung oder Gasifizierung. Dabei wird Holz auf mehrere hundert Grad Celsius erhitzt, wodurch eine thermochemische Reaktion eintritt. Pyrolyseprodukte sind je nach Temperatur, Verweildauer, Sauerstoffzufuhr etc. zu unterschiedlichem Ausmaß feste, flüssige und gasförmige Stoffe. Das anfallende **Pyrolyseöl** (auch *Biocrude*) ist ein zähflüssiger, saurer und energieärmer Brennstoff, der vor der Verwendung in Heizkesseln bzw. Verbrennungsmotoren aufbereitet werden muss (vgl. Lange 2007). Bei der Holzvergasung folgen auf die Pyrolyse noch weitere Prozessschritte. Das entstehende Gasgemisch wird als **Synthesegas** bezeichnet. Es kann zum Beispiel auf Erdgasqualität angereichert und

als Bio-SNG (*Synthetic Natural Gas*) ins Netz eingespeist oder via Fischer-Tropsch-Synthese (FT-Synthese) in flüssige Kraftstoffe, z. B. FT-Diesel, umgewandelt werden. Solche **synthetischen Kraftstoffe** werden gemeinsam mit Ethanol aus Lignocellulose in der Literatur häufig als zweite Generation von Agrarkraftstoffen bezeichnet (Sims u. a. 2010). Von der ersten Generation unterscheiden sie sich dadurch, dass bei ihrer Herstellung die ganze Pflanze und nicht nur die öl- bzw. stärkehaltigen Früchte verwendet werden. Die Vergasungstechnologie ist gegenwärtig noch nicht marktreif. Größte Herausforderung ist die Herstellung eines sauberen Produktgases ohne aufwändige Nachreinigung (ebd.). Die Produktion von **Biodiesel** erfolgt aus Ölsaaten, innerhalb der EU vornehmlich aus Raps und Sonnenblumen (vgl. Kaltschmitt u. a. 2009, S. 711). Weitere im globalen Maßstab bedeutende Ölsaaten sind vor allem die Sojabohne und die Samen der Ölpalme. Die Ölsaat wird üblicherweise mehrmals gepresst. Das entstandene rohe Pflanzenöl kann aufgrund vom herkömmlichen Diesel divergierender Eigenschaften (vor allem Viskosität) nicht einfach in Motoren verwendet werden. Üblicherweise erfolgt eine Umesterung zu Fettsäuremethylester (*Fatty Acid Methyl Ester* – FAME) mittels Methanol (ebd., S. 736ff). Das Endprodukt FAME muss, um fossilem Diesel innerhalb der EU beigemischt werden zu dürfen, die Grenzwerte der EN 14214 erfüllen. Derzeit kann aufgrund dieser Norm kein reines Palmöl zur Biodieselproduktion herangezogen werden. Vor allem die Wintertauglichkeit von Biodiesel aus Palmöl ist aufgrund des hohen Schmelzpunktes nicht gewährleistet. In Österreich existierten 2010 14 Biodieselanlagen mit einer installierten Produktionskapazität von 650 500 t (Winter 2011, S. 11). Die tatsächliche Produktion belief sich bei den Mitgliedern der *ARGE Biokraft* (entspricht 10 von 14 Produzenten und einer Kapazität von 611 000 t) auf 336 654 t (ebd.).

1.2 Verwendung von Bioenergie – Status quo und Ausblick bis 2020

Der Gesamtanteil der erneuerbaren Energieträger am österreichischen Bruttoinlandsverbrauch betrug 2009 30,9 % (Statistik Austria 2011b). Davon entfielen 58,9 % auf Bioenergie, der Rest wird überwiegend durch Elektrizität aus Wasserkraft (ca. 37 %) abgedeckt (vgl. Abb. 2).

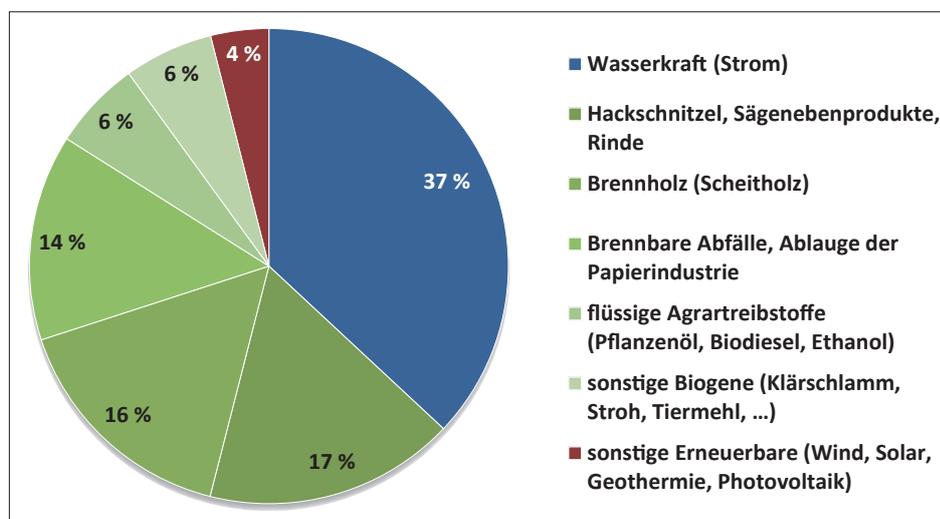


Abb. 2: Anteile einzelner Energieträger am Gesamtaufkommen erneuerbarer Energie in Österreich (Datenquelle: Österreichischer Biomasseverband 2011, S. 2f)

