

# Die Nutzung von Bioenergie als aktuelle Herausforderung der Kulturlandschaftsentwicklung

Tobias PLIENINGER und Oliver BENS

## Zusammenfassung

Energiebereitstellung ist vielfach mit der Extraktion natürlicher Ressourcen und mit der Transformation von Landschaften verbunden. Ganz besonders trifft dies zu auf die Bioenergie, die auf der energetischen Nutzung von in Land- und Forstwirtschaft produzierten Rohstoffen basiert. In Deutschland ist die Nutzung nachwachsender Rohstoffe stark angestiegen und nimmt 2007 ca. 17 % der Ackerflächen ein. Soll das politische Ziel eines 20 %-Anteils der erneuerbaren Energieträger am gesamten Energieverbrauch in der EU bis 2020 realisiert werden, würde der Rohstoff- und Flächenbedarf nochmals deutlich zunehmen. Der Boom der Bioenergie ist primär das Ergebnis einer Vielzahl politischer Förderinstrumente, insbesondere des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und der Regelungen zur Förderung von Biokraftstoffen im Transportbereich. Ökobilanzierungen zeigen

jedoch, dass viele Formen der Bioenergienutzung (insbesondere die Herstellung von Biodiesel und Bioethanol) in energetischer Hinsicht beziehungsweise im Hinblick auf die Vermeidung von Treibhausgasemissionen wenig effizient sind. Aufgrund der entstehenden Konkurrenzsituationen bei der Nutzung der Agrarflächen, die die Grenzen der Bioenergienutzung aufzeigen, ist eine Optimierung der Bioenergienutzung erforderlich. Andererseits ergeben sich aus dem erheblichen Einsatz staatlicher Förderinstrumente Möglichkeiten der aktiven Gestaltung der zukünftigen Bioenergienutzung (insbesondere zur Integration von Nachhaltigkeitsaspekten), die auch zu einer besseren Verträglichkeit der erneuerbaren Energienutzung mit den Belangen von Naturschutz und Landschaftspflege genutzt werden können.

## 1. Einführung

Die meisten Formen der Energiebereitstellung beruhen auf der Extraktion und Transformation von energiereichen Rohstoffen. Wie das Beispiel der Braunkohle-Tagebaue und der Bergbau-Folgelandschaften belegt, schließt dies die Transformation ganzer Landschaften und in einigen Bereichen das Entstehen von „Energiewäldern“ („Landscapes of Power“) ein (ATKINS et al. 1998). Neben der Nutzung fossiler Energieträger bringt gerade auch der Ausbau erneuerbarer Energien spezifische Landschaften hervor (BENS et al. 2006; GRÜNEWALD et al. 2007). So wurden zum Beispiel im Zuge der Entwicklung der Wasserkraftnutzung seit dem 19. Jahrhundert viele Flusslandschaften erheblich umgestaltet. In jüngerer Zeit waren ähnliche Landschaftstransformationen mit dem Ausbau der Windenergienutzung verbunden, die heute in vielen ländlichen Räumen das Landschaftsbild prägt. Eine Gemeinsamkeit der alten und neuen Energienutzungen ist die starke Dynamik und das große Ausmaß, in dem sie Landschaften verändern. Daher sind sie häufig von heftigen gesellschaftlichen Konflikten begleitet (vergleiche CLOKE et al. 1996; HEDGES 1995). Auf den ersten Blick erscheint die Nutzung von Energie aus Biomasse als vergleichsweise landschaftsverträglich, da der von land- und forstwirtschaftlicher Nutzung geprägte Charakter der Kulturlandschaften erhalten bleibt und da die Bioenergienutzung relativ wenige technische, die Landschafts-

ästhetik störende Anlagen erfordert (siehe zum Beispiel die Position des Schwarzwaldvereins, GERECKE 2004). Eine solche Sichtweise übersieht jedoch die bedeutenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Begleiterscheinungen der Bioenergienutzung in den betroffenen Landschaftsräumen.

„Bioenergie“ (Kritiker dieser Nutzungsform bevorzugen den Begriff „Agro-Energie“) umfasst die Produktion und die energetische Nutzung von rezentem organischem Material, das im Rahmen der Land- und Forstwirtschaft beziehungsweise aus Abfällen gewonnen wird. Der Sammelbegriff „Nachwachsende Rohstoffe (NawaRos)“ hat sich durchgesetzt für diejenigen Agrar- und Forstprodukte, die nicht als Nahrungs- und Futtermittel, sondern als Rohstoffe zur Produktion von Biomaterialien („stoffliche Verwertung“) und zur Bereitstellung von Bioenergie („energetische Verwertung“) verwendet werden. NawaRos erleben derzeit in Deutschland wie in der ganzen Welt einen starken Boom. Möglicherweise wird die Bioenergienutzung einen Umbruch der Landnutzung bewirken, der in seiner Dimension dem Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft vor 200 Jahren gleicht (HABER 2007). Ein Kennzeichen der Bioenergienutzung (zum Beispiel gegenüber der Windenergie- oder Wasserkraftnutzung) ist, dass ihre unmittelbaren landschaftlichen Wirkungen nicht punktueller Natur sind, sondern ausgedehnte Flächen der terrestrischen Biosphäre betreffen. Dadurch ist Bioenergie mutmaßlich derjenige erneuerbare Energieträger

mit der größten Relevanz für Landnutzung, Naturschutz und Kulturlandschaftsentwicklung.

