

Bericht

des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung

Technikfolgenabschätzung (TA)

Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort des Ausschusses	5
Zusammenfassung	7
I. Einleitung	17
1. Problemstellung und Zielsetzung	18
2. Vorgehensweise	19
3. Aufbau des Berichts	19
II. Grundlagen der Energiepflanzenutzung	20
1. Bioenergie und Energiepflanzen	20
2. Produktlinien im Technikfeld Bioenergie	23
2.1 Konversion zu Sekundärenergieträgern	23
2.2 Konversion zu Nutzenergie	25
2.3 Nutzung	26
3. Ökologische Bewertungen	27
4. Ökonomische Bewertungen	29
III. Ausbau der Energiepflanzenutzung und (Flächen-) Konkurrenzen	29
1. Entwicklungspfade auf globaler Ebene	30
1.1 Ausgangslage	31
1.2 Ausbauziele für die Energiepflanzenutzung	33
1.3 Szenarien des Millennium Ecosystem Assessments	35

	Seite	
1.4	Landwirtschaft und Energiepflanzennutzung in den MEA-Szenarien	37
1.5	Ergebnisse anderer Szenariestudien	39
1.6	Konkurrenzen und ihre Wirkungen	40
2.	Entwicklungspfade auf nationaler Ebene	44
2.1	Ausgangslage und Vorgehensweise	45
2.2	Ableitung von Rahmendaten aus den MEA-Szenarien	46
2.3	Landwirtschaftlicher Flächenbedarf in den MEA-D-Szenarien	50
2.4	Vergleich mit Business-as-usual-Szenarien	53
2.5	Konkurrenzen und ihre Wirkungen	55
3.	Entwicklungspfade auf regionaler Ebene	57
3.1	Vorgehensweise	57
3.2	Ableitung von Rahmendaten aus den MEA-Szenarien	57
3.3	Regionale Ressourcennutzung in den Szenarien	58
3.4	Konkurrenzen und ihre Wirkungen	63
4.	Fazit	67
IV.	Umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion	70
1.	Energiepflanzen und Anbauverfahren	70
2.	Kritische Punkte des landwirtschaftlichen Anbaus von Energiepflanzen	71
2.1	Boden	71
2.2	Wasser	74
2.3	Luft und Klima	74
2.4	Lebensräume für Flora und Fauna	75
2.5	Landschaftsbild und Erholung	76
2.6	Fazit	77
3.	Ansatzpunkte eines umweltverträglichen Energiepflanzenanbaus	78
3.1	Standortangepasste Maßnahmen	78
3.2	Wahl der Kulturpflanzen	79
3.3	Fruchtfolge	79
3.4	Bodenbearbeitung und Saat	80
3.5	Düngung und Pflanzenschutz	80
3.6	Ernte	81
3.7	Reststoffverwertung	81
3.8	Kurzumtriebsplantagen	81
4.	Exkurs: Klimawandel und Energiepflanzenanbau	82
5.	Fazit	86
V.	Zertifizierung biogener Energieträger	86
1.	Kernelemente und Gestaltungsoptionen für Zertifizierungssysteme	87
2.	EU-Richtlinie und nationale Vorläufersysteme	90
2.1	EU-Richtlinie	90
2.2	Deutschland	91
2.3	Großbritannien	94