Gestaffelt nach den Sektoren Wärme, Strom und Mobilität ergibt sich folgendes Bild: Im Bereich der **Fernwärme** wurden 2010 in reinen Heizkraftwerken und in KWK-Anlagen 29,9 PJ Bioenergie erzeugt. Das sind etwa 37,5 % des Gesamtausstoßes von 79,5 PJ. 2005 belief sich dieser Anteil noch auf ca. 20,9 % (Statistik Austria 2011b). Zusätzlich heizen ca. 20 % der österreichischen Haushalte in Einzelheizung mit biogenen Rohstoffen (Holz, Hackschnitzel, Pellets, Holzbriketts). Der relative Anteil der fossil beheizten Haushalte ist damit von 54,8 % in 2003/04 auf 47,3 % in 2009/10 gefallen (Österreichischer Biomasse-Verband 2011, S. 11). Im Bereich der Wärmeversorgung ist also derzeit noch ein kontinuierlicher Anstieg des Beitrags durch Energie aus Biomasse zu verzeichnen. **Elektrische Energie** zeichnete 2009 für 208 PJ und damit für etwa 20 % des österreichischen energetischen Endverbrauchs verantwortlich. Beim Strom liegt der Anteil der Erneuerbaren mit ca. 70 % außerordentlich hoch. Den Löwenanteil davon stellt mit 60 % der Gesamtaufbringung die Wasserkraft. Bioenergie spielt in diesem Bereich mit einem Gesamtanteil von nur ca. 6 % eine untergeordnete Rolle (ebd., S. 20). Im **Verkehr** ist der Anteil erneuerbarer Energien im Allgemeinen gering. Laut dem jährlich erscheinenden Bericht des Umweltbundesamtes und des Lebensministeriums über Agrarkraftstoffe im Verkehrssektor wurde das von der EU vorgegebene Substitutionsziel für fossile Treibstoffe von 5,75 %, gemessen am Energiegehalt, im Jahr 2010 mit 6,58 % klar erreicht (Winter 2011, S. 16). Gemäß der EU-Richtlinie 2009/28/EG, der „Erneuerbare-Energien-Richtlinie“, hatten bis 30. Juni 2010 alle Mitgliedsstaaten bei der Kommission einen nationalen Aktionsplan einzureichen (*National Renewable Energy Action Plan* – NREAP). Der NREAP soll gestaffelt nach drei Sektoren Ziele zu den Anteilen der erneuerbaren Energie am Bruttoendverbrauch des jeweiligen Mitgliedsstaates im Jahr 2020 formulieren. Insgesamt soll der Anteil der Erneuerbaren am Bruttoendverbrauch Österreichs bis 2020 auf 34,2 % erhöht werden (Karner u. a. 2010). Laut einer Potenzialanalyse des Österreichischen Biomasseverbands (2011, S. 10) kann die Nutzung von Bioenergie von 181,5 PJ 2009 auf 237,2 PJ 2020 und damit um ca. 30 % ausgebaut werden. Gemäß dem eingereichten NREAP für Österreich belief sich 2005 der Anteil der Biomasse am **Strom** aus Erneuerbaren auf 6,8 %. Dieser stieg inzwischen auf über 10 %, wird aber laut Prognose im Laufe des Jahrzehnts mit dem schnelleren Ausbau der Solar- und Windenergie wieder leicht fallen (Karner u. a. 2010, S. 76f). Im Bereich der **Wärmeerzeugung** ist ein relativer Rückgang der Bedeutung von Biomasse als beinahe einziger erneuerbarer Energielieferant zu erwarten. Deckte 2005 Wärme aus Biomasse noch 94,4 % der Produktion aus Erneuerbaren ab, so wird dieser Anteil für 2020 auf „nur noch“ 86,3 % geschätzt. Solarenergie und Wärmepumpen sind in diesem Sektor als potenzielle Wachstumstechnologien zu nennen (ebd., S. 78). Im Bereich **Verkehr** decken Bioethanol und Biodiesel knappe 60 % der Erneuerbaren ab. Dieser Anteil wird bis 2020 in etwa gleich bleiben (ebd., S. 79).

1.3 Zusammenfassung der wichtigsten Trends bei Produktion und Verbrauch

- Der wichtigste Rohstoff zur Bioenergiegewinnung ist Holz und wird es auch in Zukunft bleiben, vor allem wenn neue Technologien (Vergasung, Ethanol aus Lignozellulose) marktreif werden. Holz erbringt österreichweit 41 % der erneuerbaren Energie und liegt damit noch vor der Wasserkraft mit 37 % (Nemestothy 2011, S. 20). Die Versorgung mit genügend Scheitholz,

Hackschnitzeln, Pellets und Briketts wird in Zukunft schwieriger zu gewährleisten sein. Bereits 2009 wurden in Österreich 3,5 Millionen Festmeter (fm) Holz zur energetischen Nutzung importiert (Lang 2011). Mögliche Antworten auf Holzknappheit sind eine verbesserte kaskadische Nutzung, bei der die Holzprodukte möglichst lange im stofflichen Kreislauf verweilen, bevor sie der energetischen Verwertung zugeführt werden, oder eine erhöhte Ausnutzung der sonstigen Holzaufkommen aus Uferbewaldung, kommunalem Strauchschnitt etc. Im Jahr 2009 wurden durch letztere 5,3 Millionen fm Brennholz und Hackgut für die Energieproduktion gewonnen (ebd.). Weitere Hoffnung setzt man in die Intensivierung der Holzernte bei den Besitzern von Kleinwaldflächen und in die Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf Ackerland mit schnell wachsenden Baumarten wie Weide oder Pappel. Trotz aller Bemühungen das Holzaufkommen innerhalb der Staatsgrenzen zu steigern, ist es absehbar, dass Österreich in Zukunft vermehrt auf Holzimporte zur Energiegewinnung zurückgreifen muss.

- Energie aus Biomasse wird vor allem zur Versorgung mit Wärme herangezogen. Höhere Wertschöpfung lässt sich jedoch vor allem durch die kombinierte Erzeugung von Wärme und Elektrizität erzielen. Sinngemäß sollen die Kapazitäten zur Stromgewinnung laut dem NREAP Österreichs schneller ausgebaut werden als jene zur Wärmeerzeugung. Die höchsten Zuwachsraten werden jedoch im Bereich der flüssigen Agrarkraftstoffe erster Generation, also bei Bioethanol und vor allem bei Biodiesel, erwartet.
- Besonders auffällig sind die Tendenzen im Bereich Biodiesel und dessen Rohstoffbasis. EU-weit ist die Auslastung der Produktionskapazität von Biodieselanlagen von 81 % in 2006 auf 43 % in 2009 zurückgegangen (Lamers u. a. 2011, S. 2661). Gleichzeitig hat sich die Produktionskapazität für Biodiesel in Österreich von 2005 bis 2010 in etwa versechsfacht, während deren Auslastung 2010 bei nur 55 % lag. Parallel dazu stiegen Österreichs Nettoimporte von Biodiesel von 51 000 t 2005 auf 471 000 t 2009 (EUROSTAT 2011). Seit 2006 ist Österreich zusätzlich Nettoimporteur von Rapsöl. Die Importe von Palmöl stiegen seit 2003 ebenfalls kontinuierlich an (Kranzl u. a. 2010). Auch die Landwirtschaftskammer betont in einer Infobroschüre, dass Österreich beim Biodiesel (im Gegensatz zum Ethanolsektor) nicht über die entsprechende Rohstoffbasis verfügt und auch zukünftig auf Fertigprodukt- und Rohstoffimporte angewiesen bleiben wird.