Die Bewertung der landschaftlichen Auswirkungen wird erschwert durch die ausgeprägte Vielfalt der Nutzungs- und Konversionsformen von Biomasse. Hilfreich ist eine Unterscheidung nach dem Flächentyp, dem sie entstammt. Hierbei sind Ackerflächen, Wälder, Grünland, Landschaftspflegeflächen sowie Energiewälder, die einen Übergangszustand zwischen Acker und Wald darstellen, bedeutend. Biomasse wird entweder gezielt angebaut oder als Reststoff aus Anbauverfahren, die andere Hauptprodukte zum Ziel haben, genutzt. Die so genannte Anbaubiomasse besteht aus halmgutartigen Pflanzen (zum Beispiel Getreideganzpflanzen), holzartigen Pflanzen (zum Beispiel Weiden oder Pappeln) in Kurzumtriebsplantagen sowie Öl- und Stärkepflanzen (zum Beispiel Raps). Reststoffe sind zum Beispiel Durchforstungsholz aus der Forstwirtschaft oder Stroh aus der Landwirtschaft. Derzeit dominiert ganz überwiegend der gezielte Anbau von „Energiepflanzen“ auf den Ackerflächen. In Bezug auf die Weiterverarbeitung beziehungsweise Nutzung werden derzeit insbesondere vier Wege beschrrieben (HEBECKER et al. 2006):

- Die Vergärung von Biomasse zu Biogas, aus dem Strom und Wärme gewonnen wird.
- Die Verbrennung oder Vergasung von Biomasse-Festbrennstoffen und deren Nutzung als Strom oder Wärme in kleinen und großen Anlagen.
- Die Vergärung von zucker- oder stärkehaltigen Substanzen zu Bioethanol, der überwiegend als Beimischung zu Benzin in Ottomotoren Verwendung findet.
- Die Veresterung von Pflanzenölen, vor allem Rapsöl, zu Biodiesel, der in Reinform oder als Beimischung zum Antrieb von Dieselmotoren dient.

## 2. Triebkräfte

Die Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe nahm seit den 1990er Jahren bis heute sehr stark zu, in einigen Jahren um bis zu 30 %. Mit einem Rekordniveau von ca. 2 044 600 ha wurden 2007 nachwachsende Rohstoffe bereits auf 17,2 % der deutschen Ackerflächen angebaut. Im Jahr 2006 hatten die erneuerbaren Energien einen Anteil von 5,8 % an allen in Deutschland eingesetzten Energieträgern, an der Stromerzeugung sogar einen Anteil von 12,0 % (BMU 2007). Unter den erneuerbaren Energieträgern ist die Bioenergie (Biokraftstoffe, biogene Brennstoffe zur Strom- und Wärmebereitstellung) mit 71 % der bereitgestellten Energie von überragender Bedeutung.

Zur Begründung des politisch beförderten Ausbaus der Bioenergienutzung finden sich vier Argumentationslinien (FANINGER 2003; SIMS 2003):

1. Bioenergieträger sind eine erneuerbare Energiequelle und können als solche in gewissem Maße endliche fossile Energieträger ersetzen (vor allem Erdölsubstitution).

2. Bei der Bereitstellung von Bioenergieträgern fallen im Vergleich zu fossilen Energieträgern tendenziell geringere Emissionen von klimarelevanten Treibhausgasen an (Klimaschutz).
3. Bioenergieträger können im eigenen Land produziert oder aus einer Vielzahl von Ländern und Weltregionen bezogen werden und verringern so die einseitige Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen aus dem Nahen Osten und aus Russland. Bioenergieträger sind gut speicherbar und grundlastfähig (Versorgungssicherheit).
4. Die Nutzung von Bioenergie ist eine Zukunftsbranche, die weltweit im Wachstum befindlich ist. Die Entwicklung entsprechender Technologien sichert der deutschen Wirtschaft so genannte „first-mover advantages“ und kann ihr Exportoptionen eröffnen (Technologieentwicklung).

Daneben wird häufig hervorgehoben, dass die Nutzung von Biomasse Impulse für eine positive Entwicklung ländlicher Räume geben kann (EISENBEISS et al. 2006). So könne die Bioenergienutzung zu einer erhöhten Wertschöpfung in ländlichen Räumen beitragen, indem Investitionen getätigt und Arbeitsplätze geschaffen oder zumindest stabilisiert werden. Falls die Biomasse für eine dezentrale Energieversorgung genutzt würde, könnten hierdurch die damit verbundenen regionalen Wirtschaftskreisläufe gefördert werden. Eine umfassende Bilanz aller Vor- und Nachteile für ländliche Räume liegt jedoch bislang nicht vor. Auch weisen zum Beispiel ISERMEYER & ZIMMER (2006) darauf hin, dass Arbeitsplätze auf wesentlich effizientere Weise im Bereich der Entwicklung von Technologien (durch die Deutschland von dem zu erwartenden weltweiten Bioenergie-Boom profitieren könnte) als durch die direkte Förderung der heimischen Biomasseproduktion geschaffen werden können.

Die messbaren Wirkungen der Bioenergienutzung werden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in einer halbjährlich veröffentlichten Statistik erfasst. Demzufolge wurden im Jahr 2006 durch die Nutzung aller erneuerbaren Energieträger rund 101,5 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalente vermieden, davon ca. 46 % durch die Nutzung von Bioenergie. Bei Errichtung und Betrieb von Anlagen im Bioenergiebereich wurde ein Umsatz von 9,11 Milliarden € erzielt. Der Bruttobeschäftigungseffekt des Sektors wird für das Jahr 2006 auf 95 400 Arbeitsplätze geschätzt (BMU 2007). Diese Vorzüge unterscheiden sich jedoch stark nach dem gewählten Nutzungspfad und sind insgesamt nicht unumstritten.

