

VII-2.2

Nachwachsende Rohstoffe, Bioenergie und Naturschutz

TOBIAS PLIENINGER, OLIVER BENS, REINHARD F. HÜTTL

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Definition, Abgrenzung und Typisierung nachwachsender Rohstoffe und ihrer energetischen und stofflichen Nutzungspfade	2
3	Gegenwärtiger Stand des Anbaus und Entwicklungspotenziale	3
4	Politische Ziele und Steuerung	5
5	Flächenkonkurrenzen mit anderen Landnutzungsarten	5
6	Optionen der Biomassenutzung	6
6.1	Rapsanbau zur Herstellung von Biotreibstoffen	6
6.2	Anbau von Silomais zur Vergärung in Biogasanlagen	7
6.3	Ganzpflanzennutzung in Feuchtgutlinien	7
6.4	Moderne Kurzumtriebplantagen	8
6.5	Nutzung von Acker-Reststoffen	9
6.6	Nutzung von Holz aus der Hochwaldbewirtschaftung	9
6.7	Bewertung der Nutzungsoptionen und Gegenüberstellung der Chancen und Risiken für den Naturschutz	11
7	Entwicklung besonders wertvoller Kulturlandschaften durch energetische Biomassenutzung	11
7.1	Alte und neue Agroforstwirtschaft-Systeme	11
7.2	Traditionelle Niederwaldbewirtschaftung	13
7.3	Niedermoorernutzung	13
7.4	Nutzung von Extensivgrünland und Landschaftspflegeflächen	13
8	Anfall von Aschen und Gärückständen bei der energetischen Nutzung von Biomasse	14
9	Anforderungen des Naturschutzes an die energetische Biomasse-Nutzung	15
10	Literatur	15

1 Einleitung

Die stoffliche und energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe hat in Mitteleuropa eine lange Tradition, etwa die Gewinnung von Textilfasern aus Hanf, die Herstellung von Körben aus Weidenruten oder der Einschlag von Brennholz als Heizmaterial (MÜLLER-SÄMANN et al. 2003). Dennoch stand der Anbau nachwachsender Rohstoffe für eine stoffliche oder energetische Verwertung stets im Schatten der Lebens- und Futtermittelerzeugung. In den vergangenen Jahren hat jedoch eine bemerkenswerte Medienbeachtung um die Inwertsetzung ländlicher Räume, z.B. von Grenzertragstandorten, und die Nutzung nachwachsender Rohstoffe als erneuerbare Energieträger eingesetzt. Geradezu euphorisch werden Landwirte als künftige „Energiewirte“ oder als „Ölscheichs von morgen“ betitelt. Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zeichnet sich in weiten Bereichen der Strom- und Wärmeversorgung durch eine ausgereifte Technologie und durch relativ geringe Mehrkosten gegenüber fossilen Energieträgern und Energiesystemen aus (FNR 2005a). Im Unterschied zur Wind- und Sonnenenergie sind nachwachsende Rohstoffe flexibel zur Bereitstellung von Strom, Wärme oder Treibstoff einsetzbar, und ihre Erträge fallen kontinuierlich an. Bioenergieträger lassen sich gut speichern und eignen sich für den Einsatz in den verschiedensten Anlagentypen, ob Kleinstanlagen, Heiz- und Heizkraftwerke, zur Mitverbrennung in großen Anlagen, zur Nutzung in Biogasanlagen oder zur Treibstoffproduktion (DLR et al. 2004). In ihnen liegen die größten Potenziale für die Bereitstellung regenerativer Energien (ÖKO-INSTITUT et al. 2004). Für den verstärkten Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen spricht eine Reihe von ökologischen und sozioökonomischen Argumenten (ZASKE 2004, FNR 2005a):

- **Schonung begrenzter fossiler Rohstoffreserven:** Die Frage einer sicheren Energieversorgung gilt als eine der wichtigsten Zukunftsfragen der Menschheit. Das bisherige Energiesystem beruht jedoch zum überwiegenden Teil auf fossilen Ressourcen mit begrenzter zeitlicher Reichweite. Die Nutzung nachwachsender Rohstoffe ist dagegen zeitlich unbegrenzt möglich. Gleichzeitig wird durch ihre Nutzung die Energieversorgung diversifiziert, die Abhängigkeit von Öl- und Gasimporten verringert und die Versorgungssicherheit langfristig erhöht.
- **Verminderung von Umweltbelastungen:** Bei der energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen werden weitaus geringere Mengen an potenziell klimawirksamen Treibhausgasen, insbesondere CO₂, emittiert als bei der Nutzung fossiler Energieträger. Werden Energieholzplantagen neu angelegt, wird zusätzlich CO₂ in den Anbauflächen fixiert. Aufgrund meist regionaler Nutzungskreisläufe entfallen zusätzlich die bei der Nutzung fossiler Energieträger vorhandenen Transportrisiken (Tankerunfälle, Gasexplosionen usw.).
- **Verbesserung der Lebens-, Arbeits- und Einkommensverhältnisse im ländlichen Raum:** Nachwachsende Rohstoffe diversifizieren die Landnutzung und ermöglichen den Absatz neuer land- und forstwirtschaftlicher Produkte. Dadurch wird ein Beitrag zur Erhaltung der Landwirtschaft und zum Erhalt von Kulturlandschaften geleistet. Insgesamt bringt die Energiebereitstellung aus

nachwachsenden Rohstoffen positive Beschäftigungseffekte und Wertschöpfung für den ländlichen Raum mit sich. Auch gehen von ihr technologische Impulse aus, die der damit zusammenhängenden Wirtschaft Exportoptionen öffnen.

Der Einsatz neuer Nutzungsverfahren im großen Maßstab ruft jedoch zwangsläufig Konflikte mit anderen Nutzungsinteressen, aber auch mit den Belangen des Ressourcenschutzes hervor. So gibt es erhebliche Auseinandersetzungen um die Nutzung von Wind- und Wasserkraft. Ungewöhnlich an diesen Konflikten ist, dass sich hier Zielkonflikte zwischen verschiedenen Umwelthanliegen ergeben, insbesondere Konflikte zwischen Klimaschutz und Naturschutz.

In diesem Kapitel sollen die Auswirkungen der energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe auf Natur und Landschaft skizziert werden. Dazu erfolgen eine Darstellung verschiedener Optionen der energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe und eine Abschätzung ihrer möglichen Folgen. Besonders wird der Beitrag des Anbaus nachwachsender Rohstoffe zur Offenhaltung, Pflege und Diversifizierung der Kulturlandschaft betrachtet.

2 Definition, Abgrenzung und Typisierung nachwachsender Rohstoffe und ihrer energetischen und stofflichen Nutzungspfade

Als „nachwachsende Rohstoffe“ bezeichnet man „alle biogenen Stoffe pflanzlicher und tierischer Herkunft, die nicht als Nahrungs- oder Futtermittel eingesetzt werden, sondern einer stofflichen oder energetischen Nutzung zugeführt werden“ (MÜLLER-SÄMANN et al. 2003). Der Begriff „Biomasse“ bezieht sich auf nachwachsende Rohstoffe und Reststoffe, die energetisch genutzt werden. In der geltenden Biomasse-Verordnung sind sie definiert als „Energieträger aus Phyto- und Zoomasse. Hierzu gehören auch aus Phyto- und Zoomasse resultierende Folge- und Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle, deren Energiegehalt aus Phyto- und Zoomasse stammt“ (BMU 2001). Demzufolge gehören zu Biomasse Pflanzenbestandteile, Abfälle und Nebenprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft, Bioabfälle, Biogas und andere Weiterverarbeitungsprodukte. Nicht als Biomasse gelten hingegen fossile Brennstoffe, Torf, gemischte Siedlungsabfälle, kontaminiertes Altholz, Papier, Klärschlämme, Textilien, Tierkörper, Deponiegas und Klärgas (BMU 2001). Die aus Biomasse gewonnene Energie bezeichnet man als „Bioenergie“.

Ähnlich wie bei ihrem Gegenpart, den Lebens- und Futtermitteln, gibt es bei den nachwachsenden Rohstoffen eine nur schwer überschaubare Vielfalt von Anbauformen und Verwertungspfaden. Unterscheiden lassen sich nachwachsende Rohstoffe jedoch nach dem Flächentyp, von dem sie entstammen (Tab. 1). Hierbei sind Ackerflächen, Wälder, Grünland, Landschaftspflegeflächen sowie Energiewälder, die einen Übergangszustand zwischen Acker und Wald darstellen, bedeutend. Nachwachsende Rohstoffe werden entweder gezielt angebaut oder als Reststoffe aus Anbauverfahren, die andere Hauptprodukte zum Ziel haben, genutzt. Die so genannte Anbaubiomasse besteht aus halmgutartigen Pflanzen (z.B. Getreideganzpflanzen), holzartigen Pflanzen (z.B. Weiden oder Pappeln in Kurzumtrieb-

Tab. 1: Flächentypen und Optionen der Biomassebereitstellung (verändert nach: DLR et al. 2004)

Flächentyp	Biomasse-Option	Beispiele
Acker	Einjährige Energiepflanzen	Getreideganzpflanzen
		Raps
	Mehrjährige Energiepflanzen	Miscanthus
	Reststoffe	Reststroh
Energiewald	Mehrjährige Energiepflanzen	Weide (Kurzumtrieb)
		Pappel (Kurzumtrieb)
Wald	Stammholz	Mittel- und Niederwaldnutzung
	Reststoffe	Durchforstungsholz
		Restholz aus der Holzernte
Grünland	Grünschnitt	Diverse Süßgras- und Seggenarten
Landschaftspflegeflächen	Landschaftspflegegut	Schnittgut aus Hecken und Gebüsch Einheimische Gräser

plantagen) sowie Öl- und Stärkepflanzen (z.B. Raps). Reststoffe sind z.B. Durchforstungsholz aus der Forstwirtschaft oder Stroh aus der Landwirtschaft (ÖKO-INSTITUT et al. 2004). Die aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellten Brennstoffe unterscheiden sich zum Zeitpunkt ihrer energetischen Nutzung in ihrem Aggregatzustand: So gibt es feste (z.B. Energiepflanzen, Reststoffe), flüssige (z.B. Bioethanol, Rapsmethylester, Pflanzenöle) und gasförmige Bioenergieträger (z.B. Biogas, Holzgas).

In Abhängigkeit von der verwendeten Biomasse und dem Endenergieträger (z.B. Treibstoff, Wärme, Strom) gibt es eine Vielzahl von Technologien und Verfahren der Energiewandlung. Neben der direkten Verbrennung von Bioenergieträgern kann die Biomasse in einem Zwischenschritt zu flüssigen oder gasförmigen Sekundärenergieträgern veredelt werden, die verbesserte Eigenschaften aufweisen, etwa eine höhere Energiedichte, günstigere Speicher- und Transporteigenschaften oder eine umweltverträglichere energetische Nutzung. Dabei werden thermochemische, physikalisch-chemische und biochemische Veredlungsverfahren angewendet. Bei der Vergasung, einem thermochemischen Verfahren, wird feste Biomasse bei hohen Temperaturen in gasförmige Energieträger umgewandelt. Dieses Verfahren wird vielfach bei der Stromerzeugung praktiziert, da es den Wirkungsgrad verbessert und die Schadstoffemissionen verringert. Ein verbreitetes physikalisch-chemisches Verfahren ist die Umesterung von Pflanzenölen zur Anpassung an die Anforderungen herkömmlicher Dieselmotoren. Biochemische Umwandlung findet in Biogasanlagen statt, in denen organische Stoffe unter Sauerstoffabschluss zu einem Mischgas vergoren werden. Dieses besteht überwiegend aus Methan und wird in Gasbrennern oder Motoren verbrannt (FNR 2005a).