2 Akteure im Produktionsnetzwerk für Bioenergie

Je nach oben skizzierten Konversionsweg vom Ausgangsmaterial zum Endenergieträger bzw. zu Bioenergie werden unterschiedliche Akteure entlang der Produktionskette aktiv. Ein grundsätzliches Problem der Bioenergiebranche ist die im Vergleich zu fossilen Brennstoffen geringe Energiedichte des Ausgangsmaterials. Dies verteuert den Transport der Rohstoffe über weite Strecken und favorisiert eine dezentrale Nutzung bzw. Weiterverarbeitung in Kleinanlagen. Andererseits ist die Produktion von Energie aus Biomasse in manchen Fällen mit hohen Investitionskosten in Anlagentechnik verbunden, was einen Anreiz zum Bau zentralisierter Großanlagen zur Ausnutzung positiver Skaleneffekte darstellt. Ein weiterer Faktor, der die Akteurskonstellation entlang der Produktionskette beeinflusst, ist das Anfallen von Reststoffen bestimmter Industrien, wie zum Beispiel die schon er-

wähnte Ablauge der Papierindustrie. Parallel zu Abschnitt 1 sollen nun zentrale Akteure im Bioenergieproduktionsnetzwerk gestaffelt nach den verschiedenen Zwischen- und Endprodukten benannt werden.

Die einzige Anlage zur Produktion von **Bioethanol** in Österreich wurde bereits benannt. Anders als bei der Biodieselproduktion rentiert sich die Erzeugung von Ethanol aufgrund von Skaleneffekten nur in Großanlagen (vgl. Dautzenberg und Hanf 2008). Dies prädestiniert Agrarkonzerne, die im Zucker- oder Stärkebereich tätig sind, für ein Engagement im Ethanolsektor. So wird zum Beispiel die größte Ethanolanlage Deutschlands mit einer Produktionskapazität von 500 000 t/a von der *CropEnergies AG*, einem Tochterunternehmen der *Südzucker AG*, geführt (ebd., S. 487). Große Mineralölkonzerne wie *Shell* und *BP* engagieren sich ebenfalls in der Ethanolproduktion – allerdings beide in Form von *Joint Ventures* in Brasilien und nicht in Europa, wo die Ethanolindustrie im Vergleich zu Brasilien und den USA noch wenig ausgebildet ist. Auch der *Renewables 2011 Global Status Report* gibt an, dass die Grenzen zwischen klassischer Erdölindustrie und dem Agrartreibstoffsektor zusehends verschwimmen. So kaufte der US-Raffineriekonzern *Valero Energy* im Verlauf der Jahre 2009 und 2010 insgesamt zehn Ethanolanlagen in den USA (REN21 2011, S. 45). Üblicherweise wird die Ethanol-Wertschöpfungskette von den Anlagenbetreibern kontrolliert. Diese stellen ihre Rohstoffversorgung durch langfristige Lieferverträge mit regionalen Produzenten zu fixierten Preisen sicher. Dies hat für einzelne Landwirte einerseits den Vorteil der Planungssicherheit, andererseits begeben sie sich dadurch in hohe Abhängigkeit (vgl. Dautzenberg und Hanf 2008, S. 488f). Neben den hohen Investitionskosten, die erst Großanlagen rentabel machen, spricht ein weiterer Faktor für das Engagement großer Player am Markt für flüssige Agrartreibstoffe: Das vorhandene technologische Know-How sowie die bereits gebaute Infrastruktur bewegt Konzerne aus der Mineralöl-, der Automobil- sowie der chemischen Industrie dazu, mit Hilfe von Unternehmen aus der Biotechnologie an der Entwicklung und Vermarktung fortschrittlicher flüssiger Agrarkraftstoffe zu arbeiten, die weiterhin in Verbrennungsmotoren zu Energie umgewandelt werden können. So kooperieren zum Beispiel *DuPont* und *BP* bei der Erforschung eines Verfahrens zur Herstellung von Biobutanol durch Fermentation, *Exxon* und *Synthetic Genomics* forschen an Kraftstoffen aus Algen und *Shell* arbeitet mit *logen Energy* an der Herstellung von Ethanol aus Lignocellulose.

Aufgrund der geringen Energiedichte des Ausgangsmaterials und des entstehenden Gasgemisches erfolgt die **Biogasproduktion** üblicherweise relativ dezentral. Größere, zentralisierte Anlagen können zum Beispiel von städtischen Abfallunternehmen, die über relativ große Mengen organischer Abfälle verfügen, geführt werden. Wie Markard u. a. (2009) betonen, sind Akteure aus den etablierten Sektoren Landwirtschaft, Stromversorgung, Abfallwirtschaft und Erdgasversorgung grundsätzlich an der Produktion von Biogas interessiert. Typische Betreiber sind in Österreich jedoch vor allem einzelne Landwirte bzw. bäuerliche Genossenschaften. Im Vergleich zu anderen Ländern stammt ein hoher Anteil der Rohstoffe zur Gasproduktion aus eigens dafür angebauten Energiepflanzen wie Silomais, der meistens in Kombination mit Gülle vergärt wird. Die durchschnittliche Anlagengröße liegt zwischen 250 und 500 kW. Truffer u. a. (2009, S. 24) orten in ihrer Untersuchung des technologischen Innovationssystems um Biogas einen Konflikt zwischen dem Energie- und dem Landwirtschaftssektor. Während ersterer die Konstruktion von großen, zentralisierten Anlagen favorisiere, sei letzterer an günstigen institutionellen Voraussetzungen für die Betreiber von dezentralen Kleinanlagen in-

teressiert. Das Ökostromgesetz 2010 staffelt Einspeisetarife nach Anlagengröße und versucht damit Skaleneffekte zu relativieren. Außerdem werden innovative Wärmeverwendung sowie die technisch aufwändige Erdgasaufbereitung extra vergütet. Trotzdem weisen Medienberichte (z. B. die ORF-Sendung Report vom 14.06.2011 oder die Ö1-Sendung Dimensionen vom 25.07.2011) auf Probleme der Betreiber von Kleinanlagen mit häufigen Ausfällen der Rührwerke und hohen Wartungskosten hin. Generell bleibt festzuhalten, dass die Biogasproduktion eine ausgezeichnete Methode zur Verwertung von organischen Abfällen und sonstigen vergärbaren Reststoffen darstellt. Ob allerdings der Anbau von Energiepflanzen zur Vergärung ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist, kann im Rahmen dieses Beitrags nicht beantwortet werden.