Der Boom der Bioenergie ist primär ein Ergebnis einer umfassenden politischen Förderung. Besonders bemerkenswert daran ist, dass hier Instrumente der Energie- und der Agrarförderungspolitik zusammentreffen, die bislang wenig aufeinander abgestimmt sind. Heute ist die Förderung erneuerbarer Energien ein

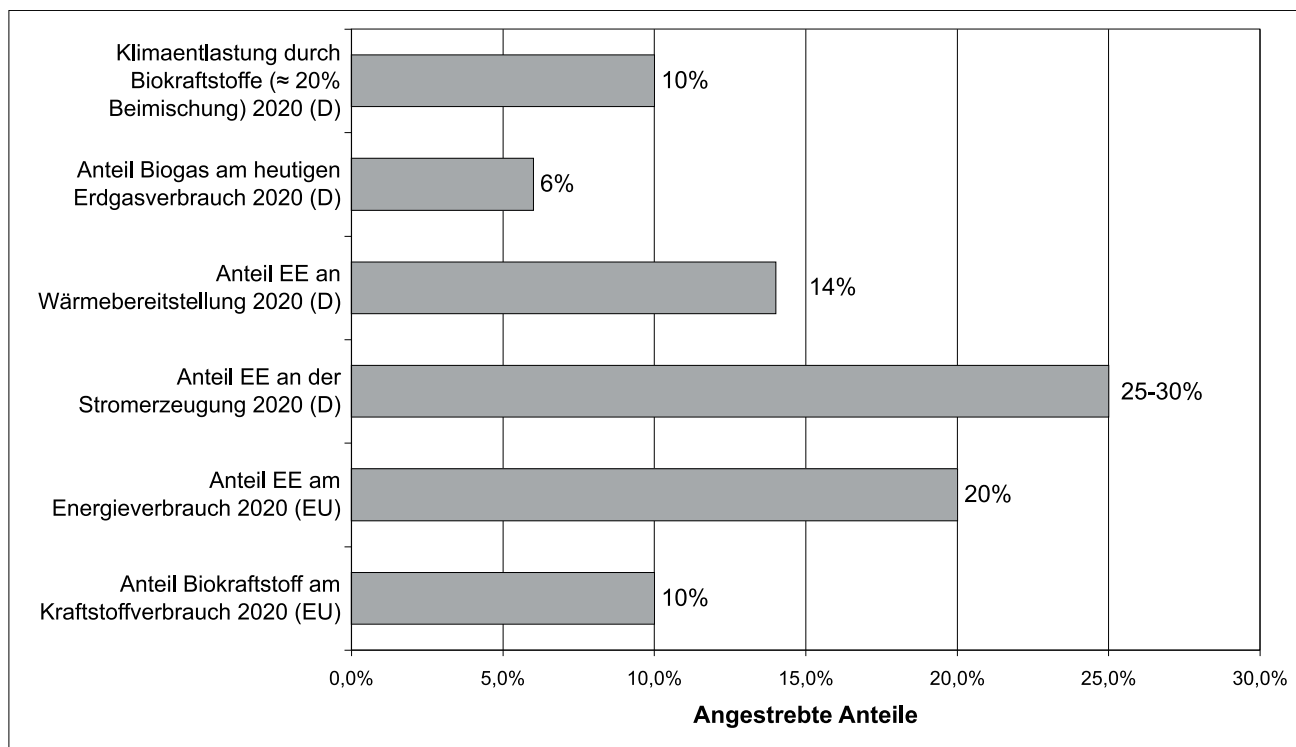


Abbildung 1: Politische Ziele zum Einsatz erneuerbarer Energien (Quelle: Klaus Müschen, UBA, 2007)

erklärtes Ziel so gut wie aller europäischer Regierungen wie auch der Europäischen Union selbst. Letztere will bis 2020 einen Anteil erneuerbarer Energieträger von 20 % am gesamten Energieverbrauch erreichen (Abbildung 1).

Als das „Flaggschiff“ unter den Förderinstrumenten gilt das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), mit dem der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis 2020 auf 25 bis 30 % erhöht werden soll. Das EEG verpflichtet die Netzbetreiber, Strom aus erneuerbaren Energien anzunehmen beziehungsweise in das Netz einzuspeisen und dafür Mindestvergütungen zu zahlen. In der Novelle des EEG vom 21.07.2004 wurde ein Bonus eingeführt für Anlagen, die ausschließlich naturbelassene Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft, Gartenbau und Landschaftspflege verwerten (so genannter „NawaRo-Bonus“). Diese Gesetzesänderung führte zu einem starken Zuwachs an Biogasanlagen auf landwirtschaftlichen Betrieben.

Der Einsatz von Biomasse als Kraftstoff hat sich ebenfalls als sehr dynamisch erwiesen. Nationale und europäische Vorgaben verpflichten die Bundesregierung, Biokraftstoffe verstärkt zu fördern. Ein sehr wirkungsvolles Instrument war die Mineralölsteuerbegünstigung für Biokraftstoffe, die bis Ende 2009 ausläuft und stufenweise durch ein Beimischgebot für Biokraftstoffe von 6,75 % bis zum Jahr 2010 ersetzt wird. Waren Biokraftstoffe durch die Befreiung von der Mineralölsteuer in Verbindung mit den hohen Mineralölpreisen gegenüber fossilem Diesel konkurrenzfähig, so erlebte die Branche mit der begonne-

nen Aufhebung der Steuerbefreiung eine tiefe Krise, die bis hin zur Stilllegung von Anlagen führte.

Bislang noch kaum durch ökonomische Instrumente gefördert ist die Bereitstellung von Wärme durch Bioenergie – obwohl Biomassenutzung gerade in diesem Bereich sowohl die längste Tradition als auch die größten Potenziale aufweist. Am 05.12.2007 beschloss das Bundeskabinett jedoch die Einführung eines Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes, das den Anteil erneuerbarer Energien im Wärmebereich bis 2020 auf 14 % steigern soll. Insbesondere soll bei Neubauten der Einsatz entsprechender Anlagen vorgeschrieben werden.