Neben der energetischen Nutzung gibt es auch breite stoffliche Verwendungsmöglichkeiten für nachwachsende Rohstoffe. Dabei werden insbesondere Fasern, Öle und Fette, Stärke, Zucker und Farbstoffe genutzt und z. B. zu Schmiermitteln, Dämmstoffen, Waschmitteln, Arzneimitteln oder Lacken verarbeitet (MÜLLER-SÄMANN et al. 2003).

3 Gegenwärtiger Stand des Anbaus und Entwicklungspotenziale

In Tabelle 2 sind Kennzahlen zum Stand der Biomassenutzung in Deutschland und Europa zusammengefasst. Im Jahr 2004 wurden in Deutschland auf rund 1 Mio. ha nachwachsende Rohstoffe angebaut. Der Großteil davon wurde auf regulären Ackerflächen (sog. „Basisflächen“) angebaut. Daneben sind aber auch die so genannten „Stilllegungsflächen“ bedeutende Biomasse-Anbauflächen, die aus förderrechtlichen Gründen nicht für den Anbau von Nahrungs- oder Futtermitteln genutzt werden dürfen (FNR 2005b). Seit 1998 ist der Anbau nachwachsender Rohstoffe um über 100 % angestiegen, was vor allem auf eine Zunahme der Bedeutung ihrer energetischen Nutzung zurückzuführen ist. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe zur stofflichen Verwertung, z. B. von Stärkepflanzen oder von Ölsaaten, stagnierte hingegen in den letzten Jahren bzw. verlief sogar rückläufig.

2004 wurden in Deutschland ca. 332 Petajoule (PJ, entspricht 10^{15} Joule) Primärenergie aus fester und flüssiger Biomasse erzeugt (Tab. 3). Diese wurde weit überwiegend zur Wärmeerzeugung genutzt, während Stromerzeugung und Treibstoffherstellung in den Hintergrund traten (BMU 2005). Systematisch unterschätzt wird in solchen Bilanzen

Tab. 2: Kennzahlen zum Stand der Biomasse-Nutzung

Anbaufläche nachwachsende Rohstoffe in Deutschland 2004	1 042 617 ha
davon reguläre Ackerflächen	827 500 ha
davon „Stilllegungsflächen“	215 117 ha
Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche	6,1 %
Erzeugung von Primärenergie aus Biomasse in Deutschland 2004	318 PJ
davon Wärme	67,8 %
davon Strom	19,6 %
davon Kraftstoff	12,7 %
Anteil der Biomasse-Energie an der Primärenergiebereitstellung in Deutschland 2004	1,8 %
Anteil der Biomasse-Energie an der Stromerzeugung in Deutschland 2004	1,2 %
Anteil der Biomasse-Energie an der Primärenergiebereitstellung in der EU (25) 2002	ca. 3,5 %
Lettland 2002	ca. 28,0 %
Finnland 2002	ca. 19,5 %
Schweden 2002	ca. 14,5 %
Umsatz des Biomasse-sektors in Deutschland 2004	ca. 3,6 Mrd. €
Beschäftigte im Biomasse-sektor in Deutschland 2002	ca. 29 000

die Verwendung von Brennholz, da mit diesem nur in seltenen Fällen gehandelt wird. Insgesamt wäre nach Schätzungen des INSTITUTS FÜR ENERGETIK UND UMWELT (2004) bereits im Basisjahr 2000 in Deutschland ein jährliches Biomasse-Potenzial von 620 bis 1360 PJ nutzbar gewesen. Biomasse-Energie hatte 2004 einen Anteil von 1,8 % am Primärenergieverbrauch und von 1,2 % an der Stromerzeugung. 2002 lieferten die Bioenergieträger in der erweiterten EU (EU-25) ca. 3,5 % des gesamten Primärenergieverbrauchs. Spitzenreiter waren dabei Lettland, Finnland und Schweden. Bei der Errichtung und dem Betrieb von Biomasseanlagen (inklusive Biotreibstoffe) wurden in Deutschland 2004 ca. 3,6 Milliarden Euro Umsatz erzielt. Zur Einschätzung der Größenordnung: Das größte deutsche Energieunternehmen EON AG erzielte 2004 einen Umsatz von 49,1 Mrd. € (EON 2005). Im Bereich der Biomassenutzung waren 2002 ca. 29 000 Erwerbstätige beschäftigt (BMU 2005). Die Verfügbarkeit von Bioenergieträgern ist gleichermaßen eine sehr entscheidende, aber auch sehr schwer zu er-

hebende Größe. Bei der Bestimmung der Potenziale ist zwischen theoretischen, technischen, wirtschaftlichen und erschließbaren Potenzialen zu unterscheiden (KALTSCHMITT et al. 2003). Potenziale hängen von Rahmenbedingungen ab, die sich im Lauf der Zeit ändern. Daher werden in einer aktuellen Studie (ÖKO-INSTITUT et al. 2004) verschiedene kontrastierende Szenarien formuliert, die eine Vorstellung über das Spektrum möglicher Entwicklungen geben. Zwei Kontrastszenarien sind die Szenarien UMWELT und BIOMASSE. Das UMWELT-Szenario berücksichtigt starke umwelt- und naturschutzbedingte Restriktionen und markiert die untere Grenze der Biomassepotenziale. Das BIOMASSE-Szenario hingegen stellt die Obergrenze der Biomassepotenziale ohne weitergehende Naturschutz-Restriktionen dar. Es setzt zudem maximalen technischen Fortschritt und eine deutliche politische Förderung der Biomassenutzung voraus. Nach diesen Szenarien kann Biomasse im Jahr 2020 einen Anteil von 6 % (UMWELT) bzw. 9 % (BIOMASSE) des Primärenergiebedarfs decken. Dies entspricht 596 PJ aus Biomasse-Reststoffen und 226 PJ aus Biomasse-Anbau im UMWELT-Szenario und 623 PJ aus Biomasse-Reststoffen und 519 PJ aus Biomasse-Anbau im BIOMASSE-Szenario (ÖKO-INSTITUT et al. 2004).

Bei einem „nachhaltigen“ Nutzungsszenario, das zwischen den Extremszenarien UMWELT und BIOMASSE einzuordnen ist, könnten die Beiträge der Biomasse zur Energieversorgung im Jahr 2050 größer sein als die aller anderen regenerativen Energieträger zusammen. Das gewaltige Potenzial lässt sich auch dadurch veranschaulichen, dass die Biomassenutzung damit im Jahr 2050 einen etwa gleich großen Anteil wie die Energiebereitstellung aus Stein- und Braunkohle hätte (ÖKO-INSTITUT et al. 2004).

In den genannten Szenarien wird die Verwertung biogener Reststoffe den Anbau von Biomasse an Bedeutung übertreffen. Demnach werden insbesondere die Verwertung von Restholz und Reststroh und von Biogas aus Reststoffen, Gülle und Feuchtgutlinien sowie der Anbau mehrjähriger Energiepflanzen wichtig. Relativ an Bedeutung verlieren werden Ölpflanzen als Rohstoff für Biodiesel, die Ganzpflanzennutzung von Getreide zur Bioethanolherstellung und Mais zur Produktion von Biogas (ÖKO-INSTITUT et al. 2004). Im UMWELT-Szenario wird von einer energetischen Nutzung von Grünland auf 240 000 ha (BIOMASSE-Szenario: 190 000 ha) bis 2020 ausgegangen. Mehrjährige Energiepflanzen werden in diesem Referenzjahr auf 550 000 ha (UMWELT) bzw. 220 000 ha (BIOMASSE) angebaut, während sonstiges Ackerland auf 1,65 Mio. ha (UMWELT) bzw. 3,04 Mio. ha (BIOMASSE) genutzt werden wird.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass Biomasse-Energieträger in einer Größenordnung von jährlich ca. 100 000 bis 400 000 PJ im Jahr 2050 zur weltweiten Energiebereitstellung beitragen könnten. Zum Vergleich: Der globale Primärenergieverbrauch betrug 1999–2000 ca. 410 000 PJ pro Jahr. Allerdings gehen die Schätzwerte sehr weit auseinander. Dieses ist wesentlich darauf zurückzuführen, dass die zwei wichtigsten Parameter, die Verfügbarkeit von Bodenfläche zur Biomassenutzung und die zukünftigen Hektarerträge, mit vielen Unsicherheiten behaftet sind (BERNDES et al. 2003).

Tab. 3: Beitrag erneuerbarer Energien zum Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2004 (Quelle: BMU 2005)

Energieträger	Primärenergiebereitstellung in Petajoule (PJ)	Anteil am gesamten Beitrag erneuerbarer Energieträger in %
Biogene Brennstoffe, Wärme	214	41,6 %
Windenergie	90	17,5 %
Biogene Brennstoffe, Strom	78	15,1 %
Wasserkraft	76	14,8 %
Biokraftstoffe	40	7,8 %
Solarthermie	9	1,7 %
Geothermie	6	1,2 %
Fotovoltaik	2	0,4 %
Gesamt	515	100 %

4 Politische Ziele und Steuerung

Aufgrund der genannten Gründe haben sich die europäischen Regierungen ambitionierte Ziele zur Bereitstellung von erneuerbaren Energien und Bioenergie gesteckt. In ihrem Weißbuch zu erneuerbaren Energieträgern definierte die EU-Kommission das Ziel, bis 2010 einen Anteil erneuerbarer Energieträger von 12 % am Bruttoinlandsenergiebedarf der EU und von 22 % am Stromverbrauch zu erreichen (EUROPÄISCHE KOMMISSION 1997). Erklärtes Ziel der Bundesregierung ist ein Anteil erneuerbarer Energieträger von 4,2 % am Gesamtenergiebedarf bis 2010. Den Stromverbrauch sollen diese bis 2010 zu mindestens 12,5 % decken, bis 2020 zu mindestens 20 % (DEUTSCHER BUNDESTAG 2004). Bis 2050 sollen gemäß den Zielen der Bundesregierung sogar 50 % des deutschen Nutzenergiebedarfs von regenerativen Energieträgern stammen (ÖKO-INSTITUT et al. 2004).

Die politische Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse erfolgt im Wesentlichen durch das Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (EEG) sowie indirekt durch den CO₂-Emissionshandel. Das EEG verpflichtet die Netzbetreiber, Strom aus erneuerbaren Energien anzunehmen bzw. in das Netz einzuspeisen und dafür Mindestvergütungen zu zahlen. Während das EEG besonders die Nutzung von Biomasse in kleinen und mittleren Anlagen fördert, gibt der CO₂-Emissionshandel Anreize, Biomasse in größeren kohlegefeuerten Anlagen mitzuverbrennen (ÖKO-INSTITUT et al. 2004). 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 (sog. „NawaRo-Bonus“). Damit soll das große, noch ungenutzte Biomassepotenzial aus land- und forstwirtschaftlicher Herkunft besser erschlossen werden (DEUTSCHER BUNDESTAG 2004). Darüber hinaus wird der Anbau nachwachsender Rohstoffe durch die Befreiung der Bio-

treibstoffe von der Mineralölsteuer gefördert, auch wenn sie fossilen Treibstoffen beigemischt werden. Nach dem Entwurf des Koalitionsvertrages zwischen CDU, CSU und SPD vom 11.11.2005 soll diese Mineralölsteuerbefreiung abgeschafft und durch eine Beimischungspflicht ersetzt werden.

Dem Durchbruch der energetischen Nutzung von Biomasse stehen jedoch bedeutsame Hemmnisse entgegen. Dabei handelt es sich um ressourcenseitige, technische, wirtschaftliche, finanzielle, administrative, soziale und nachfragebedingte Hemmnisse (ÖKO-INSTITUT et al. 2004). Insbesondere sind die Kosten der Bereitstellung regenerativer Energie im Vergleich zur Nutzung fossiler Energieträger immer noch relativ hoch.