	Seite
3. Bestehende Zertifizierungssysteme und internationale Initiativen . . .	95
3.1 Freiwillige Zertifizierungssysteme	95
3.2 Internationale Initiativen	98
4. Problemfelder: Grenzen, Folgen, offene Fragen	99
4.1 Kompatibilität mit Regeln der WTO	99
4.2 Begrenzte Reichweite von Zertifizierungssystemen	100
4.3 Umsetzung der Zertifizierungssysteme	101
4.4 Vermeidung von Verdrängungseffekten	101
5. Vorschläge zur Fortentwicklung und Ausdehnung der Zertifizierung	102
6. Fazit	104
VI. Handlungsoptionen	105
1. Ausbauziele und strategische Ausrichtung der Förderpolitik	106
1.1 Stoffliche oder energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe: kurzfristige gegen langfristige Perspektiven abwägen	106
1.2 Biogene Rest- und Abfallstoffe: unausgeschöpfte Potenziale besser nutzen	107
1.3 Stationäre oder mobile Nutzung: Klimaschutzeffizienz der Energiepflanzenfläche gegen Klimaschutzbeitrag des Verkehrssektors abwägen	108
1.4 Landwirtschaft als Rohstofflieferant oder Bioenergieproduzent	110
1.5 Verhältnis von inländischer Bioenergieerzeugung und Import von Bioenergeträgern gezielt gestalten	111
1.6 Nachhaltige Intensivierung der Agrarproduktion	113
1.7 Biokraftstoffe der nächsten Generation: offene Fragen klären	114
1.8 Ausbauziele und Förderpolitik als Gesamtkonzept gestalten	115
2. Umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion	116
2.1 Dreigliedrige Fruchtfolge	118
2.2 Ausgeglichere Humusbilanz	119
2.3 Weiter gehender Schutz des Dauergrünlands	119
2.4 Bodenschutz durch ganzjährige Bodenbedeckung	120
2.5 Umweltgerechter Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln	121
2.6 Sicherung des Grundwasserstandes	122
2.7 Sicherung der Schutzziele in Schutzgebieten	123
2.8 Stärkung der regionalen Kompetenzen	124
2.9 Anbau von Kurzumtriebsplantagen	124
2.10 Berücksichtigung der Klimawirksamkeit	125
3. Zertifizierung	125
3.1 Implementierung des beschlossenen Zertifizierungssystems	126
3.2 Ausdehnung auf andere Bioenergeträger und die stoffliche Nutzung	127
3.3 Erweiterung der Zertifizierungskriterien	128
3.4 Berücksichtigung von indirekten Landnutzungsänderungen	129
3.5 Erfassung der weltweiten Biomasseproduktion?	130
4. Handlungsperspektiven der Energiepflanzenutzung	132

	Seite
Literatur	135
1. In Auftrag gegebene Gutachten	135
2. Weitere Literatur	135
Anhang	145
1. Tabellenverzeichnis	145
2. Abbildungsverzeichnis	145

Vorwort des Ausschusses

Die nachhaltige Nutzung von Biomasse als Energieträger ist ein wichtiges Ziel der Energie-, Agrar- und Umweltpolitik. Sowohl in der Europäischen Union als auch in Deutschland ist Biomasse aktuell der wichtigste erneuerbare Energieträger mit einem Anteil von rund zwei Dritteln. In den vergangenen Jahren ist der Anbau von Pflanzen speziell für die Energiegewinnung, vor allem die Biokraftstoff- und Biogaserzeugung, in vielen Industrie- und Entwicklungsländern stark ausgedehnt worden.

Dieser sogenannte Energiepflanzenanbau wird seit einiger Zeit intensiv auf politischer, wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Ebene hinsichtlich seiner ökologischen, ökonomischen und sozialen Potenziale und Auswirkungen diskutiert, zum Teil sehr kontrovers. Große Wissenslücken und zahlreiche daraus resultierende Fragen gibt es insbesondere bei der Abschätzung der Folgen einer verstärkten Energiepflanzenutzung für die globale und regionale Nahrungs- und Futtermittelproduktion, die angesichts des nach wie vor ungelösten Welternährungsproblems dringend der Beantwortung harren. Eine zentrale Herausforderung bei der Energiepflanzenproduktion stellt die Umweltverträglichkeit des Anbaus dar, will man die angestrebte Ressourcenschonung nicht konterkarieren. Auch hier bestehen angesichts der unterschiedlichen natürlichen und sozioökonomischen Bedingungen in den Produktionsländern vielfältige offene Fragen und Forschungsbedarf. Eine genuin politische Aufgabe ist die Gewährleistung der Einhaltung umwelt- und sozialverträglicher Produktionsbedingungen von Energiepflanzen, zumindest wenn deren Anbau gezielt gefördert wird. Zu diesem Zweck ist auf EU-Ebene als erster Schritt eine Nachhaltigkeitszertifizierung für flüssige Bioenergieträger beschlossen worden, die derzeit implementiert wird. Eine Weiterentwicklung der bisher etablierten Nachhaltigkeitskriterien sowie eine Ausdehnung auf andere Bioenergieträger und Biomassenutzungsformen sind Aufgaben der nächsten Jahre.

Vor diesem Hintergrund hat der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) mit einer Untersuchung der „Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen“ beauftragt, um die Wissensbasis des Deutschen Bundestages zu den genannten offenen thematischen Fragen und politischen Gestaltungsaufgaben zu vertiefen.