Das Problem des geringen Energiegehalts von Biomasse pro Volumen- bzw. Masseinheit wurde bereits angesprochen. Um diesen Nachteil zu überwinden, können verschiedene Verfahren, wie zum Beispiel Pelletierung, angewendet werden. Ein neues, innovatives Verfahren ist die Torrefizierung (Torrefikation) von Biomasse. Es handelt sich dabei um eine Art der **Pyrolyse**, bei der die niederenergetischen Bestandteile der Biomasse in die Gasphase überführt werden. Dies führt zu einem Verlust von bis zu 30 % der Masse des Ausgangsmaterials bei einer gleichzeitigen Steigerung des Heizwerts bis zu über 20 % (vgl. Trattner 2011). In Österreich arbeitet *Andritz* an einer Kommerzialisierung des Verfahrens. Nach der Torrefizierung erfolgt die Pressung der Biomasse zu „schwarzen“ Pellets, die einen höheren Energiegehalt aufweisen als herkömmliche „weiße“ Pellets und somit den Ansprüchen der internationalen Märkte für Biomasse-Handelswaren (*biocommodities*), welche in Abschnitt 3 noch näher erläutert werden, besser gerecht werden. Das torrefizierte Material eignet sich zum Beispiel als Ausgangsstoff für die weitere Gasifizierung.

Im Bereich der **Holzvergasung** sind unterschiedliche Tendenzen erkennbar. Einerseits spricht einer der österreichischen Pioniere in dem Forschungsfeld, Hermann Hofbauer, von der kommerziellen Nutzung der Technologie in industriellem Maßstab. So sollen bis Ende 2012 sechs Großanlagen in Österreich mit einer Brennstoffwärmeleistung von 8 bis 25 MW in Betrieb sein. Außerdem ist die Errichtung einer Anlage mit 100 MW Leistung in Göteborg und der Bau einer industriellen Großanlage unter österreichischer Beteiligung in Brasilien geplant (Hofbauer 2010). Andererseits arbeiten KMUs an der Kommerzialisierung von Anlagen mit einer Leistung von 100 kW bis zu 1 MW. So existieren zum Beispiel in Oberösterreich zwei Versuchsanlagen mit Leistungen von 30 Kilowatt elektrisch (kW_{el}) bzw. 150 kW_{el} (vgl. Danninger 2011). Zentral bei den Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit solcher Kleinanlagen ist eine möglichst gute Ausnutzung der anfallenden Abwärme, zum Beispiel durch die Trocknung von Biomasse oder die Beheizung einer Badeanstalt, wie es im Tiroler Wörgl geplant ist. Wie bereits angesprochen, rentiert sich die Produktion von **Biodiesel** auch in kleineren Ölmühlen. Dies führt sowohl in Österreich als auch in Deutschland zu einer zweigeteilten Produktionsstruktur: Einerseits existieren kleine Ölmühlen in der Hand von einzelnen Landwirten oder Kooperativen, andererseits industrielle Anlagen mit einer Produktionskapazität von über 100 000 t/a (Dautzenberg & Hanf 2008, S. 486). Am einen Ende des Spektrums stehen Kleinbetriebe, die beispielsweise Altspeiseöl aus der Region einsammeln und damit wenige tausend Tonnen Biodiesel pro Jahr herstellen können. Am anderen Ende agieren Konzerne wie *ADM*, welcher im großen Stil Raps und Soja der Produktion zuführt und allein in Deutschland über eine Kapazität von ca. 900 000 t/a verfügt (ebd., S. 487). Allgemein ist nach Dautzenberg & Hanf ein Trend hin zu größeren Anlagen zu erkennen.

Dass sich der Biodieselsektor konsolidiert und Tendenzen zu Großanlagen im industriellen Maßstab bestehen, bestätigt auch der *Renewables 2011 Global Status Report*. So eröffnete *Neste Oil* 2010 und 2011 die zwei, mit jeweils 800 000 t/a Produktionskapazität bis dato weltweit größten Biodieselanlagen im Hafen von Rotterdam und in Singapur (REN21 2011, S. 46).

3 Globale Tendenzen

Die EU formuliert in der bereits angesprochenen „*Erneuerbaren Richtlinie*“ das Ziel, bis 2020 einen Anteil von mindestens 20 % am Bruttoendenergieverbrauch durch Energie aus erneuerbaren Quellen zu decken. Im Bereich Verkehr sollen 10 % des Endenergieverbrauches durch Erneuerbare erbracht werden (ABI EU 2009, Artikel 3). Weltweit haben bisher mindestens 96 Staaten vergleichbare Ziele für den Einsatz erneuerbarer Energieträger formuliert (REN21 2011, S. 49). Energie aus Biomasse wird in den meisten dieser Länder einen großen Beitrag zur Erreichung der Ziele leisten (müssen). Dies bewegt Akteure aus etablierten Industrien dazu, wie bereits oben am Beispiel von Mineralölfirmen dargelegt, sich im neu entstehenden Sektor zu engagieren. Exner (2011) argumentiert, dass somit das neue Agrarregime nicht mehr klar vom Energieregime zu trennen ist. McMichael (2010) spricht in diesem Zusammenhang vom entstehenden *food/fuel*-Komplex, der sich aus Allianzen zwischen Agrar-, Energie-, Automobil- und Biotechnologieunternehmen sowie Staaten zusammensetzt. Mit dem Einstieg industrieller Akteure in den Bioenergiesektor steigt auch gleichzeitig die globale Nachfrage nach Biomasse. Um diese Nachfrage zu befriedigen, müssen zwei Voraussetzungen erfüllt werden. Erstens muss genügend Biomasse produziert werden. Dies regt global die Suche nach Anbauflächen an. Zweitens müssen Märkte für die Energieträger – Rohstoffe und Zwischenprodukte – entstehen, über die die Produzenten ihren Bedarf abdecken können. Diese beiden Voraussetzungen und die aus ihnen resultierenden Implikationen werden im Folgenden genauer betrachtet.

3.1 Die Suche nach geeigneten Flächen für den Anbau

Verschiedene Studien untersuchten in den letzten Jahren das Biomassepotenzial in Europa. Einen guten Überblick über unterschiedliche Arbeiten zur Thematik liefern Rettenmaier u. a. (2010). Die meisten Untersuchungen unterstreichen für Europa das hohe Potenzial der neuen EU-Mitgliedsstaaten sowie der Ukraine. So wurden zum Beispiel die EU-Importe im Bereich Rapssamen und Rapsöl in den letzten Jahren von ukrainischen Exporten dominiert (Lamers u. a. 2011, S. 2664). Österreichische Handelsstatistiken scheinen diesen Trend zu bestätigen. Neben Deutschland als traditionell wichtigstem Handelspartner bezieht Österreich seine Rohstoffe zur Bioenergieproduktion vornehmlich aus ehemaligen Ostblockländern. So beliefen sich die Nettoimporte bei Feuerholz 2008 auf 200 000 t. Sie stammen hauptsächlich aus Tschechien, der Slowakei, Ungarn, Russland und Deutschland (Kranzl u. a. 2010, S. 31). Hackschnitzel und Pellets werden zum größten Teil aus Deutschland importiert. Auf den Plätzen zwei und drei folgen aber Tschechien und Rumänien (ebd., S. 31ff). Rapssamen werden primär aus Ungarn, der Slowakei und Tschechien importiert (ebd., S. 34f) und bereits gepresstes Rapsöl stammt unter anderem aus Slowenien, Serbien, Rumänien, Tschechien und Polen (ebd., S. 35).