5 Flächenkonkurrenzen mit anderen Landnutzungsarten

Bei der großflächigen Einführung der Biomasseproduktion für eine energetische Nutzung stellt sich die Frage nach Konkurrenzen mit anderen bestehenden oder ebenfalls neu zu etablierenden Nutzungsarten. Nutzungskonkurrenzen beim Biomasseanbau können entstehen, wenn gleichzeitig eine Extensivierung der Nahrungsmittelerzeugung oder die Umwidmung von Landwirtschafts- in Naturschutzvorrangflächen angestrebt wird. Beides ist aus Naturschutzsicht wünschenswert. So benötigt etwa der ökologische Landbau mehr Anbaufläche als die konventionelle Landwirtschaft zur Erzeugung der gleichen Menge an Nahrungs- und Futtermitteln. Auch sind in den nächsten Jahren Naturschutzvorrangflächen auf mindestens 10 % der Fläche durch den im novellierten Bundesnaturschutzgesetz vorgesehenen länderübergreifenden Biotopverbund einzurichten (DEUTSCHER BUNDESTAG 2002). Allerdings ist auf diesen Flächen bis auf wenige Ausnahmen (z.B. Prozessschutzflächen oder Kernzonen von Nationalparks) kein

völliger Nutzungsverzicht vorgesehen; fast immer werden gewisse naturschutzkonforme Nutzungsweisen toleriert oder sogar gewünscht.

In vielen Regionen entsteht voraussichtlich keine Konkurrenzsituation: So wird für Deutschland eine weitere Abnahme der Nahrungs- und Futtermittelproduktion durch die jüngste Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU und die weltweite Liberalisierung der Agrarmärkte im Zuge der GATT/WTO-Verhandlungen prognostiziert (EUROPÄISCHE KOMMISSION 1997). Zudem sorgen sinkende Bevölkerungszahlen in Deutschland und Europa sowie technischer Fortschritt in der Landwirtschaft für eine weitere Verringerung der zukünftig für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion benötigten Flächen. Schließlich gibt es auch Flächen, z.B. in Mittelgebirgen, für die bereits heute nach neuen Nutzungsmöglichkeiten gesucht wird, da ihre traditionelle landwirtschaftliche Nutzung aufgegeben wurde.

Konflikte mit Naturschutzbelangen ergeben sich jedoch, wenn der Anbau von Biomasse eine Verschiebung der Flächenanteile von Wald, Grünland und Ackerland in der Landschaft bewirkt (DLR et al. 2004). Die Beurteilung einer Erhöhung des Waldanteils ist vom Naturraum abhängig: In einer intensiv genutzten Ackerbau- und Weidelandchaft führen zusätzliche Waldanteile zu einem „Nettogewinn“ für den Naturschutz durch eine Diversifizierung des Habitatangebots und zu einem höheren Erholungswert der Landschaft (WATKINS 1993). Eine weitere Vermehrung der Wälder in einer ohnehin schon walddreichen Mittelgebirgslandschaft ist dagegen eher negativ zu bewerten. So muss in der Bewertung der Waldzunahme eine Regionalisierung der Bewertungsmaßstäbe und eine Entwicklung naturraumspezifischer Leitbilder zum Tragen kommen (GÜTHLER et al. 2002). Eine Umwandlung von Wald in Acker- oder Grünland ist in der Regel nicht möglich, da diese in den Waldgesetzen sehr restriktiv gehandhabt wird. Eindeutiger erfolgt die naturschutzfachliche Bewertung der notwendigen Anteile von Grünland und Ackerland. Ein Umbruch von extensiv genutztem Grünland zu Ackerland ist aufgrund der relativ hohen ökologischen Werte des Extensivgrünlands und der durch den Ackerbau verursachten möglichen Umweltprobleme in der Regel abzulehnen. Vielmehr sollten aus Sicht des Naturschutzes ackerbauliche Problemstandorte (z.B. stark erosionsgefährdete Standorte oder Standorte, die in der Nähe von Gewässern liegen) in Grünland oder mehrjährige Kulturen umgewandelt werden (DLR et al. 2004).

Die genannte Studie des ÖKO-INSTITUT et al. (2004) kommt zu dem Schluss, dass der Anbau von Biomasse durch quantitative Naturschutz-Flächenansprüche nur wenig eingeschränkt wird. Eine andere Studie hingegen prognostiziert eine deutliche Interessenskollision zwischen einem verstärkten Anbau von Energiepflanzen und einer gleichzeitigen Extensivierung der Nahrungs- und Futtermittelproduktion (KALTSCHMITT et al. 2003). Zumindest ist zu erwarten, dass sich mögliche Konflikte an der Diskussion um die Flächenanteile des Ackerlands kristallisieren werden (DLR et al. 2004). So unterscheidet sich die Anbaufläche einjähriger Energiepflanzen in den Szenarien der maximalen Nutzung der Biomassepotenziale (BIOMASSE) und der Nutzung bei starken Umweltrestriktionen (UMWELT) um immerhin 1,8 Mio. ha. (14 % bis 16 % der heutigen Ackerfläche) (ÖKO-INSTITUT et al. 2004).

6 Optionen der Biomassenutzung

Die naturschutzfachliche Debatte wird nicht nur über die Flächenanteile von Wald, Grünland und Ackerland, sondern auch über deren jeweilige ökologische Qualität geführt. So entscheidet die Art und Intensität des Anbaus darüber, wie weit diese Flächen neben der Biomasseproduktion auch ökologische Funktionen zu erfüllen in der Lage sind (KÖPPEL et al. 2004). Da der Anbau und die Verwertung von Biomasse sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen unterliegen, sollen die wichtigsten Biomassenutzungspfade im Folgenden einzeln dargestellt werden.

6.1 Rapsanbau zur Herstellung von Biotreibstoffen

Die am weitesten verbreitete landwirtschaftliche Energiepflanze ist Non-Food-Raps, der von Landwirten wegen seines hohen Fruchtfolgewerts geschätzt wird (MÜLLER-SÄMANN et al. 2003). Obwohl auch als Ganzpflanze nutzbar, wird in der Regel nur das Rapsöl energetisch verwertet, da die Koppelprodukte Rapsschrot und Rapskuchen begehrte Futtermittel sind (FLAIG et al. 1998). Rapsanbau umfasst in der Regel Bodenvorbereitung, Aussaat, zweifache Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, Düngung, Ernte, Direktdrusch und Einarbeitung des Stroh in den Boden (DLR et al. 2004). Beim Anbau von Winterraps sind mittlere Erträge von ca. 3,5 t Rapssaar pro ha und Jahr zu erwarten. Rapsöl wird derzeit hauptsächlich zu Rapsmethylester (RME) weiterverarbeitet und als Substitut für Dieseltreibstoffe verwendet. 2004 wurden in Deutschland auf 859 907 ha Raps als nachwachsender Rohstoff angebaut (FNR 2005b). Im Jahr 2004 hatte Biodiesel mit einer Kapazität von 1,04 Mio. t und 38,7 PJ Primärenergieäquivalenten bereits einen Anteil von 1,5 % am Treibstoffmarkt (BMU 2005).

Wie jeder Anbau in Reinkultur bringt auch die großflächige Kultivierung von Non-Food-Raps negative Auswirkungen auf die Biodiversität mit sich (SCHEFFER 1993, REINHARDT & SCHEURLEN 2004). Insbesondere ist die Gefahr durch Nitratauswaschung aus den Böden sehr hoch (MÜLLER-SÄMANN et al. 2003). Zudem wird Non-Food-Raps in der Regel auf stillgelegten Flächen oder auf Flächen, die zuvor in niedriger Intensität mit so genannten Schwachgetreidearten genutzt wurden, angepflanzt. Daher führt der Rapsanbau zu einer deutlichen Erhöhung der Inputs von Dünger, Energie und Pflanzenschutzmitteln (KLEINHANSS 1993). Allerdings schließt Rapsanbau ein relativ geringes Risiko von Bodenverdichtung, Bodenerosion und Phosphataustrag in Oberflächengewässern ein (RODE et al. 2005). Die Auswirkungen auf das Landschaftsbild werden eher positiv bewertet. So weisen Rapsfelder eine relativ hohe Strukturvielfalt auf. Sie stören keine Sichtbeziehungen, und die gelben Rapsblüten sind in der Bevölkerung sehr beliebt (MÜLLER-SÄMANN et al. 2003). Ein zentrales Problem ist jedoch, dass die Energiebilanz dieses Nutzungspfades insgesamt eher ungünstig ist. Insbesondere führt die physikalisch-chemische Veredlung zu Rapsmethylester zu einem erheblichen Verlust an Gesamtwirkungsgrad (FLAIG et al. 1998) – pro bereitgestelltem Energieäquivalent RME müssen 0,5 – 0,6 Energieeinheiten aufgewandt werden (Tab. 4). Daher gilt Biodiesel nur als Zwischenschritt auf dem Weg zur Entwicklung zukunftsfähiger Biotreibstoffe.

Tab. 4: Energiebilanzen zur Bereitstellung von Brennstoffen aus Biomasse (FLAIG et al. 1998)

	Einheit	Rapsmethyl- ester ¹	Getreide- ganz- pflanzen	Schnellwuchs- plantagen (Pappeln)	Stroh
Energieertrag	[GJ/ha]	50,6–55,2	184,6	152,0	92,3
Energieaufwand	[GJ/ha]	26,2–36,3	20,1	12,2	5,6
Nettoenergieertrag	[GJ/ha]	24,4–18,9	164,5	139,8	86,7
Verhältnis Aufwand / Ertrag	%	51,8–65,8	10,9	8,0	6,1

¹ Die genannten Daten entstammen zwei verschiedenen Studien.

6.2 Anbau von Silomais zur Vergärung in Biogasanlagen

Ebenfalls verbreitet ist der Anbau von Mais zur Vergärung in Biogasanlagen. Mais kann einzeln, mit anderen Pflanzenstoffen oder auch in Kombination mit Gülle aus Tierhaltungsbetrieben fermentiert werden. Zur Vergärung werden meist gängige Silomaisarten verwendet. Der Mais wird kurz vor der Kornreife geerntet und häufig über viele Jahre hinweg auf demselben Feld angebaut. Als C4-Pflanze weist Mais eine enorme Biomasseproduktion auf, die bei entsprechenden Züchtungserfolgen in den nächsten 5 bis 10 Jahren bis zu 30–35 t Trockenmasse pro ha und Jahr betragen könnte (RODE et al. 2005). Unter den derzeitigen förderpolitischen Rahmenbedingungen gilt die Wirtschaftlichkeit des Maisanbaus als hoch.

Aufgrund der intensiven Wirtschaftsweise wirkt sich der Maisanbau auf die Biodiversität eher negativ aus (MÜLLER-SÄMANN et al. 2003). Auch die Effekte auf das Landschaftsbild sind allenfalls neutral. Mais wird in weiten Reihenabständen gepflanzt, spät ausgesät und weist erst spät eine Bodenbedeckung auf. Dadurch ist das Bodenerosionsrisiko hoch. Zudem wirkt sich diese Form des Maisanbaus negativ auf die Bodenfruchtbarkeit aus, da Mais ein so genannter „Humuszehrer“ ist und damit u.a. die Nährstoffsorptions- und die Wasserhaltekapazität mindert. Da die Qualitätsanforderungen an den Mais zur Vergärung ähnlich hoch sind wie beim Anbau als Futtermittel, ist der Bedarf an Dünger und Pflanzenschutzmitteln erheblich. Zudem hat der Anbau von Mais eine hohe Nitrat- und Phosphorbelastung des Grund- bzw. Oberflächenwassers zur Folge (MÜLLER-SÄMANN et al. 2003). Maßnahmen wie Untersaaten, reduzierte Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtanbau können diese Probleme reduzieren, führen jedoch zu höheren Kosten (GRAß & SCHEFFER 2005).