Die Förderung des Anbaus von Energiepflanzen durch die Gemeinsame Agrarpolitik der EU ist weniger motiviert durch das Ziel einer Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien als vielmehr dadurch, Landwirten neue Einkommensquellen zu erschließen. Sie erstreckt sich auf eine Energiepflanzenprämie in Höhe von 45 Euro pro ha auf nicht stillgelegten Flächen nach EU-Verordnung 2237/2003 sowie auf eine Prämie von 366,03 Euro pro ha für den Anbau nachwachsender Rohstoffe auf stillgelegten Flächen nach Verordnung 2461/99. Vor allem letztere Verordnung, die die landwirtschaftliche Nutzung von Flächen erlaubt, die nicht für den Anbau von Nahrungsmitteln genutzt werden dürfen, hat sich als sehr erfolgreich erwiesen. Ferner unterstützt die Agrarförderung über das Agrarinvestitionsprogramm betriebliche Maßnahmen im Bereich der Biomasse-Nutzung, etwa die Investition in Biogasanlagen oder in Rapsölpres-

### 3. Energie- und Treibhausgasbilanzen

Das Ausmaß, in dem Bioenergieträger fossile Ressourcen ersetzen und Treibhausgasemissionen reduzieren können, hängt stark von der Wahl des Nutzungspfads ab. Die Erstellung von Ökobilanzen für Bioenergieträger ist jedoch komplex und wird kontrovers diskutiert. Verwendete Systemgrenzen im Hinblick auf berücksichtigte Umweltparameter und Stufen des Produktionsprozesses sind selten standardisiert, und die Bilanzierungen können mit der starken Entwicklung des Sektors kaum Schritt halten. Die meisten durchgeführten Ökobilanzen ergeben jedoch, dass die gegenwärtigen Formen der Bioethanol- und Biodieselproduktion nur einen relativ geringen Nettoenergieertrag aufweisen (vergleiche PIMENTEL & PATZEK 2005). Alternative Anbauverfahren, etwa die Nutzung von Biomassereststoffen oder der Anbau mehrjähriger Arten auf aufgegebenen Ackerflächen können aber eine wesentlich bessere Ökobilanz aufweisen (FARGIONE et al. 2008). So stellten TILMAN et al. (2006) fest, dass eine Mischung heimischer Grasarten erheblich höhere Nettoenergieerträge, höhere Treibhausgasreduktionen und niedrigere Belastung mit Agrochemikalien pro ha ergibt als der Anbau von Mais zur Bioethanol- oder von Soja zur Biodieselherstellung. Konkret betrug das Verhältnis von Energie-Output zum für Biomasseanbau und -konversion aufgewendeten Energie-Input 5,44 im Fall von Bioethanol aus Graslandmischungen gegenüber 1,25 im Fall von Bioethanol aus Mais. Dies bestätigen ältere Studien, die feststellten, dass heimische Grasarten ca. 15fach energieeffizienter und 30fach effizienter Treibhausgasemissionen reduzierten als Mais (McLAUGHLIN & WALSH 1998). Im Hinblick auf die Konversionsverfahren beziehungsweise Endprodukte zeigt sich, dass die Nutzung von Festbrennstoffen wie Kurzumtriebsplantagenholz zur Wärme- beziehungsweise Kraft-Wärme-Nutzung und die Kraft-Wärme-Nutzung von Biogas und Pflanzenöl höhere Energieerträge pro Fläche bereitstellt als die Herstellung von Kraftstoffen oder die alleinige Stromnutzung aus Biomasse (SRU 2007). Daraus ergibt sich die vom Sachverständigenrat für Umweltschutz aufgestellte Kritik an der derzeitigen politischen Priorisierung des Einsatzes von Biomasse im Transportsektor, durch den die Potenziale der Bioenergie nicht optimal genutzt werden.

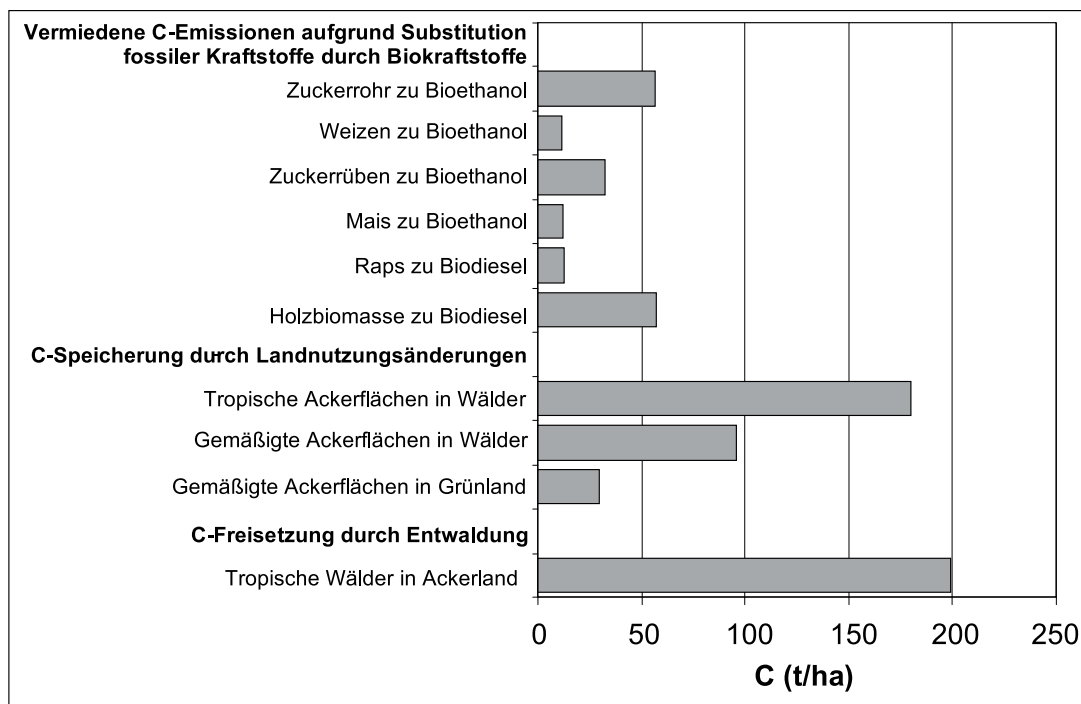
Ein neben der Energiebilanz entscheidender Parameter ist der Vergleich der Potenziale zur Reduktion von Emissionen klimarelevanter Gase verschiedener Biomasse-Produktionsverfahren. Es zeigt sich, dass die Treibhausgasreduktion durch Biokraftstoffproduktion in gemäßigten Breiten relativ niedrig ist (Biodiesel aus Raps: ca. 0,34-0,51 t C ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, Bioethanol aus Mais: ca. 0,4 C ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>). Wesentlich besser fällt die Bilanz aus bei der Herstellung von Diesel aus Holzbiomasse (ca. 1,6-2,2 t C ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) beziehungsweise von Bioethanol aus Zuckerrohr (ca. 1,78-1,98 t

C ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>) (RIGHELATO & SPRACKLEN 2007). Die Treibhausgasbilanz verschlechtert sich deutlich, bezieht man die durch den Biomasseanbau ausgelösten indirekten Landnutzungsänderungen mit ein (SEARCHINGER et al. 2008). Würde man jedoch eine bestimmte Fläche Land anstelle zur Biomasseproduktion gezielt für die C-Sequestrierung nutzen, sind die über einen Zeitraum von 30 Jahren berechneten Einsparpotenziale nochmals vielfach höher, insbesondere bei der Umwandlung von Ackerland in Wälder beziehungsweise wenn die Zerstörung tropischer Wälder gemindert oder potenziell gestoppt wird (Abbildung 2). Daher sollte die Klimapolitik nicht ausschließlich auf die Förderung der Bioenergie setzen, sondern auch die erheblichen Potenziale zur C-Sequestrierung im Landnutzungsbereich nutzen. Synergien mit Belangen von Naturschutz und Landschaftspflege erscheinen im Bereich der C-Sequestrierung deutlich einfacher realisierbar als bei der Bioenergienutzung.

### 4. Flächenkonkurrenzen und Folgen für die Kulturlandschaftsentwicklung

Ein zentraler Konflikt der Ausbreitung des Biomasseanbaus zur Produktion von Energieträgern in Land- und Forstwirtschaft liegt in den entstehenden Konkurrenzsituationen (ISERMAYER & ZIMMER 2006). Diese können einerseits mit anderen Landnutzungen entstehen – insbesondere wenn gleichzeitig mit dem Ausbau der Biomassenutzung der Flächenbedarf der Nahrungsmittelproduktion zunimmt, etwa durch Ausweitung des Ökolandbaus. Biomasse-Heizwerke und -Heizkraftwerke stehen in Konkurrenz um heimisches Schwachholz, zum Beispiel zu der im Land Brandenburg starken Holzverarbeitenden Industrie. Es deuten sich aber auch Konkurrenzen zwischen verschiedenen Biomasse-Abnehmern an. So sind die Preise für Agrarrohstoffe (unter anderem bedingt durch den Bioenergie-Boom) derart angestiegen, dass der NawaRo-Bonus voraussichtlich in der nächsten Novelle des EEG erhöht werden muss, um die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlagen zu sichern. Die Art der Flächenkonkurrenzen unterscheidet sich aber im Hinblick auf die „erste Generation“ und die „zweite Generation“ von Biokraftstoffen. Auch betrifft sie die zwei Strategien „Naturschutz in Schutzgebieten“ und „Naturschutz außerhalb von Schutzgebieten“ auf unterschiedliche Weise.

Die „erste Generation“ von Biokraftstoffen (zum Beispiel Biodiesel auf Rapsölbasis) wird überwiegend in Form von Anbaubiomasse produziert. Meist erfolgt der Anbau auf landwirtschaftlichen Gunststandorten, auf denen er eine Konkurrenzsituation mit dem Anbau von Lebens- und Futtermitteln auslöst. Der weltweite Anstieg der Preise für Agrarrohstoffe wird unter anderem darauf zurückgeführt. Diese Formen des Energiepflanzenanbaus orientieren sich weitgehend an den Anbauverfahren der intensiven Nahrungs- und Futtermittelproduktion, etwa dem Anbau von Raps in Reinkultur, der sehr düngemittelin-



**Abbildung 2:** Vermiedene C-Emissionen bzw. C-Speicherung in t C pro ha Land über einen Zeitraum von 30 Jahren (Quelle: RIGHELATO & SPRACKLEN 2007).

tensiv ist. Daraus ergeben sich Ineffizienzen und vielfältige ökologische Probleme, auch wenn diese schwer prognostizierbar sind (vergleiche DRL 2006; JORDAN et al. 2007). Zu diesen negativen Auswirkungen gehören Bodenverdichtung, Bodenerosion, Eutrophierung von Böden, Auswaschung von Nährstoffen sowie der Verlust von vielfältigen Lebensräumen und von Artenvielfalt. Nachteilig sind insbesondere verengte Fruchtfolgen und eine durch starke Ausweitung des Mais- und Rapsanbaus verringerte Kulturartenvielfalt (RODE et al. 2005). Für den Naturschutz besonders relevant sind die Stilllegungsflächen, die aktuell in Europa ca. 10 % der Ackerflächen einnehmen. An diesen Standorten darf aufgrund von EU-Regelungen kein Anbau zu Lebensmittel- oder Futtermittelzwecken erfolgen; allerdings dürfen sie zum Anbau von Rohstoffen zur energetischen und stofflichen Nutzung genutzt werden. Dies gefährdet schon jetzt den Naturschutzwert dieser Flächen, die sich nach Einführung der Flächenstilllegung in der EU zu wichtigen Habitaten diverser Arten der offenen Agrarlandschaft entwickelt haben (CRABB et al. 1998). Gegenwärtig gibt es noch wenige ökonomische Anreize dafür, Energiepflanzen auf Grenzertragsflächen von hohem Naturschutzwert anzubauen. Jedoch finden sich erste Hinweise darauf, dass insbesondere Extensivgrünland vereinzelt in Energiepflanzenäcker umgebrochen wird.