Der hiermit vorgelegte Abschlussbericht des TAB analysiert insbesondere mögliche zukünftige Flächen- und Ressourcennutzungskonkurrenzen der Energiepflanzenproduktion und ihre komplexen Wirkungszusammenhänge in Abhängigkeit u. a. von Ausbauzielen, Förderstrategien, technischen Entwicklungen, globalen Handelsbedingungen, Agrarstruktur und landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsintensität. Dabei werden Szenarien sowohl auf globaler Ebene als auch für Deutschland entwickelt und in ihren Konsequenzen diskutiert. Zwei weitere Schwerpunktthemen sind ein detaillierter Überblick über die Anforderungen an eine umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion sowie eine Analyse der Herausforderungen und Perspektiven der Nachhaltigkeitszertifizierung von Bioenergieträgern. Das breite Spektrum möglicher Handlungsoptionen bei der zukünftigen energetischen Nutzung von pflanzlicher Biomasse wird umfassend dargestellt und analysiert. Zur besseren Einordnung der zahlreichen Handlungsoptionen werden abschließend vier grundsätzliche Handlungsperspektiven für die zukünftige strategische Ausrichtung der Förderpolitik herausgearbeitet.

Der Deutsche Bundestag erhält mit diesem Bericht eine wertvolle Informationsbasis und Anregungen für die weitere Befassung mit diesem wichtigen Themenfeld der Forschungs-, Energie-, Agrar- und Umweltpolitik.

Berlin, den 30. Juni 2010

Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung

Ulla Burchardt, MdB

Ausschussvorsitzende

Dr. Thomas Feist, MdB

Berichterstatter

René Röspel, MdB

Berichterstatter

Prof. Dr. Martin Neumann, MdB

Berichterstatter

Dr. Petra Sitte, MdB

Berichterstatterin

Hans-Josef Fell, MdB

Berichterstatter

Zusammenfassung

Biomasse als Energieträger war in den vergangenen Jahren ein wichtiges politisches Thema und wird es auch in Zukunft bleiben. In der EU sollen bis zum Jahr 2020 20 Prozent des Primärenergiebedarfs durch erneuerbare Energieträger gedeckt werden, um den Ausstoß klimarelevanter Gase und die Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger zu verringern. Biomasse ist sowohl in der Europäischen Union als auch in Deutschland der wichtigste erneuerbare Energieträger mit einem Anteil von rund zwei Dritteln. In den Ausbaustrategien für erneuerbare Energien haben Bioenergieträger eine große Bedeutung. Die Biokraftstoff- und Biogaserzeugung ist in Deutschland in den letzten Jahren aufgrund der staatlichen Förderung stark angestiegen. Dieser Teil der Bioenergie beruht im Wesentlichen auf Energiepflanzenanbau (v. a. Raps u. Mais).

Mit den insbesondere in den Jahren 2007/2008 weltweit stark ansteigenden Nahrungsmittelpreisen wurden allerdings die Ausbauziele für Biokraftstoffe teilweise infrage gestellt. Kontrovers wurde diskutiert, inwieweit die zunehmende Produktion von Biokraftstoffen zu diesem Preisanstieg beigetragen hatte. Ein wichtiges Thema wurde, dass Nahrungsmittel- und Biokraftstoffproduktion um Anbauflächen konkurrieren können. Mit der Finanz- und Wirtschaftskrise sind mittlerweile die Agrarpreise deutlich gefallen, und die Landwirtschaft befindet sich inmitten einer Erlös- und Einkommenskrise, in der Energiepflanzen als Einkommensoption erneut Bedeutung erlangen können.

Ein weiterer Diskussionspunkt ist, in welchem Umfang ambitionierte Ausbauziele zum Import von Bioenergieträgern führen und dadurch in den tropischen Exportländern eine Ausweitung der Anbauflächen auf Kosten von Regenwald auslösen werden. Im Fall einer Regenwaldrodung in großem Umfang würde dies sogar erhöhte Treibhausgasemissionen anstelle ihrer Reduktion bedeuten.

Diese schnellen Wechsel in der öffentlichen Diskussion stellen die wissenschaftliche Politikberatung in diesem Themenfeld vor besondere Herausforderungen. Neben der gründlichen Aufbereitung der Faktenlage ist deshalb vor allem eine sorgsame Auseinandersetzung mit möglichen zukünftigen Entwicklungen erforderlich. Ein zentrales Anliegen des vorliegenden Berichts ist, eine Positionsbestimmung auf Basis des gegenwärtigen Wissensstandes vorzunehmen und die politischen Handlungsmöglichkeiten jenseits tagesaktueller Problemwahrnehmungen auszuloten. Mit der Vorlage des Endberichts wird das TA-Projekt „Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen“ (Kurztitel „Energiepflanzen“) abgeschlossen, das vom Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung am 27. September 2006 beschlossen wurde.