6.3 Ganzpflanzennutzung in Feuchtgutlinien

Anders als bei der Nahrungsmittelproduktion wird beim Anbau von Energiepflanzen die Ganzpflanze, d.h. die gesamte Biomasse und nicht nur die Frucht genutzt. Die Kulturen werden als Grünpflanze vor der Samenreife geerntet. Durch diese so genannte „Feuchtgutlinie“ können zwei aufeinander folgende Kulturen innerhalb eines Jahres ge-

erntet werden, wodurch relativ hohe Erträge von ca. 15–25 t Trockenmasse pro ha und Jahr möglich sind. Typische Erstkulturen sind Getreidearten wie Weizen, Roggen und Triticale, aber auch Raps, Rübsen, Futterpflanzen und Winterleguminosen, mögliche Zweitkulturen Mais, Hirse, Sonnenblumen oder Futtergräser. Mit Feuchtgutlinien lässt sich mehr Kulturvielfalt in die landwirtschaftlichen Anbausysteme integrieren und Fruchtfolgen können etwa durch Misch-, Mehrkulturen- oder Zwischenfruchtanbau aufgelockert werden. Die Ganzpflanzen werden in Gärsilos dauerhaft konserviert und anschließend verbrannt oder vergärt (SCHEFFER 1993).

Anbausysteme für Feuchtgutlinien gibt es derzeit fast nur in Modellvorhaben, so dass eine ausreichende Praxiserfahrung zu den Folgen dieser Systeme noch fehlt. Auch erfordern diese Anbausysteme eine anspruchsvollere Planung und Bewirtschaftung im Vergleich mit einer einzigen Kultur (RODE et al. 2005). Beim Anbau von Getreideganzpflanzen müssen etwa 0,06 bis 0,17 Energieeinheiten pro bereitgestellter Energieeinheit aufgewendet werden, so dass die Nettoenergieerträge pro Flächeneinheit ca. achtfach höher sind als beim Anbau von Raps zur Treibstoffherstellung (FLAIG et al. 1998).

Die Ganzpflanzennutzung ist aus mehreren Gründen günstig für die Artenvielfalt. Zum einen erlaubt sie eine großzügige Toleranz der Ackerbegleitflora, da nicht nur die Kulturpflanze, sondern der gesamte Pflanzenbestand geerntet werden kann. Zum anderen ist man bei der Ganzpflanzennutzung wesentlich flexibler mit Blick auf verschiedene Arten- und Sortenmischungen als bei der Nahrungsmittelerzeugung, da unterschiedliche Reifetermine möglich sind. So könnten z.B. auch alte pflanzen genetische Ressourcen verwendet und dadurch erhalten werden (GRASS & SCHEFFER 2005). Aufgrund der Tendenz zu einer wirtschaftlichen Optimierung von Anbauverfahren ist jedoch stets die Gefahr einer Homogenisierung der Anbaukulturen gegeben (RODE et al. 2005). Da zwei Kulturen unmittelbar aufeinander folgen, ist der Boden das ganze Jahr über von einer Vegetationsdecke bedeckt. Damit können Nährstoffexporte und Bodenerosion stark verringert werden. Auch bindet die Vegetationsdecke Nährstoffe. Pestizidanwendungen unterbleiben weitgehend und Nährstoffausträge werden minimiert, was zum Schutz des Grund- und Trinkwassers

beiträgt (SCHEFFER 1993). Da Qualitätskriterien bei der Ganzpflanzennutzung unbedeutend sind, kann auf eine Ertrags- und Qualitätsspätndüngung verzichtet werden (FLAIG & MOHR 1993).

6.4 Moderne Kurzumtriebplantagen

Kurzumtriebplantagen oder „Energiewälder“ sind Pflanzungen von Stecklingen schnellwachsender Gehölzarten, deren Ziel eine hohe Produktion von Holzbiomasse in kurzer Zeit ist (Abb. 1). Das höchste Potenzial weisen Pappel- und Weidenklone auf; seltener werden auch Erlen und Robinien verwendet. Anforderungen an die Baumarten sind rasches Jugendwachstum, Anwuchssicherheit und Stockausschlagvermögen (FLAIG et al. 1998). An Erträgen sind 5–10 t Trockenmasse pro ha und Jahr bei Weiden und 10–15 t bei Pappeln zu erwarten. Die Qualität des Holzes ist dabei nicht von zentraler Bedeutung. Die Kulturen werden in Abständen von ca. 2 bis 10 Jahren, meist von 3–6 Jahren, umgetrieben (FLAIG et al. 1998). Das Holz wird in der Regel in Hackschnitzelanlagen verfeuert. Die Anlage von Kurzumtriebplantagen auf Offenlandstandorten ist schwer reversibel, da die Flächen aufgrund der langen Verweildauer von Wurzelstöcken im Boden nur längerfristig wieder zum Anbau anderer Kulturen, etwa von Nahrungsmitteln, verwendet werden können (FLAIG et al. 1998, BENS & HÜTTL 2001).

Europaweit gibt es bislang nur in Schweden nennenswerte Größenordnungen von Kurzumtriebplantagen (ca. 14 500 ha) (HOFFMANN & WEIH 2005). In Deutschland und den meisten anderen europäischen Ländern wurden Energiewälder bisher fast ausschließlich zu Forschungs- und Entwicklungszwecken angelegt (FLAIG et al. 1998, BUNGART et al. 2000, HOFFMANN & WEIH 2005). Ein bedeutendes Hemmnis sind die hohen Anfangsinvestitionen (MÜLLER-SAMANN et al. 2003). Zudem verbreitete sich der Anbau von Energiewäldern in Deutschland bisher nur langsam, weil zu deren Beerntung spezielle Erntesysteme nötig sind; inzwischen gelten diese jedoch als zuverlässig entwickelt (FLAIG et al. 1998). Das Potenzial der Anbaufläche von Energiewäldern wird auf 1 Mio. bis 1,5 Mio. ha geschätzt (HOFFMANN & WEIH 2005).

Energiewälder weisen eine spezifische Zusammensetzung von Tierarten auf. So nehmen sie hinsichtlich der Abundanz bestimmter Vogelarten eine Mittelstellung zwischen Wald und Landwirtschaftsflächen ein. Das in ihnen vorkommende Artenspektrum ähnelt dem klassischer Brachen, Randstreifen, Feldgehölze und Hecken (LIESEBACH & MULSOW 1995). Kurzumtriebplantagen dienen im Vergleich zu Ackerflächen deutlich anspruchsvolleren Spinnenarten als Lebensraum (BLICK & BURGER 2002). Dagegen ist die Artenvielfalt wie auch die genetische Vielfalt des Pflanzmaterials selbst in der Regel gering (FLAIG et al. 1998). Notwendig für einen hohen Artenreichtum in Energiewäldern sind niedrige Pflanzdichten, eine Mischung verschiedener Gehölzarten, unregelmäßige Strukturen, die Erhaltung und Pflege der Wurzelstöcke und möglichst lange Umtriebszeiten (LONDO et al. 2004).

Grundsätzlich können Energiewälder den ästhetischen Wert einer strukturarmen Agrarlandschaft durch Abwechslung im Landschaftsbild und durch jahreszeitliche



Abb. 1: Kurzumtriebs-Energiewald in Brandenburg (Foto: Grünewald)

Variation erhöhen. Jedoch können Energiewälder auch als Sichthindernisse wirken und das Landschaftsbild durch Verstellen von Blickbeziehungen beeinträchtigen. Auch ist abzuschätzen, in wie weit das Bild der bestehenden Kulturlandschaft durch solche Wälder beeinträchtigt wird (SKÄRBÄCK & BECHT 2005). Große Waldanteile in der Landschaft werden mitunter als düster und einengend empfunden. Möglicherweise kann der abrupte Wechsel von hohen Beständen zu abgeernteten Flächen ebenfalls negativ wahrgenommen werden. Als günstig für das Landschaftsbild gelten dagegen Energiewälder, die als sanfte Übergänge zwischen Wald und Freiflächen angelegt werden (RODE et al. 2005).

Energiewälder können aufgrund ihres hohen Wasserbedarfs negative Auswirkungen auf den Wasserhaushalt einer Landschaft haben (FLAIG et al. 1998). Der Entzug von Nährstoffen aus dem Boden durch Energiegehölze ist insbesondere in den ersten Jahren der Pflanzen relativ hoch und kann in der Regel nicht durch atmosphärische Einträ-

ge oder Verwitterung kompensiert werden. Daher ist meist Düngung erforderlich, falls keine Aushagerung der Standorte vorgesehen ist. Im Vergleich zum Ackerland zeichnen sich Kurzumtriebplantagen jedoch durch geringen Nährstoffbedarf, langfristige Bodenbedeckung und eine bodenverbessernde Wirkung aus. Zu letzterer tragen die Anreicherung von Humus aus dem Laubfall, die Bodenlockerung durch intensive Durchwurzelung sowie eine seltene Befahrung des Bodens bei. Auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln wird in der Regel verzichtet, so dass keine Schadstoffbelastungen von Gewässern zu erwarten sind. In waldarmen Agrarlandschaften eignen sich Energiewälder insbesondere als Pufferzone für den Grundwasser- und Erosionsschutz und zur Vernetzung von Biotopen (FLAIG et al. 1998, LONDO et al. 2004). So zeigen erste Untersuchungen in Großbritannien und den Niederlanden, dass die Vogel-, Säugetier- und Schmetterlings-Zielarten, für die „ökologische Korridore“ entwickelt werden sollen, zu 27 % sicher und weitere 54 % potenziell in Weiden-Kurzumtriebplantagen vorkommen (LONDO et al. 2004). Allerdings stehen belastbare Untersuchungen hierzu noch aus.

6.5 Nutzung von Acker-Reststoffen

Neben den bisher vorgestellten Anbauszenarien kann Biomasse auch durch Nutzung von Reststoffen gewonnen werden. So fällt beim Anbau von Getreide und Ölsaaten Stroh an, das bislang entweder auf den Äckern verbleibt oder als Einstreu und Futtermittel verwendet wird. Das Stroh kann in Form von Häckseln, Ballen oder Pellets in Anlagen verschiedener Größe verbrannt oder vergast werden. Transport, Zuführung und Dosierung von Stroh in Verbrennungsanlagen ist jedoch aufwändiger als die Verwendung von Holz. Daher lohnt sich die Strohverwertung meist nur in Anlagen mit größerer Heizleistung. Strohrefeste werden bisher nur zu sehr geringen Teilen energetisch genutzt, weisen jedoch bei einer systematischen Nutzung ein erhebliches Potenzial auf (KALTSCHMITT et al. 2003).

Bei einer mäßigen Nutzung von Reststroh sind keine Beeinträchtigungen der Artenvielfalt oder des Landschaftsbildes zu erwarten. Eine massive Entnahme von Stroh wirkt sich jedoch auf den Humusgehalt und Nährstoffhaushalt der Böden aus. So kann dies zu einer Verringerung des Humusgehalts und damit zu einer Verringerung der Porosität und Stabilität des Bodens sowie zu Bodenerosion, Verdichtung und einer Minderung der Nährstoffsorptions- und Wasserhaltekapazität führen. Auch können infolge der Erosion Nährstoffe in Oberflächengewässer eingetragen und die Bodenfauna negativ beeinflusst werden (REINHARDT & SCHEURLEN 2004).