Der Bedarf an Palmöl ist in den letzten Jahren angestiegen. Wie bereits erwähnt, kann reines Palmöl nicht zur Produktion von Biodiesel nach EU-Norm herangezogen werden. Es ist jedoch anzunehmen, dass mehr Palmöl importiert wird, um den Abfluss von Rapsöl aus der Lebensmittelindustrie zur Produktion von Agrartreibstoffen auszugleichen. Hauptexportländer sind hier Malaysia und Indonesien (ebd.).

Die Attraktivität der osteuropäischen Staaten resultiert aus den geringen Produktionskosten und der Verfügbarkeit großer, offiziell ungenutzter Flächen. Eigentumsrechte in diesen Staaten sind oft nicht gesichert. Dies gilt sowohl für die heimische Bevölkerung, deren Land oftmals ohne ihre Zustimmung an internationale Investoren verpachtet wird (vgl. Visser & Spoor 2011), als auch für die Investoren selbst, die gute Kontakte zu den lokalen Behörden aufrechterhalten müssen. Trotz eines Moratoriums auf Landverkäufe in der Ukraine wechseln Flächen in beinahe ungebremsstem Ausmaß den Eigentümer, wie der ehemalige ukrainische Außenminister im Interview eingesteht (ebd., S. 320). Große Player sind in der Ukraine vor allem *Agroholdings*. Die meisten davon entstanden entweder durch Bestrebungen der Lebensmittelindustrie zur vertikalen Integration und Kontrolle der gesamten Wertschöpfungskette, durch Risikostreuung von Energiekonzernen, die ihr Geschäftsfeld diversifizieren wollten, oder ab 2004 durch Finanzkapital, das nach sicheren Anlageformen suchte (vgl. Iliencko & Volodymyr 2009). Die Investitionen in Ackerland werden also aus unterschiedlichen Beweggründen getätigt. Der Anbau von Biomasse zur Energieerzeugung ist nicht der einzige Faktor, der *Land Grabbing* in Osteuropa vorantreibt. Staatliche Fonds aus Schwellenländern mit wachsender Bevölkerung und Nahrungsmittelbedarf finden sich ebenso unter den Investoren wie private Anleger, die *Cash Crops* für den Export produzieren.

Auf der globalen Maßstabsebene erscheinen tropische Regionen besonders interessant für den Anbau von Biomasse. Der primäre Grund hierfür sind die besseren Wachstumsbedingungen in den Tropen. Während in Österreichs Wäldern die durchschnittliche Zuwachsrate pro Jahr bei ca. 10 m³/ha liegt, erreichen aktuell industrielle Kurzumtriebsplantagen in Brasilien Werte von 35 bis 40 m³/ha. Neue Pflanzungen sind für eine Umtriebszeit von 2 bis 3 Jahren entworfen und sollen jährlich zwischen 80 und 100 m³/ha abwerfen (vgl. Röder 2011). Nach Schätzungen der Consulting-Firma Pöyry würden 86 Millionen Hektar dieser tropischen Kurzumtriebsplantagen benötigt, um den weltweiten Holzbedarf zu decken. Die aktuelle Fläche beläuft sich auf ca. 24 Millionen ha. Dies entspricht auch in etwa der Fläche zur Deckung des weltweiten Bedarfs an flüssigen Agrartreibstoffen im Jahr 2015 nach Schätzungen der IEA (*International Energy Agency*) (ebd., S. 33). Die ökologischen und sozialen Folgewirkungen der großflächigen Plantagenwirtschaft können im Rahmen dieses Beitrags nicht angesprochen werden. Einen weiteren Anreiz für die Anlage von Plantagen in tropischen Entwicklungsländern stellen die oft günstigen Investitionsbedingungen dar. So wird zum Beispiel in Äthiopien fruchtbares Ackerland, das zwar von Hirten für die Weidewirtschaft genutzt wird, sich offiziell aber im Besitz des Staates befindet, für 10 US\$ pro Hektar und Jahr verpachtet. Die ersten sechs Jahre sind sogar kostenlos, wie eine im Rahmen des ORF-Weltjournals ausgestrahlte Reportage offen legt (Marant 2011).

Der Bericht der Weltbank zu Investitionen in Agrarflächen (Cotula u. a. 2009, S. 54f) nennt neben dem Klimawandel vor allem (i) Energieautarkie, (ii) Möglichkeiten für ländliche Entwicklung und (iii) Aufbau einer Exportindustrie als zentrale Beweggründe von Regierungen für die Bereitstellung von

landwirtschaftlichen Flächen für den Anbau von Biomasse. Ob das Ziel der Energieautarkie erreicht werden kann, variiert von Staat zu Staat und ist von einer Vielzahl von Faktoren und dem Einsatz unterschiedlicher Technologien abhängig. Werden Energiepflanzen jedoch zum Export angebaut, was oftmals der Fall zu sein scheint, bleibt deren Beitrag zur Erreichung der Energieautarkie jedenfalls vernachlässigbar. Zu den Möglichkeiten für ländliche Entwicklung sei auf eine kürzlich publizierte Studie zur Landnahme in Tansania verwiesen (Exner 2011, S. 474ff). Die strategische Bedeutung der Landwirtschaft im kapitalistischen Weltsystem liegt nämlich, wie Exner darlegt, auch als Schlüsselbereich der Energiegewinnung nicht in der Produktion von Mehrwert, sondern in der Bereitstellung von Gebrauchswerten. Der Anbau energetisch genutzter Pflanzen, ebenso wie deren Verarbeitung, erfolgt in der Regel weitgehend mechanisiert und bietet daher nur eingeschränkte Möglichkeiten zur Generierung von Mehrwert und zur Verbesserung der Einkommenssituation der ländlichen Bevölkerung (ebd., S. 477). Ob der Aufbau einer Rohstoffe und Zwischenprodukte exportierenden Industrie die wirtschaftliche Entwicklung von Staaten langanhaltend fördert, wird im entwicklungspolitischen Diskurs vehement diskutiert und darf angezweifelt werden. Staaten wie Argentinien oder Malaysia folgen jedoch dem Paradigma der Exportorientierung und arbeiten dezidiert am Aufbau von Produktionskapazitäten für den Export. Dies ist zum Beispiel an der Struktur des argentinischen Biodieselsektors zu erkennen, die durch wenige industrielle Produktionsanlagen in Hafennähe gekennzeichnet ist (Lamers u. a. 2011, S. 2659).