Grundlagen

Unter Energiepflanzen werden landwirtschaftliche Nutzpflanzen verstanden, die mit dem Hauptziel einer Energienutzung angebaut werden. Der bisherige landwirt-

schaftliche Anbau von Energiepflanzen konzentriert sich auf die „traditionellen“ Kulturarten und -sorten der Nahrungs- und Futtermittelproduktion (z. B. Raps für Biodiesel). An Energiepflanzen werden aber andere Anforderungen (z. B. hohe Anteile an energetisch nutzbaren Inhaltsstoffen) als an Nahrungs- und Futtermittelpflanzen gestellt. Es wird deshalb versucht, spezielle Energiepflanzenarten aus „traditionellen“ Kulturpflanzen zu züchten (z. B. Energiemaissorten für Biogasanlagen). Unter „alternativen“ Energiepflanzen werden neue oder bisher nur marginal in Deutschland und Europa angebaute Nutzpflanzen verstanden wie z. B. Miscanthus.

Die Energiepflanzen können vollständig oder teilweise energetisch genutzt werden. Bei der Teilpflanzennutzung werden nur die Saaten (z. B. bei Raps, Getreide), Rüben (z. B. bei Zuckerrüben), Stängel (z. B. bei Zuckerrohr) oder Knollen (z. B. bei Kartoffeln) energetisch verwertet. Bei der Ganzpflanzennutzung wird die gesamte aufwachsende Biomasse genutzt.

Ziel des Energiepflanzenanbaus ist die Gewinnung von Wärme, elektrischer Energie sowie Biokraftstoffen. Von den Energiepflanzen auf dem Acker bis zur nutzbaren Energie ist es ein weiter Weg mit verschiedenen Prozessschritten, und dabei kommen verschiedene Nutzungspfade zum Einsatz bzw. stehen zur Verfügung. Grundsätzliche Alternativen sind

- die direkte Nutzung (Verbrennung, Vergasung) fester Bioenergieträger,
- die Umwandlung in flüssige Bioenergieträger der sogenannten 1. (Pflanzenöl, Bioethanol) und 2. Generation (Biomass-to-Liquid-Kraftstoffe),
- die Umwandlung in gasförmige Bioenergieträger (Biogas, Synthesegas, Wasserstoff).

Insgesamt ist das Technikfeld Bioenergie sehr komplex. Neben etablierten Technologien befinden sich einige Nutzungspfade und ihre Technologien noch in der Entwicklung.

Ausbau der Energiepflanzenutzung und (Flächen-) Konkurrenzen

Die zukünftige Entwicklung von Nutzungskonkurrenzen zwischen der Energiepflanzenerzeugung auf der einen Seite und der Nahrungs- und Futtermittelproduktion sowie der Erhaltung natürlicher Ökosysteme auf der anderen Seite ist in komplexer Weise von zahlreichen sozioökonomischen Rahmenbedingungen abhängig. Politisch festgelegte Ausbauziele und Förderstrategien zu Bioenergie und Energiepflanzenutzung sind dabei nur ein Faktor unter vielen. Da zukünftige sozioökonomische Entwicklungen und politische Gestaltungen nicht vorhersagbar sind, wurde der mögliche Entwicklungsspielraum mittels Szenarien analysiert.

Globale Ebene

Auf globaler Ebene wurden dabei die globalen Szenarien des Millennium Ecosystem Assessments (MEA-Studie)

der Vereinten Nationen, die grundsätzliche Entwicklungsrichtungen im Hinblick auf Globalisierung oder Regionalisierung sowie proaktives oder reaktives Umweltmanagement beinhalten, ausgewertet und mit den Ergebnissen anderer wichtiger globaler Szenarienstudien verglichen. Die MEA-Szenarien liefern eine Beschreibung der denkbaren zukünftigen globalen ökonomischen, gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen. Das Millennium Ecosystem Assessment wurde von 2001 bis 2005 von über 1 300 Wissenschaftlern aus 95 Ländern erarbeitet und stellt die umfassendste Zustands-, Trend- und Szenarioanalyse in Bezug auf Ökosysteme dar.

In den nächsten Jahrzehnten wird es voraussichtlich zu einer Ausweitung des Anbaulandes (Ackerland und Dauerkulturen) kommen. Eine wichtige Ursache für die Erschließung neuer landwirtschaftlicher Flächen ist die steigende Nahrungsmittelnachfrage, bedingt insbesondere durch die wachsende Weltbevölkerung. Die Zunahme der landwirtschaftlichen Fläche ist u. a. mit bedeutenden Verlusten an Biodiversität in artenreichen Ökosystemen und relevanten Freisetzungen von Treibhausgasen verbunden. In Abhängigkeit von den sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen wird diese Ausweitung des Anbaulandes allerdings unterschiedlich stark ausfallen.