6.6 Nutzung von Holz aus der Hochwaldbewirtschaftung

Im Rahmen der forstlichen Bewirtschaftung von Hochwäldern fallen energetisch nutzbare Reste an. Dabei unterscheidet man Schwachholz, das bei Durchforstungsmaßnahmen anfällt und Stämme von ca. 7 bis 20 cm Durchmesser umfasst, und Waldrestholz, das aus Holzernsteren wie Kronenderbholz, Reisholz und Rinde besteht

(REINHARDT & SCHEURLEN 2004). Beide Sortimenten entstehen als Nebenprodukte bei der Nutzung von Stammholz. Da nur wirtschaftlich minderwertige Reststoffe energetisch verwertet werden, führt ihre Nutzung vermutlich nicht zu grundlegenden Änderungen im Nutzungssystem, etwa einer Veränderung der Umtriebszeiten oder der Baumartenanteile (RODE et al. 2005). Das anfallende Holz wird getrocknet, zu grobem oder feinem Schüttgut zerkleinert und zur Strom- und Wärmebereitstellung in Kleinst-, Klein- oder Großanlagen verwendet. Das technische Energieträgerpotenzial von Schwachholz und Waldrestholz wird für Deutschland auf ca. 308 PJ pro Jahr geschätzt (KALTSCHMITT et al. 2003).

Auf die Biodiversität der Wälder kann die intensivere Holznutzung je nach Kontext unterschiedliche Auswirkungen haben: So wirkt sich die Aufarbeitung von Durchforstungsrückständen im Allgemeinen positiv auf den Struktur- und damit auch den Artenreichtum der Wälder aus (Abb. 2). Durch eine Auflichtung werden vor allem licht- und wärmeliebende Arten gefördert. Auch bringt eine Auflichtung am Waldboden eine Aktivierung des Bodenlebens mit sich (GLATZEL & SPLECHTNA 2005). Allerdings besteht die Gefahr, dass durch die energetische Nutzung zusätzlich Bäume genutzt werden, die sich aufgrund ihrer schlechten Qualität (z.B. Holz mit Faulstellen, Holz mit niedrigen Astansätzen) nicht zur stofflichen Nutzung als Industrieholz eignen. Dadurch könnten verstärkte Anteile von Tot- und Altholz, von Nist- oder Höhlenbäumen und von sonstigen Biotopstrukturen genutzt werden, die für den Waldnaturschutz von besonderer Bedeutung sind (GLATZEL & SPLECHTNA 2005, RODE et al. 2005). Ebenso differenziert sind die Auswirkungen auf die Waldränder zu beurteilen: Einerseits können stärkere Pflegeeingriffe zur Auflichtung der Waldbestände und zum Aufbau gestufter Waldränder bzw. zu deren Verjüngung beitragen. Andererseits können mechanisierte Durchforstungsverfahren aber auch wenig ausdifferenzierte Waldränder mit abrupten, homogenen Übergängen schaffen (RODE et al. 2005).

Die Auswirkungen der Restholznutzung auf Boden- und Wasserhaushalt sind vergleichsweise gering. Da sich der Nährstoffgehalt der Bäume in Blättern, Nadeln und Feinreisig konzentriert, führt die Entnahme von Durchforstungsholz nur zu mäßigem Nährstoffentzug. Bei einer starken Entnahme von Biomasse kann sich jedoch ein im Waldboden bereits vorhandener Mangel an Nährelementen verstärken (RODE et al. 2005). Anders als die Schwachholznutzung führt die Entnahme von Ganzbäumen, also von Holz einschließlich Reisholz und Rinde (Abb. 3), zu einem erheblichen Nährstofftransfer aus den Wäldern heraus (GLATZEL & SPLECHTNA 2005). In Einzelfällen kann ein solcher Nährstoffentzug erwünscht sein, leiden doch viele Wälder unter sehr hohen Stickstoff-Einträgen. Dabei sind aber sorgfältig mögliche Nährstoffimbilanzen (vor allem im Verhältnis zu Magnesium) abzuwägen (RODE et al. 2005). Bei der Walderschließung ist darauf zu achten, dass die Grundsätze der guten fachlichen Praxis in der Forstwirtschaft eingehalten werden, besonders um Bodendegradation zu vermeiden. Insgesamt sind die naturschutzrelevanten Wirkungen denen einer stofflichen Nutzung von Schwach- und Waldrestholz, beispielsweise zur Herstellung von Zellstoff oder Faserplatten, vergleichbar (REINHARDT & SCHEURLEN 2004).



Abb. 2: Die energetische Nutzung von Waldrestholz trägt zur Beseitigung der vielfach vorhandenen Durchforstungsrückstände bei (Foto: Plieninger)



Abb. 3: Nutzung von Schlagabraum und Nadelmasse kann zu gewaltigem Nährstoffzug der Wälder führen (Foto: Loschek)

6.7 Bewertung der Nutzungsoptionen und Gegenüberstellung der Chancen und Risiken für den Naturschutz

Eine belastbare Bewertung der Einsatzmöglichkeiten und Auswirkungen der verschiedenen Nutzungsoptionen nachwachsender Rohstoffe ist allgemeingültig im Rahmen dieses Beitrags nicht möglich, da sie eine Kenntnis der konkreten Standortbedingungen und spezifischen Nutzungsweisen erfordert. Auch hängt die Bewertung wesentlich vom Vergleich mit der vorherigen oder einer alternativ denkbaren Nutzung ab. Grundsätzlich ist der Anbau von Energiepflanzen aus naturschutzfachlicher Sicht günstig zu bewerten, wenn die vorherige Landnutzung intensiv war, wenn

z.B. eine Energieholzplantage auf Ackerstandorten angelegt wird (TRINKAUS 1998). Probleme ergeben sich dagegen, wenn Energiekulturen naturschutzfachlich wertvolle Lebensräume ersetzen sollen, wenn z.B. extensives Grünland umgebrochen und zum Maisanbau genutzt wird. Das Konfliktpotenzial bei der Nutzung von land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen ist insgesamt deutlich geringer als beim gezielten Anbau von Energiepflanzen. In Tabelle 5 werden die verschiedenen Auswirkungen der Nutzungsformen auf Natur und Landschaft in tabellarischer Form grob miteinander verglichen. Die wesentlichen Chancen und Risiken der Biomassenutzung sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tab. 5: Vergleich von Wirtschaftlichkeit, Potenzial und ökologischen Auswirkungen verschiedener Optionen der energetischen Biomassenutzung (+ = hoch bzw. positiv, - = gering bzw. negativ, 0 = mittel bzw. neutral; A = Anbaubiomasse, R = Reststoffnutzung)

Nutzungsszenario	Nutzungspfad	Ausmaß der derzeitigen Nutzung	Auswirkungen auf die Biodiversität	Auswirkungen auf das Landschaftsbild	Auswirkungen auf den Wasser- und Bodenhaushalt
Rapsanbau	A	+	-	+	-
Anbau von Silomais	A	+	-	0/-	-
Feuchtgutlinien	A	-	+	0	0
Kurzumtriebsplantage	A	-	+ / -	0/-	+
Nutzung von Acker-Reststoffen	R	-	0	0	0
Nutzung von Durchforstungsholz	R	+	+/-	+	0

7 Entwicklung besonders wertvoller Kulturlandschaften durch energetische Biomassenutzung

Bisher wurde aufgezeigt, in wie weit die wichtigsten Optionen der Biomassenutzung in der land- und forstwirtschaftlich genutzten „Normallandschaft“ mit den Belangen von Naturschutz und Landschaftspflege im Einklang stehen. Die Bioenergieproduktion kann jedoch auch in naturschutzfachlich besonders wertvollen Landschaftstypen erfolgen und dabei sogar Synergien zur Kulturlandschaftsentwicklung aufweisen. KALTSCHMITT et al. (2003) schätzen, dass zwischen 25 % und 67 % dieser Flächen für die energetische Nutzung von Biomasse verfügbar sind, betonen jedoch, dass der Kenntnisstand hierzu äußerst lückenhaft ist. Durch Einbezug solcher Naturschutzflächen in die Biomassenutzung ergeben sich zusätzliche Potenziale, die vielfach im Rahmen bisheriger Berechnungen nicht oder nur teilweise erfasst wurden. Das auf ca. 150 PJ pro Jahr geschätzte Energiepotenzial von Naturschutzflächen entspricht immerhin dem gesamten Energiepotenzial von Industrierestholz, Altholz und Holz im Hausmüll (DLR et

al. 2004). Vielfach sind die energetischen Nutzungsmöglichkeiten von Naturschutzflächen aber erst in der Entwicklung oder noch nicht wirtschaftlich. Beispielhaft soll die Nutzung von Agroforstwirtschaft-Systemen, Niederwäldern, Niedermooren und Extensivgrünland dargestellt werden. Für alle dieser Nutzungen gilt einschränkend, dass man noch sehr wenig über die langfristigen Auswirkungen auf das jeweilige Ökosystem und die Landschaft weiß. So ist z.B. unbekannt, wie sich durch die energetische Nutzung veränderte Mähtermine auf Dauer auf die Artenzusammensetzung von Grünland auswirken.

7.1 Alte und neue Agroforstwirtschaft-Systeme

Bei der Entwicklung nachhaltiger Anbauverfahren für Biomasse greift man auch auf Konzepte der Agroforstwirtschaft, auf Baum-Feld-Systeme, zurück. Dabei werden Energiegehölze mit meist einjährigen Ackerkulturen kombiniert, die entweder als Nahrungs- bzw. Futtermittel oder als nachwachsende Rohstoffe genutzt werden (SCHNEIDER

Tab. 6: Gegenüberstellung von potenziellen Chancen und Risiken der energetischen Biomassenutzung aus Sicht von Naturschutz und Landschaftspflege

Chancen	Risiken
– Extensivere Wirtschaftsweisen durch geringere Qualitätsanforderungen an die Produkte	– Ökonomische Zwänge führen zu großflächigen Wirtschaftsweisen
– Offenhaltung der Kulturlandschaft	– Negative Auswirkungen auf das Landschaftsbild
– Diversifizierung der landwirtschaftlichen Kulturen (Neue Kulturen, Erweiterung der Fruchtfolgen, Mehrfachkulturen)	– Gefahr der Missachtung der guten fachlichen Praxis, da keine Lebensmittelproduktion
– Beitrag zu verbesserter Wirtschaftlichkeit der Landschaftspflege	– Nutzungskonkurrenzen mit Naturschutzflächen, naturnaher Forstwirtschaft und ökologischem Landbau
– Bereicherung der Struktur in ausgeräumten Agrarlandschaften, z.B. durch Etablierung von Agroforstsystemen oder niederwaldähnlichen Energiewäldern	– Übermäßiger Nährstoffeintrag und Bodenerosion
– Verhinderung der Nährstoffakkumulation von Naturschutzflächen durch Aushagerung	– Gefahr eines verstärkten Grünlandumbruchs

et al. 2004). Ein typisches Agroforstwirtschaft-System ist das so genannte *Alley Cropping*, das aus mehreren Streifen von Feldgehölzen und breiten, ackerbaulich genutzten „Alleen“ zusammengesetzt ist. Die Gehölze bestehen aus ein oder zwei Baumreihen mit einer Breite von ca. 2 bis 6 m. Die Ackerschläge sind mit 10 bis 14 m relativ breit, um die Feldbearbeitung möglichst effektiv zu ermöglichen. Breite, Länge und Anzahl der Gehölzstreifen sowie die Umtriebszeit und die Art der Ernte können flexibel an den jeweiligen Landschaftsraum und an die betriebstechnischen Erfordernisse angepasst werden (RÖHRICHT & RUSCHER 2004).