Je deutlicher die Begrenztheit des für Energiepflanzenanbau verfügbaren Ackerlandes wird, desto mehr gewinnen Strategien zur Entwicklung einer „zweiten Generation“ von Biokraftstoffen an Bedeutung, zum Beispiel die Herstellung von synthetischen „Biomass to Liquid“-Kraftstoffen oder von Ethanol aus

Zellulose. Diese sollen anstelle spezifischer Energiepflanzen alle Arten von Biomasse und insbesondere auch Biomasseabfälle verwerten können. Das Konfliktpotenzial bei der Nutzung von land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen ist insgesamt deutlich geringer als beim gezielten Anbau von Energiepflanzen. Sie kann für Naturschutz und Landschaftspflege positive, aber auch negative Aspekte bergen: Auf der einen Seite vermag sie extensive Landnutzungsformen zu fördern und dadurch möglicherweise zur Erhaltung wertvoller Kulturlandschaften beizutragen. Mögliche Beispiele sind Niedermoore (WICHTMANN et al. 2000), Heckenlandschaften (METTE 2005) oder Extensivgrünland (ELSÄSSER 2004). Allerdings ist das Aufkommen an aus der Biotop- und Landschaftspflege resultierenden Pflanzenmaterialien derzeit zu gering und räumlich zu weit verstreut, um diese wirtschaftlich als Energierohstoff verwerten zu können (HABER 2007). Auch ist zu beachten, dass eine übermäßige Reststoffnutzung zur Schädigung von Ökosystemen (zum Beispiel Nährstoffverarmung, Humusdegradation) führen kann, etwa durch die Ganzbaumnutzung beziehungsweise Entnahme von Totholz in Wäldern oder durch vollständige Strohnutzung auf Ackerflächen.

Ein Fallbeispiel verdeutlicht die Nachhaltigkeits- und Verfügbarkeitsprobleme von Biomasse: Im brandenburgischen Schwedt wurde 2006 eine Bioethanolanlage in Betrieb genommen, die für einen Jahresbedarf von 600 000 t Roggen angelegt ist. Die Roggenerträge im Land Brandenburg schwanken stark, lagen im Jahr 2003 aber laut Brandenburger Agrarbericht bei nur 504 199 t. Dies bedeutet, dass die Roggenanbaufläche eines ganzen Bundeslandes für

den Rohstoffbedarf nur einer einzigen Anlage benötigt würde. Berücksichtigt man den resultierenden Transportaufwand, erscheint diese Art der Bioenergienutzung unter energetischen Gesichtspunkten fragwürdig. Bezeichnenderweise stellte die Anlage aufgrund der gestiegenen Rohstoffpreise bereits im Jahr 2007 wieder ihren Betrieb für unbestimmte Zeit ein.

Nimmt man eine deutliche Ausweitung des Biomasseanbaus auf 5,9 Millionen ha (50 % der deutschen Ackerfläche) an, ließen sich damit bei gegenwärtig realisierbaren Energieerträgen ( $2\,230\text{ W ha}^{-1}$ ) knapp 5 % (ca. 13 000 MW) des Endenergiebedarfs in Deutschland decken. Mit optimierten Verfahren ließen sich maximal 13 % des Endenergiebedarfs erzielen (ISERMEYER & ZIMMER 2006). Einer weiteren Schätzung zufolge benötigte man allein für eine 10 %ige Substitution von Benzin und Diesel bereits 43 % der US-amerikanischen Ackerflächen und 38 % derjenigen der Europäischen Union (RIGHELATO & SPRACKLEN 2007). Daraus folgt, dass die energiepolitischen Ziele der Bundesregierung und der EU nicht alleine mit der im Inland beziehungsweise in Europa erzeugten Biomasse zu erreichen sind. So wird der Import von Biomasse beziehungsweise biogenen Energieträgern unweigerlich forciert. Damit wird die Bioenergienutzung zu einem internationalen natur- und umweltpolitischen Thema (SRU 2007).

## 5. Perspektiven

Rund 83 % der terrestrischen Erdoberfläche befinden sich bereits unter dem direkten Einfluss des Menschen (SANDERSON et al. 2002). Der Anbau von Energiepflanzen bedeutet in der Summe eine weitere Zunahme der von Menschen beanspruchten Bodenfläche. Eine weitere Ausdehnung des „ökologischen Fußabdrucks“ des Menschen kann die langfristige Bereitstellung der Güter und Leistungen von Ökosystemen, etwa das Dargebot von Trinkwasser oder die Klimaregulation gefährden (FOLEY et al. 2005). Auch widerspräche dies den Zielen internationaler Abkommen wie der Biodiversitätskonvention, die die Erhaltung von vom Menschen weitgehend unbeeinflussten Räumen beabsichtigen. Damit liegt die grundlegende Herausforderung der Bioenergienutzung nach Ansicht der Verfasser in der Art und Weise, wie Bioenergie bereitgestellt wird. Hier bedarf es neuer, spezifisch für den Anbau von Energiepflanzen geschaffener Anbausysteme, die eine möglichst hohe Flächenproduktivität, aber auch eine räumlich differenzierte Nutzungsweise und eine hohe Artenvielfalt aufweisen. Dies kann zum Beispiel über abwechslungsreichere Fruchtfolgen, verringerten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Mineraldünger, die Verwendung eines breiteren Spektrums von Arten und Sorten, die Anlage von Mischkulturen und die Integration von die Landschaftsstruktur bereichernden Elementen erfolgen (DRL 2006). Grundsätzlich ist die Option „Minimierung des Stoffeinsatzes“ („Low-Input-Low-Output-Systeme“) der Option „Maximierung der Erträge“ vorzuziehen. Nötig hierfür sind