3.2 Die Entstehung eines Marktes für Bioenergie

Die Versorgung der Bioenergie-Industrie in den Ländern des Zentrums mit billig produzierter Biomasse aus der Peripherie erfordert die Etablierung verlässlicher *Supply Chains* und Märkte für *Bio-commodities*. Sanders u. a. (2009, S. 397) benennen die wichtigsten Merkmale, die potenzielle zukünftige Biomasse-Handelswaren aufweisen müssen: einfache Transportierbarkeit (relativ hohe Energiedichte), hohe Stabilität (gegenüber äußeren Einflüssen wie Feuchtigkeit, Temperatur, etc.), ein ausreichendes Marktvolumen um Preisschwankungen zu minimieren, ganzjährige Verfügbarkeit, Technologien, die in industriellem Maßstab angewendet werden können, eine mit fossilen Energieträgern kompetitive Kostenstruktur und einfach standardisierbare und kontrollierbare Qualitätskriterien. Nur wenige Biomasseprodukte haben das Potenzial, alle angesprochenen Kriterien zu erfüllen. Globale Märkte haben sich bisher vor allem für die flüssigen Agrartreibstoffe Ethanol und Biodiesel sowie für Holzpellets gebildet.

Der Biodiesel- und der Ethanolsektor unterscheiden sich in Bezug auf die Entwicklung der globalen Märkte für Agrartreibstoffe. 2009 wurden nur 2–3 % (rd. 40 Petajoule Energiewert) der globalen Ethanolproduktion grenzüberschreitend gehandelt (wobei Grenzüberschreitungen innerhalb der EU hier nicht berücksichtigt werden). Allerdings wurden 14 % (rd. 83 Petajoule) der weltweiten Biodieselproduktion auf den internationalen Märkten verschoben (vgl. Lamers u. a. 2011). Es ist anzunehmen, dass dies Ausdruck der starken Orientierung auf den Binnenmarkt in den großen Ethanol produzierenden Staaten USA und Brasilien ist. Speziell für Biodiesel ist die EU der zentrale Zielmarkt. 2009 wurden 68 PJ in die EU importiert. Davon stammen 32 PJ aus Argentinien, 20 PJ aus den USA, und nur

jeweils ca. 5 PJ aus Indonesien, Kanada und Malaysia (ebd., S. 2668). Der Markt für Pellets teilt sich in zwei Bereiche. Einerseits werden für den Wärmemarkt hauptsächlich Pellets aus der regionalen Versorgung verwendet. Andererseits existiert bereits ein internationaler Pelletsmarkt. Beliefert werden vom kanadischen British Columbia aus vor allem Kraftwerke in Westeuropa, die Pellets gemeinsam mit Kohle verfeuern. Ein weiterer Wachstumsmarkt für die kanadische Produktion ist Ostasien. 2008 belief sich zum Beispiel der südkoreanische Pelletsverbrauch noch auf 4 400 t, für 2011 rechnete man bereits mit 67 000 t (Schlagitweit 2011, S. 26). Die kanadischen Exportkapazitäten resultieren aus einer seit 1998 andauernden Massenvermehrung des Borkenkäfers, deren Höhepunkt erst gegen 2020 erwartet wird. Bis 2009 wurden in etwa 700 Millionen Festmeter Holz befallen, das entspricht knapp der Hälfte des wirtschaftlich nutzbaren Kiefernholzes in der Provinz (Kohnle 2009). Die Aufarbeitung dieser Käferholzbestände wird noch Jahre in Anspruch nehmen und den internationalen Biomassehandel maßgeblich prägen.

Neben den drei angesprochenen *Biocommodities* wird an weiteren Technologien gearbeitet, um den Handel mit Biomasse zu erleichtern. Ein Beispiel hierfür ist die schon angesprochene Torrefikation. Sanders u. a. (2009, S. 398) sprechen von torrefizierten Pellets als zweite Generation, die in wenigen Jahren herkömmliche Holzpellets ablösen könnten, da sie eine höhere Dichte und Energiegehalt aufweisen und hydrophob reagieren. Eine ähnliche Vision formulieren auch Eranki u. a. (2011) mit dem Konzept der „Regionalen Biomasse-Verarbeitungs-Depots“, in denen dezentral Biomasse verarbeitet wird. Verschiedene Pyrolyse-Prozesse mit unterschiedlichen Anteilen an Pyrolyseöl, torrefiziertem Festmaterial und Pyrolysegas könnten dezentral z. B. in tropischen Regionen eingesetzt werden, um Biomasseprodukte besser den oben angesprochenen Anforderungen der Industrie anzupassen. Danach können sie verschifft und in *Biomass Hubs*, Knotenpunkten der Bioenergieerzeugung, weiterverarbeitet werden. Sanders u. a. (2009) sehen besonders großes Potenzial für die Formierung von solchen Hubs bei nordwesteuropäischen Hafenstädten. Das Paradebeispiel dafür ist der Hafen von Rotterdam (ebd., S. 406). Aber auch auf kleinerem Maßstab laufen Projekte zur Etablierung von Biomassehandelszentren. So wurden z. B. in der Steiermark mit der Unterstützung von Land, Bund und der EU sieben Biomassehöfe zur Etablierung eines stabilen Marktes für Brennholz und Waldhackgut eingerichtet. Die Idee wird im Rahmen des seit Mitte 2011 laufenden EU-Projekts „*Biomass Trade Centre II*“ staatenübergreifend weitergeführt und ausgebaut (vgl. Biomassehof-stmk.at 2012).

Neben der organisatorischen und technologischen Struktur der Versorgungskette für Biomasseprodukte spielen vor allem institutionelle Arrangements eine zentrale Rolle für die Bildung von globalen Märkten. Die Normierungsverfahren im Pelletsbereich beispielsweise schaffen Vertrauen bei den Konsumenten und sind ein wichtiger Schritt für die Marktetablierung. Weitere Beispiele für den Markt beeinflussende institutionelle Arrangements sind die von der EU vorgeschriebenen Beimischungsquoten für Ethanol und Biodiesel sowie die angestrebten Nachhaltigkeitskriterien für flüssige Agrartreibstoffe.