In einem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus wurde erstmals auf rekultivierten Bergbaufolgestandorten im Tagebau Jänschwalde auf 7 ha Fläche ein *Alley Cropping*-System etabliert, bei dem schnellwachsende Baumarten wie Balsampappel (*Populus balsamifera*), Korbweide (*Salix viminalis*) und Robinie (*Robinia pseudoacacia*) mit 3-, 6- und 9-jährigen Umtriebszeiten und Luzerne nebeneinander angebaut werden (Abb. 4). In einem anderen Modellvorhaben legte die Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft im Gebiet der Elbeniederung bei Torgau ca. 8 m



Abb. 4: „Alley Cropping“-System auf rekultivierten Bergbaufolgestandorten im Lausitzer Braunkohlerevier (Foto: Grünewald)

breite und 200 m lange Feldstreifen (so genannte *Shelterbelts*) in einer großen Ackerfläche an. Die Feldstreifen bestehen aus Balsampappeln und Korbweiden in Rein- und Mischbeständen; der Schlag ist mit Wintergerste bestellt (RÖHRICHT & RUSCHER 2004).

Für die Anlage von Agroforstwirtschaft-Systemen spricht eine Reihe von ökologischen Gründen. Sie können das Landschaftsbild bereichern und die Wind- und Wassererosion verringern. Sie modifizieren das Mikroklima, wirken sich insgesamt positiv auf den Ertrag der angrenzenden Feldkulturen aus und erlauben eine wirtschaftliche Nutzung von Parzellenrändern (RÖHRICHT & RUSCHER 2004). Insbesondere strukturieren und diversifizieren sie die Landschaft durch ein engmaschiges Netz von Übergängen zwischen Gehölz- und Feldstreifen. Ferner können die Gehölzstreifen einen Beitrag zur Biotopvernetzung leisten (SCHNEIDER et al. 2004). Baum-Feld-Systeme knüpfen an traditionelle Bewirtschaftungsverfahren an und tragen zur Schaffung bzw. zum Erhalt einer ästhetisch ansprechenden, kleinflächigen Kulturlandschaft bei. Gleichzeitig ermöglichen sie eine hohe Vielfalt an Kulturen, Anbauweisen und Produkten (SCHNEIDER et al. 2004). In Einzelfällen können sie jedoch zu einer höheren Bodenfeuchte führen und so die Befahrbarkeit der Flächen verschlechtern. Baum-Feld-Systeme sind aus Natursicht insbesondere in großen, monostrukturierten Ackerbaugebieten wünschenswert (RÖHRICHT & RUSCHER 2004). Auch bieten sie sich für die Nutzung von Grenzertragsstandorten, Brachflächen und Neulandstandorten wie z.B. Kippen oder Bergbaufolgestandorten an (BENS & HÜTTL 2001, BENS et al. 2001, SCHNEIDER et al. 2004).

Die energetische Nutzung kann auch bereits bestehende, traditionelle Agroforstwirtschaft-Systeme, insbesondere Hecken, einbeziehen. So gibt es etwa in Schleswig-Holstein ca. 46 000 km so genannter Knicks, wallartiger Hecken, die ursprünglich zum Einzäunen von Weidevieh, als Eigentumsgrenze, Brennholzlieferant und Windschutz angelegt wurden. Als Pflegemaßnahme ist gesetzlich vorgeschrieben, sie alle 10 bis 15 Jahre auf den Stock zu setzen. Bislang wird das anfallende Schnittgut an Ort und Stelle verbrannt, gehäckselt und in den Knick bzw. auf Ackerflächen ausgebracht, als Totholz aufgeschüttet oder als Brennholz genutzt. Insbesondere die unkontrollierte, feuchte Verbrennung führt zu beträchtlichen Schadstoffemissionen. So liegt in der Knickpflege ein Potenzial zur energetischen Verwertung von Abfallstoffen, das keine zusätzlichen Flä-

chen beansprucht, zu erwünschten Nährstoffexporten beiträgt und die Umweltbelastungen der herkömmlichen Knickpflege reduzieren kann (METTE 2005).

7.2 Traditionelle Niederwaldbewirtschaftung

Modernen Kurzumtriebplantagen nicht unähnlich sind Niederwälder, eine historische Waldbewirtschaftungsform, die in vielen Gegenden Deutschlands verbreitet war. Von den Kurzumtriebplantagen unterscheiden sie sich in der Baumartenzusammensetzung, durch eine weniger intensive Bewirtschaftung sowie durch längere Umtriebszeiten (LIESEBACH & MULSOW 1995). Niederwälder bestehen in der Regel aus heimischen, ausschlagfähigen Laubbaumarten wie Eichen, Hainbuchen, Haselnüssen und Edellaubhölzern, die in Zyklen von ca. 15 bis 30 Jahren auf den Stock gesetzt werden (POTT 1981). Um übermäßigen Nährstoffentzug zu vermeiden, erfolgt die Holznutzung im unbelebten Zustand. Mit der Abnahme des Bedarfs an Brennholz erlebte die Niederwaldnutzung in Deutschland einen Niedergang (GLATZEL & SPLECHTNA 2005), so dass Nieder- und die verwandten Mittelwälder nach den Daten der zweiten Bundeswaldinventur heute nur noch 0,7% der bestockten Holzbodenfläche einnehmen. Eine energetische Nutzung von Niederwäldern könnte für einen besseren Absatz der Produkte der Niederwälder sorgen und damit Anreize zur Erhaltung oder sogar zur Neuanlage von Niederwäldern geben (GLATZEL & SPLECHTNA 2005).

Der hohe naturschutzfachliche Wert von Niederwäldern ist allgemein anerkannt. Sie weisen eine hohe Vielfalt an Baumstrukturen auf und erhalten Baumarten wie z.B. Edellaubhölzer, die in der Hochwaldwirtschaft selten sind (MÜLLER 1998). Auch der Artenreichtum der Krautschicht und die Vielfalt von Schmetterlingen, Vögeln, Kleinsäugern und Wirbellosen sind sehr hoch (BUCKLEY 1992, GRABHERR et al. 1992). Insbesondere leben in Niederwäldern Arten frühsukzessionaler Entwicklungsphasen und Arten, die ansonsten in den Kronendächern vorkommen (BUCKLEY 1992). Charakteristische Vogel- und Reptilienarten von Nieder- und Pionierwäldern sind z.B. Haselhuhn, Waldschnepfe, Ziegenmelker, Schlingnatter und Zauneidechse. Die relativ kurzen Umtriebszeiten können zu Nährstoffverlusten führen, so dass Niederwälder nicht für jeden Standorttyp geeignet sind. Kompensationsdüngungen sind allerdings in der Regel nicht notwendig. Empfehlenswert ist eine Beimischung von Erlen, die den Boden mit pflanzenverfügbarem Stickstoff anreichern können. Da Niederwälder eine Jahrhunderte lange Nutzungstradition aufweisen, gelten sie als gut an den vorherrschenden Wasserhaushalt angepasst (GLATZEL & SPLECHTNA 2005).

7.3 Niedermoornutzung

Grund- und Überflutungswasser geprägte Niedermoores nehmen in Norddeutschland beachtliche Flächenanteile ein: 15 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche des norddeutschen Tieflandes sind Niedermoores, allein in Mecklenburg-Vorpommern bedecken sie ca. 290000 ha. Eine intensive Wiesen- oder Weidewirtschaft sowie eine ackerbauliche Nutzung ist aufgrund der mit ihr verbundenen Torfverluste und Nährstoffausträge nicht nachhaltig, der Umbruch von Moo-

ren nicht erlaubt. Auch eine extensive Beweidung ist aufgrund der dafür notwendigerweise niedrig zu haltenden Grundwasserstände selten standortgerecht und erlaubt keine langfristige Moorerhaltung (WICHTMANN & KOPPISCH 1998). Die Bewirtschaftung von Niedermoorflächen wird zunehmend aufgegeben mit dem Ergebnis einer Verbuschung bzw. Bewaldung; Nutzungsalternativen werden dringend gesucht. So könnte die Biomassennutzung die Offenhaltung der Niedermoores als Nebenprodukt mit sich bringen.

In Schweden ist eine energetische Nutzung von Schilfröhrichten seit den 1970er Jahren verbreitet (BJÖRK & GRANÉLI 1978). So wird eine Kombination von Wiedervernässung mit Ernte oder gezieltem Anbau von Rohrkolben, Seggen, Schilf oder Erlen als dauerhaft-umweltgerechte Nutzungsform auch für die norddeutschen Niedermoores diskutiert. Da Niedermoores relativ nährstoffreich sind, weisen sie eine hohe Biomasseproduktion auf. Bei Schilfröhrichten können durchschnittlich etwa 15 bis 25 t Trockenmasse, bei Dominanzbeständen aus Rohrkolben und Rohrglanzgras 5 bis 20 t und bei Wasserschwaden bzw. Großseggen 5 bis 12 t TM je Hektar geerntet werden (TIMMERMANN et al. 2003). Rohrkolben ist also aus Sicht der energetischen Nutzung die wichtigste Pflanze, bildet jedoch keinen Torf. Aus Sicht des Moorschutzes sind daher Schilf und Erle interessanter, da deren Nutzung zur Regeneration der Niedermoores und damit zum Erhalt offener Kulturlandschaften und der Lebensraumfunktion beitragen könnte. Gleichzeitig könnte das Torfbildungsvermögen gefördert werden (WICHTMANN & SCHÄFER 2005). Zwar bilden Röhrichte, Seggenriede und Erlenbrüche großflächig relativ einheitliche, artenarme Bestände aus (BJÖRK & GRANÉLI 1978), diese können jedoch durchaus Naturschutzwert besitzen, etwa als Brutbiotop für den Seggenrohrsänger (HAMPICKE mdl.). Außerdem kann durch eine gezielt kleinflächige Nutzung der verschiedenen Kulturen sowie durch die unterschiedlichen Standortbedingungen im Übergangsbereich von aquatischen zu terrestrischen Standorten ein mosaikartiges Nebeneinander verschiedener Biozönososen geschaffen werden (WICHTMANN & KOPPISCH 1998). Noch unklar ist, wie weit die Beerntung des Schilfs die Brutmöglichkeiten von auf Röhrichte spezialisierten Vogelarten beeinträchtigt. So nehmen RODE et al. (2005) an, dass gemähte Schilfflächen erst nach einem Zeitraum von ca. drei Jahren von Brutvögeln wiederbesiedelt werden.

Neben der energetischen Verwertung dieser Biomasse durch Verbrennung, Vergasung oder Vergärung ist auch eine stoffliche Verwertung möglich, etwa als Dachreet oder zur Herstellung von Zellulose. Die Ernte ist vergleichsweise aufwändig, kann jedoch mit für die Mahd von Feuchtpflanzen entwickelten Maschinen (z.B. umgebauten Pistenraupen) oder bei Bodenfrost auch mit geringfügig umgerüsteten landwirtschaftlichen Maschinen erfolgen. Über mögliche negative Auswirkungen der Erntetechniken auf Standort und Biodiversität liegen noch keine Erkenntnisse vor (RODE et al. 2005).