speziell auf die Biomasseproduktion ausgerichtete Standards einer „guten fachlichen Praxis“. Dies ist mit erheblichen Herausforderungen verbunden. Fast die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche (und ein bedeutender Teil der Waldflächen) Mitteleuropas befindet sich in der Hand privater Eigentümer. Hier setzen sich wenig naturschutzgerechte Formen des Energiepflanzenanbaus, die sich an die Anbauweisen der intensiven Landwirtschaft anlehnen, durch. Innovative Nutzungsweisen wie zum Beispiel kombinierte land- und forstwirtschaftliche Systeme („Agroforestry“) hingegen befinden sich immer noch im Pionierstadium. Diese Situation ist das Ergebnis der vorherrschenden ökonomischen Rahmenbedingungen; in einem gänzlich unregulierten Markt wäre allerdings zurzeit keiner der Bioenergie-Pfade wirtschaftlich. Die gegenwärtigen Gewinnspannen spiegeln im Wesentlichen die von öffentlichen Förderprogrammen, Steuerbefreiungen und Abnahmegarantien ausgehenden Anreize wider. So betragen etwa die Produktionskosten von Bioethanol in Deutschland 0,8 bis  $0,9\text{ € l}^{-1}$  (Benzinäquivalente) gegenüber einem Niveau von  $0,2\text{ € l}^{-1}$  bei herkömmlichem Benzin (die Preise beziehen sich auf das Jahr 2005, HENKE et al. 2005). Auch die Gestehungskosten für Strom aus einer Biogasanlage auf Güllebasis ( $79\text{ € MWhel}^{-1}$ ) lagen 2005 noch deutlich über denjenigen eines konventionellen Kohlekraftwerks ( $45\text{ € MWhel}^{-1}$ ) (LEIBLE & KÄLBER 2005). Die zukünftige Wirtschaftlichkeit hängt wesentlich von der Preisentwicklung fossiler Rohstoffe und vom Fortbestand der öffentlichen Förderung der Bioenergie ab. Aus dem erheblichen Einsatz staatlicher Förderinstrumente ergeben sich für den Bioenergiesektor besonders hohe Anforderungen zur Erfüllung des Gemeinwohls. Gleichzeitig bieten diese Möglichkeiten der Gestaltung der zukünftigen Bioenergienutzung, so zur Integration von Nachhaltigkeitsaspekten, die für ein aktives Kulturlandschaftsmanagement genutzt werden sollten.

## Literatur:

- ATKINS, P., I. SIMMONS, and B. ROBERTS (1998): *People, Land and Time. An Historical Introduction to the Relations Between Landscape, Culture and Environment*. Arnold, London.
- BENS, O., T. PLIENINGER, and R. F. HÜTTL (2006): *Wiederherstellung gestörter Kulturlandschaften und Inwertsetzung durch nachwachsende Rohstoffe zur energetischen Nutzung*. Schriftenreihe des Deutschen Rats für Landespflege 79, 67-73.
- BMU (2007): *Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin.
- CLOKE, P., P. MILBOURNE, and C. THOMAS (1996): *From wasteland to wonderland: Opencast mining, regeneration and the English National Forest*. *Geoforum* 27, 159-174.
- CRABB, J., L. FIRBANK, M. WINTER, C. PARHAM, and A. DAUVEN (1998): *Set-aside landscapes: Farmer perceptions and practices in England*. *Landscape Research* 23, 237-254.

- DRL (Deutscher Rat für Landespflege) (2006): Stellungnahme – Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. Schriftenreihe des Deutschen Rats für Landespflege 79, 5-47.
- EISENBEISS, G., K. HOLM-MÜLLER, and G. WAGNER (2006): Bioenergie: Zukunft für ländliche Räume. Informationen zur Raumentwicklung 1/2.2006, I-II.
- ELSÄSSER, M. (2004): Alternative Verwendung von in der Landschaftspflege anfallendem Grünlandmärgut: verbrennen, vergären, kompostieren, mulchen oder extensive Weide? Natur und Landschaft 79, 110-117.
- FANINGER, G. (2003): Towards sustainable development in Austria: renewable energy contributions. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 8:177-188.
- FARGIONE, J., J. HILL, D. TILMAN, S. POLASKY, and P. HAWTHORNE (2008): Land clearing and the biofuel carbon debt. Science 319, 1235-1238.
- FOLEY, J. A., R. DeFRIES, G. P. ASNER, C. BARFORD, G. BONAN, S. R. CARPENTER, F. S. CHAPIN, M. T. COE, G. C. DAILY, H. K. GIBBS, J. H. HELKOWSKI, T. HOLLOWAY, E. A. HOWARD, C. J. KUCHARIK, C. MONFREDA, J. A. PATZ, I. C. PRENTICE, N. RAMANKUTTY, and P. K. SNYDER. (2005): Global consequences of land use. Science 309, 570-574.
- GERECKE, K.-L. (2004): Regenerative Energien – Landschaftsverträgliche Lösungen für den Schwarzwald. Schwarzwald 1, 10-12.
- GRÜNEWALD, H., B. U. SCHNEIDER, B. BRANDT, O. BENS, G. KENDZIA, and R. F. HÜTTL. (2007): Agroforestry systems for the production of woody biomass for energy transformation purposes. Ecological Engineering 29, 319-328.
- HABER, W. (2007): Auswirkungen der Energiegewinnung aus Pflanzen aus Naturschutzsicht. Rundgespräche der Kommission für Ökologie 33,115-122.
- HEBECKER, D., I. PURR, and K. PURR (2006): Konversions-, Speicher- und Versorgungstechnologien für die energetische Biomassenutzung. Materialien der IAG Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, 8. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin.
- HEDGES, M. M. (1995): Wind power – challenges to planning policy in the UK. Land Use Policy 12, 17-28.
- HENKE, J., G. KLEPPER, and N. SCHMITZ (2005): Tax exemption for biofuels in Germany: Is bio-ethanol really an option for climate policy? Energy 30, 2617-2635.
- ISERMAYER, F., and Y. ZIMMER (2006): Thesen zur Bioenergie-Politik in Deutschland. Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie 02/2006. Institut für Betriebswirtschaft der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig.
- JORDAN, N., G. BOODY, W. BROUSSARD, J. D. GLOVER, D. KEENEY, B. H. McCOWN, G. McISAAC, M. MULLER, H. MURRAY, J. NEAL, C. PANSING, R. E. TURNER, K. WARNER, and D. WYSE (2007): Sustainable development of the agricultural bio-economy. Science 316, 1570-1571.
- LEIBLE, L., and S. KÄLBER (2005): Nachwachsende Rohstoffe in der Stromerzeugung – Im Spannungsfeld zwischen Ökonomie und Umwelt. GAIA 14, 253-261.
- McLAUGHLIN, S. B., and M. E. WALSH (1998): Evaluating environmental consequences of producing herbaceous crops for bioenergy. Biomass & Bioenergy 14, 317-324.
- METTE, R. (2005): Energetische Verwertung von Landschaftspflegeholz am Beispiel der schleswig-holsteinischen Knicklandschaft. Natur und Landschaft 80, 416-420.
- PIMENTEL, D., and T. W. PATZEK (2005): Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; Biodiesel production using soybean and sunflower. Natural Resources Research 14, 65-76.
- RIGHELATO, R., and D. V. SPRACKLEN (2007): Carbon mitigation by biofuels or by saving and restoring forests? Science 317, 902.
- RODE, M., C. SCHNEIDER, G. KETELHAKE & D. REISSHAUER (2005): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. BfN-Skripten 136. Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- SANDERSON, E. W., M. JAITEH, M. A. LEVY, K. H. REDFORD, A. V. WANNEBO, and G. WOOLMER (2002): The human footprint and the last of the wild. Bioscience 52, 891-904.
- SEARCHINGER, T., R. HEIMLICH, R. A. HOUGHTON, F. DONG, A. ELOBEID, J. FABIOSA, S. TOKGOZ, D. HAYES, and T.-H. YU (2008): Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change. Science 319, 1238-1240.
- SIMS, R. E. H. (2003): Bioenergy to mitigate for climate change and meet the needs of society, the economy and the environment. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 8, 349-370.
- SRU (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Sachverständigenrat für Umweltschutz, Berlin.
- TILMAN, D., J. HILL, and C. LEHMAN (2006): Carbon-negative biofuels from low-input high-diversity grassland biomass. Science 314, 1598-1600.
- WICHTMANN, W., M. KNAPP, and H. JOOSTEN (2000): Verwertung der Biomasse aus der Offenhaltung von Niedermooren. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 41, 32-36.