4 Schlussfolgerungen und Forschungsansätze

Die in Abschnitt 3 dargelegten Tendenzen sind als Folge des vermehrten Engagements industrieller Akteure in der Erzeugung von Energie aus Biomasse zu verstehen. Diese werden nur Investitionen in Großanlagen tätigen, wenn sie die Versorgung mit Rohstoffen dafür sicherstellen können. Mit dem Auftreten dieser Akteure verschärft sich einerseits die Konkurrenz um Anbauflächen weltweit, was nur schwierig quantifizierbare aber eindeutig vorhandene Auswirkungen auf globale Land- und Nahrungsmittelpreise hat. Andererseits verändern sich die Produktionsbedingungen für den eher dezentral organisierten und kleinstrukturierten Bioenergiesektor in Österreich. Die Veränderungen betreffen grundsätzlich alle Bereiche der Wertschöpfungskette für Energie aus Biomasse, jedoch nicht die verschiedenen Konversionswege in gleichem Maße. Während im Biomasseheizwerk- und Biogassektor relativ dezentrale Strukturen vorherrschen, konzentrieren sich transnational agierende Konzerne aus verschiedenen Branchen auf die Herstellung von flüssigen Agrartreibstoffen. Dies ist einerseits bedingt durch die hohen Investitionskosten bei Anlagen zur Herstellung von Ethanol und synthetischen Kraftstoffen, andererseits durch die garantierte Nachfrage durch die gesetzliche Verschreibung von Beimischquoten zu fossilen Treibstoffen. Der Biodieselsektor mit seiner heterogenen Struktur stellte bisher eine Ausnahme dar. Wie angesprochen wurde, zeichnen sich aber auch hier Tendenzen zu einer Zentralisierung ab.

Die dezentrale Erzeugung von Bioenergie hat dennoch das Potenzial, auch in Zukunft einen wichtigen Beitrag zur ökologisch wie ökonomisch nachhaltigen Energieversorgung zu leisten. Ein Beispiel für die erfolgreiche Etablierung eines dezentralen Versorgungssystems zeigt die Studie zum österreichischen Innovationssystem für Biomassefernwärmeanlagen von Weiss (2004). Wie aktuelle Untersuchungen (Kalt u. a. 2010, Kalt und Kranzl 2011) nahelegen, sollte sich ein dezentralisierter, österreichischer Bioenergiesektor aus technischen und ökonomischen Gründen weiterhin auf die Erzeugung von Wärme und in Zukunft zunehmend auf die Kraft-Wärme-Kopplung fokussieren und die Produktion von flüssigen Agrarkraftstoffen zu Mobilitätszwecken eher vernachlässigen. Großes Potenzial zur KWK steckt in innovativen Technologien wie der Holzvergasung, welche einen höheren elektrischen Wirkungsgrad und damit höhere Wertschöpfung als der Betrieb von Dampfturbinen ermöglicht. Gerade diese Technologie könnte einerseits dezentral eingesetzt werden, wird aber andererseits auch als Schlüsseltechnologie für die industrielle Herstellung von synthetischen Kraftstoffen via Fischer-Tropsch-Verfahren gesehen. Wer sind die Akteure, die die beiden Entwicklungsoptionen für die Technologie vorantreiben? Wie stehen potenzielle Nutzer der kleinstrukturierten Vergasungstechnologie, also Heiz(kraft)werksbetreiber, ihrer Anwendung gegenüber? Gibt es institutionelle Arrangements in Österreich, die eine dezentrale Verwendung der Technologie gegenüber zentralisierten Großanlagen bevorzugen?

Land- und Forstwirte als Rohstoffproduzenten stehen in Zukunft einer globalen Konkurrenz gegenüber, die auf industrielle Plantagenwirtschaft in tropischen Entwicklungsländern setzt, wo bessere klimatische Wuchsbedingungen und investitionsfreundliche institutionelle Voraussetzungen vorherrschen. Für individuelle Landwirte und die politische Landschaft in Österreich stellt sich damit die Frage, wie man dieser Herausforderung begegnet. Welche Konversionswege von Biomasse zu Energie garantieren angesichts internationaler Konkurrenz ein tragbares Einkommen für die Produzen-

ten bei gleichzeitig nicht ausufernden Förderungen? Die globalen Tendenzen zur Industrialisierung des Bioenergiesektors stellen einerseits eine große Herausforderung für österreichische Landwirte und Energieproduzenten dar. Andererseits können heimische Anlagenbauer durch ihr großes *Know How* im Ausland auf lukrative Aufträge hoffen. Um den technologischen Vorsprung, der in manchen Sparten der Bioenergieproduktion vorhanden ist, zu erhalten und weiter auszubauen, bedarf es institutioneller Voraussetzungen zur Innovationsförderung. Der Ausbau der Wissensbasis rund um die Vergasungstechnologie scheint hier ebenfalls ein Gebot der Stunde zu sein, wie auch die vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie herausgegebene Forschungsstrategie für Biotreibstoffe nahelegt (vgl. Jungmeier u. a. 2010).

5 Literatur

- ABI EU (2009): Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union L140. Brussels: Europäische Union. S. 16–62.
- Biomassehof-stmk.at (2012): EU-Projekt Biomassehöfe. Biomassehof-stmk.at. http://www.biomassehof-stmk.at/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=64 (23.01.2012).
- Cotula, L., S. Vermeulen, R. Leonard und J. Keeley (2009): Land grab or development opportunity? Agricultural investment and international land deals in Africa. In: Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the International Fund for Agricultural Development (IFAD) and the International Institute for Environment and Development (IIED): London, Rom, 120 S.
- Danninger, G. (2011): Erste Praxisergebnisse mit kleinen Holzvergäsern in Oberösterreich (30 und 150 kwel.). Tagungsband 16. Österreichischer Biomasse-Tag 16.–18.11.2011. Wien: Österreichischer Biomasse-Verband. S. 42–45.
- Dautzenberg, K. und J. Hanf (2008): Biofuel chain development in Germany: Organisation, opportunities, and challenges, In: Energy Policy, Bd. 36, Nr. 1, S. 485–489.
- E-Control Austria (2011): Entwicklung anerkannter sonstiger Ökostromanlagen 2002–2010. E-Control Austria. http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/dokumente/pdfs/Tabelle%20anerkannte%20%C3%96koanlagen%202002-2010_korr_mai2011.pdf (09.01.2012).
- Eranki, P.L., B.D. Bals und B.E. Dale (2011): Advanced Regional Biomass Processing Depots: a key to the logistical challenges of the cellulosic biofuel industry. In: Biofuels, Bioproducts and Biorefining, Bd. 5, Nr. 6, S. 621–630.
- EUROSTAT (2011): Versorgung, Umwandlung, Verbrauch – erneuerbare Energien (Biotreibstoff) – jährliche Daten [nrg_1073a]. Brussels: EUROSTAT.
- Exner, A. (2011): Die neue Landnahme an den Grenzen des fossilen Energieregimes. Tendenzen, Akteure und Konflikte am Beispiel Tansanias. In: Peripherie, Bd. 31, Nr. 124, S. 470–496.
- Graz University of Technology (2010): Technologie Portrait Kraft-Wärme-Kopplung. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 34/2010. Wien: bmvit.
- Hofbauer, H. (2010): Biomassedampfvergasung – eine Erfolgsstory. In: Nachwachsende Rohstoffe, Nr. 58, S. 7.
- Iliencko, I. und Volodymyr L. (2009): Super-large farms in Ukraine and their integration into international markets. 3. Green Week Scientific Conference (MACE): Multi-Level Processes of Integration and Disintegration, 14.01.–15.01.2009: Berlin.
- Jungmeier, G., J. Spitzer, H. Hofbauer, S. Fürnsinn, M. Wörgetter, D. Bacovsky, A. Lingitz, I. Kaltenegger und K. Könighofer (2010): Basispapier "F&E-Strategie für Biotreibstoffe". Berichte aus Energie- und Umweltforschung 7a/2010, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie: Wien.
- Kalt, G. und L. Kranzl (2011): Assessing the economic efficiency of bioenergy technologies in climate mitigation and fossil fuel replacement in Austria using a techno-economic approach. In: Applied Energy, Bd. 88, Nr. 11, S. 3665–3684.
- Kalt, G., L. Kranzl und R. Haas (2010): Long-term strategies for an efficient use of domestic biomass resources in Austria, In: Biomass and Bioenergy, Bd. 34, Nr. 4, S. 449–466.
- Kaltschmitt, M., H. Hartmann & H. Hofbauer (Hg.) (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. 1030 S.