7.4 Nutzung von Extensivgrünland und Landschaftspflegeflächen

Ähnlich wie die Niedermoores fallen in der jüngsten Zeit auch viele Extensivgrünlandstandorte aus der landwirtschaftlichen Nutzung heraus: Die moderne Milchvieh-

wirtschaft stellt hohe Anforderungen an die Futterqualität, so dass Futter aus extensiv bewirtschaftetem Grünland heute aufgrund zu geringer Energiedichten meist nicht mehr verwertbar ist. Auf manchen Grünlandflächen bietet sich die Weidehaltung von Jungvieh und Pferden an. Eine großflächige Weidehaltung von Mutterkuhherden auf Extensivgrünland scheitert jedoch oft an fehlender Nachfrage, fehlenden Förderprogrammen oder agrarstrukturellen Hindernissen (ELSÄSSER 2004). Daher wird z. B. für Baden-Württemberg in den nächsten Jahren ein Grünlandüberschuss von 100 000 ha erwartet, so dass Bedarf an neuen Nutzungsoptionen besteht (OECHSNER 2005). Außer bei der Pflege von Extensivgrünland fällt potenziell energetisch nutzbare Biomasse auch bei der Landschaftspflege in Großseggenrieden, Röhrlichten, Zwergstrauchheiden, Hoch- und Übergangsmooren, Feuchtgrünland und Trockenrasen an. Die Gesamtfläche dieser Lebensräume wird auf bundesweit 500 000 ha kalkuliert (DLR et al. 2004).

Angesichts fehlender alternativer Verwertungsmöglichkeiten erscheint eine Verbrennung oder Fermentation von Mähgut in Biogasanlagen interessant. Insbesondere das in der Landschaftspflege häufig anfallende spät geerntete, verregnete Heu hat zwar einen schlechten Futterwert, eignet sich aber gut für die energetische Nutzung. Günstig ist auch, dass geringe Schnitthäufigkeiten, die für die Erhaltung der Artenvielfalt von Bedeutung sind, nur zu geringen Einbußen im Trockenmasseertrag führen (ELSÄSSER 2004). Auf ungedüngten Magerwiesen können etwa 3 t Trockenmasse pro ha und Jahr geerntet werden, auf schwach gedüngten Flächen etwa 5 t pro ha und Jahr (ÖKO-INSTITUT et al. 2004). Untersuchungen zum Einsatz von Mähgut als Pellets oder Ballen in Verbrennungsanlagen belegen, dass die Brenngehalte wie auch die Emissionen mit denjenigen anderer Grasarten vergleichbar sind (hohe Gehalte an Stickstoff, Chlor, Schwefel und Asche, siehe FLAIG et al. 1998). So ergeben sich ähnlich hohe Anforderungen an die Verbrennungstechnologie wie bei der Strohfeuerung. Die kombinierte Fermentation von Gras mit Gülle erlaubt geschlossene Nährstoffkreisläufe; eine gute Gasausbeute verlangt jedoch qualitativ hochwertiges Grasmaterial (ELSÄSSER 2004).

Während Gehölzreste aus der Landschaftspflege energetisch gut nutzbar sind, ist die Verwertung von Gras und Heu unter den aktuellen ökonomischen Rahmenbedingungen selten rentabel (FLAIG et al. 1998). Allerdings müssen die Pflegearbeiten aus Gründen des Naturschutzes, der Grünordnung oder der Verkehrssicherheit ohnehin durchgeführt werden und sind schon heute in der Regel ein Zuschussbetrieb. Die derzeit häufige Kompostierung von Schnittgut verursacht weitere Kosten (OECHSNER 2005). Gelingt es, die anfallende Biomasse energetisch zu nutzen, könnten die bei der Pflege von Naturschutzflächen entstehenden Nettoverluste deutlich verringert und eine Inwertsetzung ansonsten schwer nutzbarer Flächen ermöglicht werden. Damit erlaubt die energetische Biomassenutzung die Offenhaltung von wertvollem Grünland auch bei einer Aufgabe der Viehhaltung und setzt Anreize, größere Grünlandflächen naturschutzkonform zu bewirtschaften.

8 Anfall von Aschen und Gärückständen bei der energetischen Nutzung von Biomasse

Bei der Nutzung von Biomasse als Festbrennstoff zur Wärme- und Stromversorgung fallen Reststoffe in Form von Aschen an. Für Naturschutz und Landschaftspflege ist vor allem die Frage nach deren Ausbringung in die Landschaft relevant. Einerseits kann die Ascheausbringung Nährstoffexporte und daraus resultierende Bodendegradation verhindern sowie eventuellen Düngemiteleintrag minimieren. Auch der seit 1996 gesetzlich im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz verankerte Kreislaufwirtschaftsgedanke legt nahe, die anfallenden Aschen auf den Anbauflächen im Sinne der Erhaltungsdüngung auszubringen. Andererseits kann in einzelnen Fällen eine Aushagerung, also eine Reduzierung des Nährstoffgehalts im Boden, aus Gründen des Naturschutzes durchaus erwünscht sein. So sind gerade nährstoffarme Lebensraumtypen, etwa Magerasen, Lebensraum für viele gefährdete Tier- und Pflanzenarten.

Das Kernproblem der Ascheausbringung ist, dass der angestrebte „Aschenkreislauf“ durch atmogene Depositionen von Schadelementen, v. a. Schwermetallen, beeinflusst wird, so dass es bei einer ungefilterten Wiederverwertung von Aschen langfristig zu einer Anreicherung dieser Stoffe in Böden und Vegetation kommt. Daher müssen die Schadstoffe durch technische Vorrichtungen aus der Asche entfernt und aus dem Kreislauf ausgeschlossen werden.

Die bei der Verbrennung von Biomasse anfallende Aschemenge hängt von der Art und der Zusammensetzung des eingesetzten Brennstoffs ab und nimmt mit zunehmendem Rindenanteil zu. Nach groben Schätzungen entstehen in Deutschland rund 135 000 t Holzrasche pro Jahr. Bei modernen Biomassefeuerungsanlagen fallen drei Arten von Aschen an: Grob- bzw. Rostasche mit einem Massenanteil von 60 bis 90 %, Zyklonflugasche (10 bis 35 %) und Feinstflugasche (2 bis 10 %). Diese unterscheiden sich hinsichtlich ihrer mittleren Schwermetallgehalte. Grobasche weist die geringsten Kontaminationen auf und ist prinzipiell gut für eine Weiterverwertung verwendbar. Dagegen kommt für die Feinstflugaschen nur die Deponierung in Betracht (HEBECKER et al. 2000).

Ein ähnliches Problem ergibt sich beim Umgang mit den in Biogasanlagen anfallenden organischen Rückständen (PERETZKI et al. 2005). Um Nährstoffkreisläufe zu schließen, ist es grundsätzlich geboten, die Gärückstände unter Berücksichtigung der Regeln einer guten fachlichen Praxis wieder auf die Felder auszubringen. Diese können eine Düngung mit Stickstoff, Phosphat und Kali ersetzen. Gärückstände können jedoch auch Schwermetalle oder organische Schadstoffe enthalten, die aus Lösungsmitteln, Pflanzenschutzmitteln oder unvollständigen Verbrennungsvorgängen resultieren. Als in dieser Hinsicht unbedenkliche Ausgangssubstrate gelten Mais, Grassilage, Getreideganzpflanzen, Stroh, Grüngut, Rasenschnitt und Gülle. Problematisch dagegen sind Straßenbegleitgrün und -holz, so dass diese nicht ohne vorherige Untersuchung auf Schadstoffe verwendet werden sollten. Ebenfalls schwierig ist die Verwendung von Schweinegülle, die häufig hohe Kupfer- und Zinkgehalte aufweist.

9 Anforderungen des Naturschutzes an die energetische Biomasse-Nutzung

Die energetische Nutzung von Biomasse leistet bedeutende Beiträge zur Wertschöpfung im ländlichen Raum und potenziell zum Klimaschutz. Dadurch gibt sie indirekt auch für Naturschutz und Landschaftspflege wichtige Impulse. Allerdings können die einzelnen Nutzungsverfahren auch negative Wirkungen auf Natur und Landschaft aufweisen. Daher sollten die folgenden, naturschutzfachlich begründeten Leitlinien beim weiteren Ausbau der Biomassenutzung Beachtung finden:

- Eine Steigerung der Energienutzungseffizienz, etwa durch Wärmedämmung oder Verkehrsvermeidung, ist zunächst die nachhaltigste und umweltgerechteste „Energiequelle“. Auf ihr sollte daher eine Priorität liegen – noch vor dem Ausbau der erneuerbaren Energien.
- Nachwachsende Rohstoffe sind nicht per se nachhaltig. Die mit der Bioenergienutzung verbundenen Risiken sind mit den jeweiligen Chancen abzuwägen und verlangen eine aktive Steuerung durch Instrumente der Energiepolitik (z.B. EEG) und der Agrarpolitik (z.B. Agrarumweltprogramme). Dabei sollten verstärkt Anreize zum Einbezug von Naturschutzaspekten und zur Bevorzugung von extensiven, umweltgerechten Verfahren mit hohem energetischem Wirkungsgrad gegeben werden. Ähnlich dem im novellierten EEG eingeführten „NawaRo-Bonus“ könnten z.B. Verwertungsquoten für Landschaftspflegegut als Verbrennungs- oder Gärrohstoff bei der Förderung von Anlagen vorgegeben werden.
- Vorrang vor einem großflächigen Anbau von Energiepflanzen sollte die Nutzung von Reststoffen aus Forst- und Landwirtschaft, aber auch von pflanzlichen Abfällen haben. Bei der Anbaubiomasse sollten Verfahren mit positiven Umweltwirkungen, insbesondere Baum-Feld-Systeme, mehrjährige Kulturen, Zweikulturnutzung und Mischfruchtanbau bevorzugt werden.
- Der Bau von Anlagen, die einen hohen Bedarf an einheitlichem Biomassematerial mit bestimmten Qualitätsanforderungen haben, gibt Anreize zu einer großflächigen, homogenen Anbauweise und erschwert z.B. die Verwertung von Schnittgut aus der Landschaftspflege. Daher sollten robuste Anlagentechniken entwickelt werden, die die Verwendung vielfältiger Brennstoffe auch mit niedrigem Brennwert oder problematischer Zusammensetzung erlauben.
- Zur Ausnutzung von Synergien zwischen Biomassenutzung und Naturschutz sollten sich Wissenschaft, Praxis und Politik verstärkt mit der Nutzung von Biomasse aus Grünland, Niederwäldern, Agroforstwirtschaft-Systemen und anderen Landschaftspflegeflächen befassen. Insbesondere fehlen hier Untersuchungen zu ökologischen Auswirkungen, Wirtschaftlichkeit, Ernte- und Verwertungstechnologien, Logistik und politischen Lenkungsinstrumenten.
- Sowohl im Anbau von Biomasse wie auch bei der Wandlung zu Strom, Wärme oder Treibstoff sollte kleinflächigen Verfahren mit regionalen Stoffkreisläufen Vorrang gegeben werden. Auch sollten Verfahren bevorzugt werden, die sich gut in die betriebliche Praxis von Land-

und Forstwirtschaft und in die gewachsene Kulturlandschaft integrieren lassen. Dazu scheint der Ausbau einer dezentralen Infrastruktur, insbesondere von Wärmenetzen zur Nutzung der ökologisch günstigen Kraft-Wärme-Kopplung sinnvoll.

- Durch die Ausbreitung der Biomasseproduktion kann es zu einer Verschiebung der Flächenanteile von Wald, Ackerland und Grünland kommen. Planerische und genehmigungsrechtliche Instrumente sollten dieser Entwicklung dahingehend Rechnung tragen, dass Grün- und Moorlandumbrüche vermieden werden und es zu keiner Waldzunahme in ohnehin bereits walddreichen Gegenden kommt.
- Es besteht die Gefahr, dass an den Anbau nachwachsender Rohstoffe geringere naturschutzfachliche Ansprüche gestellt werden als an die Nahrungs- und Futtermittelerzeugung. Die Ausrichtung auf die Biomasseproduktion sollte aber nicht den Bemühungen um eine dauerhaft umweltgerechte Land- und Forstwirtschaft entgegenlaufen. Daher sollten speziell auf die Biomasseproduktion ausgerichtete Standards für eine gute fachliche Praxis entwickelt werden, die in der Landwirtschaft etwa die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes, eine Reduktion des Düngemitelesatzes, eine mindestens dreigliedrige Fruchtfolge, Mindestanteile von Strukturelementen in der Agrarlandschaft sowie konkrete Angaben zum Raum-Zeit-Management umfassen könnten (WERNER et al. 2005).