#### Anschriften der Verfasser:

Dr. Tobias Plieninger  
IAG Globaler Wandel – Regionale Entwicklung  
Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften  
Jägerstr. 22/23  
10117 Berlin  
plieninger@bbaw.de

Dr. Oliver Bens  
GeoForschungsZentrum Potsdam  
Telegrafenberg  
14473 Potsdam  
sowie  
IAG Globaler Wandel – Regionale Entwicklung (s.o.)  
bens@gfz-potsdam.de

## Laufener Spezialbeiträge 1/08

### Die Zukunft der Kulturlandschaft – Entwicklungsräume und Handlungsfelder

ISSN 1863-6446 – ISBN 978-3-931175-85-6

Die Themenheftreihe „Laufener Spezialbeiträge“ (abgekürzt: LSB) ging im Jahr 2006 aus der Fusion der drei Schriftenreihen „Beihefte zu den Berichten der ANL“, „Laufener Forschungsberichte“ und „Laufener Seminarbeiträge“ hervor und bedient die entsprechenden drei Funktionen. Daneben besteht die Zeitschrift „ANLIEGEN NATUR“ (vormals „Berichte der ANL“).

#### Herausgeber und Verlag:

Bayerische Akademie für Naturschutz  
und Landschaftspflege (ANL)

Seethalerstr. 6

83406 Laufen a.d.Salzach

Telefon: 08682/8963-0

Telefax: 08682 8963-17 (Verwaltung)

08682 8963-16 (Fachbereiche)

E-Mail: [poststelle@anl.bayern.de](mailto:poststelle@anl.bayern.de)

Internet: <http://www.anl.bayern.de>

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit zugeordnete Einrichtung.

#### Schriftleitung und Redaktion:

Ursula Schuster, ANL

Telefon: 08682 8963-53

Telefax: 08682 8963-16

[Ursula.Schuster@anl.bayern.de](mailto:Ursula.Schuster@anl.bayern.de)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Autoren verantwortlich. Die mit dem Verfasseramen gekennzeichneten Beiträge geben nicht in jedem Fall die Meinung der Schriftleiterin wieder.

#### Schriftleitung und Redaktion für das vorliegende Heft:

Ursula Schuster, ANL

#### Wissenschaftlicher Beirat:

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Ulrich Ammer, PD Bernhard Gill,

Prof. em. Dr. Dr. h. c. Wolfgang Haber, Prof. Dr. Klaus Hackländer,

Prof. Dr. Ulrich Hampicke, Prof. Dr. Dr. h. c. Alois Heißenhuber,

Prof. Dr. Kurt Jax, Prof. Dr. Werner Konold, Prof. Dr. Ingo Kowarik,

Prof. Dr. Stefan Körner, Prof. Dr. Hans-Walter Louis,

Dr. Jörg Müller, Prof. Dr. Konrad Ott, Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer,

Prof. Dr. Ulrike Pröbstl, Prof. Dr. Werner Rieß,

Prof. Dr. Michael Suda, Prof. Dr. Ludwig Trepl.

#### Herstellung:

Satz: Hans Bleicher · Grafik · Layout · Bildbearbeitung,  
83410 Laufen

Druck und Bindung: OrtmanTeam GmbH, 83404 Ainring

#### Erscheinungsweise:

unregelmäßig (ca. 2 Hefte pro Jahr).

#### Urheber- und Verlagsrecht:

Das Heft und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge, Abbildungen und weiteren Bestandteile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der ANL und der AutorInnen unzulässig.

#### Bezugsbedingungen/Preise:

Jedes Heft trägt eine eigene ISBN und ist zum jeweiligen Preis einzeln bei der ANL erhältlich: [bestellung@anl.bayern.de](mailto:bestellung@anl.bayern.de) oder über den Internetshop [www.bestellen.bayern.de](http://www.bestellen.bayern.de).

Auskünfte über Bestellung, Versand und Abonnement:

Annemarie Maier,

Tel. 08682 8963-31

Über Preise und Bezugsbedingungen im einzelnen:  
siehe Publikationsliste am Ende des Heftes.

#### Zusendungen und Mitteilungen:

Manuskripte, Rezensionsexemplare, Pressemitteilungen, Veranstaltungsankündigungen und -berichte sowie Informationsmaterial bitte nur an die Schriftleiterin senden.

Für unverlangt Eingereichtes wird keine Haftung übernommen und es besteht kein Anspruch auf Rücksendung.

Wertsendungen (Bildmaterial) bitte nur nach vorheriger Absprache mit der Schriftleitung schicken.