- Karner, A., S. Koller, C. Kettner, D. Kletzan-Slamanig, A. Köppl, A. Leopold, R. Lang, N. Nakicenovic, K. Reinsberger, G. Resch, S. Schleicher, H. Schnitzer und K. Steininger (2010): Nationaler Aktionsplan 2010 für erneuerbare Energie für Österreich (NREAP-AT). Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend: Wien, 172 S.
- Kohnle, U. (2009): Borkenkäfer gefährden Kiefernwälder in Britisch-Kolumbien. In: AFZ-Der Wald, Bd. 64, Nr. 9, S. 490–493.
- Kranzl, L., F. Diesenreiter und G. Kalt (2010): Country Report Austria 2009. Vienna University of Technology, Department of Power Systems and Energy Economics, Energy Economics Group (EEG). IEA Bioenergy Task 40: Wien.
- Lamers, P., C. Hamelinck, M. Junginger und A. Faaij (2011): International bioenergy trade—A review of past developments in the liquid biofuel market. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews, Bd. 15, Nr. 6, S. 2655–2676.
- Lang, B. (2011): Holzströme in Österreich 2009. klima:aktiv energieholz, Österreichische Energieagentur, FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier. <http://www.klimaaktiv.at/filemanager/download/82216> (20.12.2011).
- Lange, J. (2007): Lignocellulose conversion: an introduction to chemistry, process and economics. In: Biofuels, Bioproducts and Biorefining, Bd. 1, Nr. 1, S. 39–48.
- Marant, A. (2011): Afrika – Ackerland im Abverkauf. ORF Weltjournal. <http://www.youtube.com/watch?v=c6AHuHMoTLg> (18.01.2012).
- Markard, J., M. Stadelmann und B. Truffer (2009): Prospective analysis of technological innovation systems: Identifying technological and organizational development options for biogas in Switzerland. In: Research Policy, Bd. 38, Nr. 4, S. 655–667.
- McMichael, P. (2010): Agrofuels in the food regime. In: Journal of Peasant Studies, Bd. 37, Nr. 4, S. 609–629.
- Nemestothy, K. (2011): Energieträger Holz – Status quo & Ausblick bis 2020. Tagungsband 16. Österreichischer Biomasse-Tag, 16.–18.11.2011. Wien: Österreichischer Biomasseverband. S. 20–23.
- Österreichischer Biomasse-Verband (Hg.) (2011): Bioenergie. Basisdaten 2011. Wien: Österreichischer Biomasse-Verband. 31 S.
- REN21 (2011): Renewables 2011 Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century: Paris.
- Rettenmaier, N., A. Schorb & S. Köppen (2010): Status of Biomass Resource Assessments Version 3. Biomass Energy Europe: Freiburg.
- Röder, H. (2011): Die Rolle der Plantagenwirtschaft in der weltweiten Versorgung der Holzwirtschaft. Innovative Energiepflanzen – Erzeugung und Verwendung von Kurzumtriebsholz. Wien: Österreichischer Biomasse-Verband. S. 33.
- Sanders, J., B. Annevelink und D. van der Hoeven (2009): The development of biocommodities and the role of North West European ports in biomass chains. In: Biofuels, Bioproducts and Biorefining, Bd. 3, Nr. 3, S. 395–409.
- Schlagitweit, C. (2011): Handelsware Pellets – Entwicklungen am Weltmarkt. Tagungsband 16. Österreichischer Biomasse-Tag 16.–18.11.2011. Wien: Österreichischer Biomasse-Verband. S. 24–26.
- Sims, R., W. Mabee, J. Saddler und M. Taylor (2010): An overview of second generation biofuel technologies. In: Bioresource Technology, Bd. 101, Nr. 6, S. 1570–1580.
- Statistik Austria (2011a): Anbau auf dem Ackerland 2010 nach Bundesländern. Statistik Austria. http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ertraege/bodennutzung/index.html (15.12.2011).
- Statistik Austria (2011b): Gesamtenergiebilanz 1970 bis 2010 (Detailinformation). Statistik Austria. http://www.statistik.at/web_de/static/gesamtenergiebilanz_1970_bis_2010_detailinformation_029955.xlsx (29.11.2011).
- Trattner, K. (2011): Torrefikation von Biomasse – Statusbericht und erste Ergebnisse aus der Pilotanlage. Tagungsband 16. Österreichischer Biomasse-Tag 16.–18.11.2011. Wien: Österreichischer Biomasse-Verband. S. 31–33.
- Truffer, B., H. Rohrer und J. Markard (2009): The Analysis of Institutions in Technological Innovation Systems. A conceptual framework applied to biogas development in Austria. DRUID Summer Conference, June 16–20, 2009: Copenhagen.
- Visser, O. und M. Spoor (2011): Land grabbing in post-Soviet Eurasia: the world's largest agricultural land reserves at stake. In: Journal of Peasant Studies, Bd. 38, Nr. 2, S. 299–323.
- Weiss, G. (2004): Die Rolle von Innovationssystemen in der Entwicklung und Verbreitung von Biomassefernwärmeanlagen in Österreich. In: Centralblatt für das gesamte Forstwesen, Bd., Nr. 4, S. 225–242.
- Winter, R. (2010): Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2010. Zusammenfassung der Daten der Republik Österreich gemäß Art. 4, Abs. 1 der Richtlinie 2003/30/EG für das Berichtsjahr 2009. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Wien.
- Winter, R. (2011): Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2011. Zusammenfassung der Daten der Republik Österreich gemäß Art. 4, Abs. 1 der Richtlinie 2003/30/EG für das Berichtsjahr 2010. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Wien.