10 Literatur

- BENS, O. & HÜTTL, R. F. (2001): Energetic utilisation of wood as biochemical energy carrier – A contribution to the utilisation of waste energy and landuse. – *International Journal of Thermal Energy* 40: 344–351
- BENS, O.; SCHNEIDER, B. U.; GRÜNEWALD, H.; HÜTTL, R. F. (2001): Forschung im Bereich der energetischen Nutzung von Biomasse – Vom Anbau bis zur Verwertung: Nutzung von Holz als Beitrag zu einer zukunftsorientierten Landnutzung und Kulturlandschaftspflege. In: SCHIEFERDECKER, B. & FÜNFELD, C. (HRSG.): *Energietag Brandenburg 2001*. 6.1–6.16. – BTU Forschungshefte Energie, Berlin
- BERNDES, G.; HOOGWYJK, M.; VAN DEN BROEK, R. (2003): The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. – *Biomass and Bioenergy* 25: 1–28
- BJÖRK, S. & GRANÉL, W. (1978): Energy reeds and the environment. – *Ambio* 7: 150–156
- BLICK, T. & BURGER, F. (2002): Wirbellose in Energiewäldern. Am Beispiel der Spinnentiere der Kurzumtriebsfläche Wöllershof (Oberpfalz, Bayern). – *Naturschutz und Landschaftsplanung* 34: 276–283
- BMU (2001): Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse. 21. Juni 2001. – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin
- BMU (2005): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung. – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin
- BUCKLEY, G. P. (1992): *Ecology and Management of Coppice Woodlands*. Chapman and Hall, London

- BUNGART, R.; BENS, O.; HÜTTL, R. F. (2000): Production of bioenergy in post-mining landscapes in Lusatia: Perspectives and challenges for alternative landuse systems. – *Ecological Engineering* 16: 5–16
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2004): Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien. 21. Juli 2004. – juris GmbH, Berlin
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2002): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. 25. März 2002. – juris GmbH, Berlin
- DLR, IFEU & WUPPERTAL INSTITUT (2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. FKZ 901 41 803. – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin
- ELSÄSSER, M. (2004): Alternative Verwendung von in der Landschaftspflege anfallendem Grünlandmärgut: verbrennen, vergären, kompostieren, mulchen oder extensive Weide? – *Natur und Landschaft* 79: 110–117
- EON (2005): Geschäftsbericht 2004. http://www.eon.com/de/downloads/GB_2004_D_komplett_050314.pdf. – E.ON AG, Düsseldorf
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (1997): Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger. Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan. KOM(97)599. – Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel
- FLAIG, H.; LEUCHTWEIS, C.; VON LÜNEBURG, E.; ORTMAIER, E.; SEEGER, C. (1998): Biomasse – nachwachsende Energie. Potentiale – Technik – Kosten. – Expert-Verlag, Renningen-Malmsheim
- FLAIG, H. & MOHR, H. (1993): Energie aus Biomasse – eine Chance für die Landwirtschaft. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- FNR (2005a): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow
- FNR (2005b): Nachwachsende Rohstoffe: Anbauflächen in Deutschland. <http://www.fnr.de/>. – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow
- GLATZEL, G. & SPLECHTNA, B. (2005): Optionen der Bereitstellung von Biomasse aus Wäldern und Energieholzplantagen für die energetische Nutzung. Unveröffentlichte Expertise. – Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin
- GRABHERR, G.; FORSTNER, M.; GRIMM, K.; KUMPFMÜLLER, M.; SELTENHAMMER-MALINA, E.; WIRTH, J. (1992): Expertengutachten Energiewaldforschung. Forum Österreichischer Wissenschaftler für den Umweltschutz, Wien
- GRAß, R. & SCHEFFER, K. (2005): Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. – *Natur und Landschaft* 80, 435–439
- GÜTHLER, W.; GEYER, A.; HERHAUS, F.; PRANTL, T.; REEB, G.; WOSNITZA, C. (2002): Zwischen Blumenwiese und Fichtendickung: Naturschutz und Erstaufforstung. Konfliktlösungsstrategien im Rahmen der EAGFL-Verordnung für den ländlichen Raum. *Angewandte Landschaftsökologie* 45. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg
- HEBECKER, D.; BENS, O.; HÜTTL, R. F. (2000): Nutzung von Biomasse. In: FRATZSCHER, W. & STEPHAN, K. (Hrsg.): Strategien zur Abfallenergieverwertung. Ein Beitrag zur Entropiewirtschaft. 113–126. – Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden
- HOFFMANN, D. & WEIH, M. (2005): Limitations and improvement of the potential utilisation of woody biomass for energy derived from short rotation woody crops in Sweden and Germany. – *Biomass and Bioenergy* 28: 267–279
- INSTITUT FÜR ENERGETIK UND UMWELT (2004): Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern. – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin
- KALTSCHMITT, M.; MERTEN, D.; FRÖHLICH, N.; NILL, M. (2003): Energiegewinnung aus Biomasse. Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten 2003 „Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit“. – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, Berlin, Heidelberg
- KLEINHANSS, W. (1993): Pflanzenöle als Treibstoff – Erzeugung, Nutzung, Perspektiven. In: FLAIG, H. & MOHR, H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse – eine Chance für die Landwirtschaft. 84–116. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- KÖPPEL, J.; PETERS, W.; SCHULTZE, C. (2004): Naturschutzaspekte beim Anbau von Biomasse. – *Ökologisches Wirtschaften*: 19–20
- LIESEBACH, M. & MULSOW, H. (1995): Zur Bedeutung des Biotops Kurzumtriebplantage für den Sommervogelbestand. – Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie 29: 32–35
- LONDO, M.; ROOSE, M.; DEKKER, J.; DE GRAAF, H. (2004): Willow short-rotation coppice in multiple land-use systems: evaluation of four combination options in the Dutch context. – *Biomass and Bioenergy* 27: 205
- METTE, R. (2005): Energetische Verwertung von Landschaftspflegeholz am Beispiel der schleswig-holsteinischen Knicklandschaft. – *Natur und Landschaft* 80, 416–420
- MÜLLER, F. (1998): Waldbauliche Strategien für das Pannonische Tief- und Hügelland bei sich ändernden Umweltbedingungen. Forstliche Bundesversuchsanstalt – Österreichisches Waldforschungszentrum. <http://bfw.ac.at/publ/neu/berichte95/mueller.html> (15.11.05)
- MÜLLER-SÄMANN, K. M.; REINHARDT, G.; VETTER, R.; GÄRTNER, S. (2003): Nachwachsende Rohstoffe in Baden-Württemberg: Identifizierung vorteilhafter Produktlinien zur stofflichen Nutzung unter besonderer Berücksichtigung umweltgerechter Anbauverfahren. Forschungsbericht FZKA-BWPLUS. – Institut für umweltgerechte Landbewirtschaftung (IfuL), Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU), Müllheim, Heidelberg
- OECHSNER, H. (2005): Möglichkeiten zur energetischen Verwertung von Landschaftspflegeheu. – *Natur und Landschaft* 80, 426–429
- ÖKO-INSTITUT, FRAUNHOFER INSTITUT UMWELT- SICHERHEITS- UND ENERGIETECHNIK, INSTITUT FÜR ENERGETIK UND UMWELT, INSTITUT FÜR ENERGIE- UND UMWELTFORSCHUNG, INSTITUT FÜR ZUKUNFTSENERGIESYSTEME, INSTITUT FÜR GEOÖKOLOGIE DER TU BRAUNSCHWEIG & LEHRSTUHL FÜR WIRTSCHAFTSLEHRE DES LANDBAUS DER TU MÜNCHEN (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. F&E-Vorhaben. Endbericht. – Öko-Institut, Freiburg, Darmstadt, Berlin

- PERETZKI, F.; MÜLLER, C.; DITTMANN, T. (2005): Düngerfabrik Biogasanlage. – Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 7: 42–44
- POTT, R. (1981): Anthropogene Einflüsse auf Kalkbuchenwälder am Beispiel der Niederholzwirtschaft und anderer extensiver Bewirtschaftungsformen. *Allgemeine Forstzeitschrift* 23: 569–571
- REINHARDT, G. & SCHEURLEN, K. (2004): Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn
- RODE, M.; SCHNEIDER, C.; KETELHAKE, G.; REIßHAUER, D. (2005): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. *BfN-Skripten* 136. – Bundesamt für Naturschutz, Bonn
- RÖHRICHT, C. & RUSCHER, K. (2004): Einsatz nachwachsender Rohstoffpflanzen als landschaftsgestaltendes Element – Feldstreifenanbau auf großen Ackerschlägen. In: SCHOLZ, V. (Hrsg.): *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie*. Bornimer Agrartechnische Berichte 35. 41–52. – Institut für Agrartechnik Bornim, Potsdam
- SCHEFFER, K. (1993): Anbau von Energiepflanzen und ihr Einsatz über Verbrennung oder Vergasung – logistische Anforderungen und ökologische Bewertung. In: FLAIG, H. & MOHR, H. (Hrsg.): *Energie aus Biomasse – eine Chance für die Landwirtschaft*. 84–116. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- SCHNEIDER, U.; GRÜNEWALD, H.; HÜTTL, R. F. (2004): Produktion von Holz auf Neulandstandorten. In: SCHOLZ, V. (Hrsg.): *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie*. Bornimer Agrartechnische Berichte 35. 41–52. – Institut für Agrartechnik Bornim, Potsdam
- SKÄRBÄCK, E. & BECHT, P. (2005): Landscape perspective on energy forests. – *Biomass and Bioenergy* 28: 151–159
- TIMMERMANN, T.; WICHTMANN, W.; SUCCOW, M.; BILLWITZ, K. (Hrsg.) (2003): *Alternative Nutzungsformen für Moorstandorte in Mecklenburg-Vorpommern*. – Greifswalder Geographische Arbeiten 31
- TRINKAUS, P. (1998): Short-rotation forestry: Discussion of 10 Austrian principles from the viewpoint of preservation of environment and nature. – *Biomass and Bioenergy* 15: 109–114
- WATKINS, C. (1993): Forest expansion and nature conservation. In: WATKINS, C. (Hrsg.): *Ecological Effects of Afforestation*. 1–14. – CAB International, Wallingford
- WERNER, A.; HUFNAGEL, J.; GLEMNITZ, M.; WENKEL, K.-O. (2005): Energiepflanzen – Erzeugung nach „Guter fachlicher Praxis der Landwirtschaft“. – *Natur und Landschaft* 80, 430–434
- WICHTMANN, W. & SCHÄFER, A. (2005): Energiegewinnung von ertragsschwachen Ackerstandorten und Niedermooren – standortgerechte Bewirtschaftung zur Offenhaltung der Landschaft in Nordostdeutschland. – *Natur und Landschaft* 80, 421–425
- WICHTMANN, W. & KOPPISCH, D. (1998): Nutzungsalternativen für Niedermoore am Beispiel Nordostdeutschlands. – *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung* 39: 162–168
- ZASKE, J. (2004): Nachhaltige Entwicklung durch nachwachsende Rohstoffe. – *Zwischenruf – Umweltforschung für die politische Praxis* 1: 26–38