Die globale Finanz- und Wirtschaftskrise hat u. a. zu deutlich sinkenden Agrarpreisen und zu einer Einkommenskrise in der Landwirtschaft geführt. Nur wenn diese Situation schnell überwunden wird und dann eine Entwicklung mit starkem ökonomischen Wachstum und hohen Investitionen im Agrarsektor eintritt (wie im MEA-Szenario „Global Orchestration“), kann auch eine deutliche Steigerung der landwirtschaftlichen Flächenproduktivität erwartet werden. Mit Wirtschaftswachstum verbundene steigende Einkommen bedeuten allerdings gleichzeitig einen zunehmenden Konsum tierischer Nahrungsmittel mit entsprechendem Flächenbedarf für die Futtermittelproduktion. Trotzdem wird unter diesen Bedingungen erwartet, dass in der Summe der Druck zur landwirtschaftlichen Flächenausdehnung relativ gering bleibt. Somit bleibt auch Spielraum zum Ausbau der Energiepflanzennutzung.

Unterschiedliche Einschätzungen findet man allerdings in verschiedenen Szenarienstudien zu der Frage, inwieweit eine Entwicklung mit deutlich steigenden Energiepreisen – wie sie bei einer raschen Erholung der Weltwirtschaft und hohem gesamtwirtschaftlichen Wachstum zu erwarten sind – zur Wirtschaftlichkeit der Energiepflanzennutzung führen wird. Während das Szenario einer wirtschaftlichen Liberalisierung in der MEA-Studie von einer marktgetriebenen Ausweitung des Energiepflanzenanbaus ausgeht, unterstellt das entsprechende Szenario im Global Environment Outlook Report 4 (GEO4) von UNEP (United Nation Environment Programme) trotz steigender Energiepreise keine deutlich zunehmende Wirtschaftlichkeit des Energiepflanzenanbaus. Eine starke globale Ausweitung des Energiepflanzenanbaus aufgrund zunehmender Wirtschaftlichkeit ohne zusätzli-

che Förderung aus klimapolitischen oder sonstigen Motiven ist daher unsicher.

Ein länger anhaltender Einbruch der Weltwirtschaft oder zunehmende protektionistische Maßnahmen, wie sie im Zuge des Nahrungsmittelpreisanstiegs 2007/2008 und auch während des folgenden Preisverfalls zu beobachten waren, könnten zu einer Entwicklung mit einer stärkeren Abschottung der Wirtschaftsräume führen. Bei einem solchen globalen Entwicklungsweg (wie im MEA-Szenario „Order from Strength“), der mit geringerem Wirtschaftswachstum und einem niedrigeren Investitionsniveau im Agrarsektor einhergehen würde, werden nur schwache Ertragszuwächse erwartet. Gleichzeitig ist von einem hohen Bevölkerungswachstum auszugehen, bedingt durch den geringen Wohlstandszuwachs. Im Szenarienvergleich wird als Folge die stärkste Ausweitung der landwirtschaftlichen Flächen angenommen, insbesondere auf Kosten von Waldflächen in Entwicklungs- und Schwellenländern. Ein Ausbau der Energiepflanzennutzung würde hier die Nutzungskonkurrenzen besonders verschärfen.

Ein starker Ausbau der Energiepflanzennutzung ist jedoch nicht automatisch mit einer besonders hohen Anbauflächenausweitung verbunden. Im Rahmen einer weltweit verfolgten ambitionierten Klimaschutzpolitik ist ein deutlicher Ausbau der Energiepflanzennutzung möglich (wie im MEA-Szenario „TechnoGarden“ beschrieben), wenn eine hohe Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge und der Effizienz von Konversionsverfahren einschließlich der Entwicklung hocheffizienter Energiepflanzennutzungen gewährleistet werden können.

Die MEA-Szenarien zeigen auf, dass die pro Kopf der Weltbevölkerung zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Anbaufläche von derzeit rund 0,25 ha auf etwa 0,2 ha im Jahr 2050 zurückgehen wird. Allein um die Welternährung zu sichern und möglichst zu verbessern, wird daher eine erhebliche Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge in den nächsten Jahrzehnten nötig werden.

Die Entwicklung der Flächenproduktivität auf globaler Ebene ist deshalb eine entscheidende Größe, die den Spielraum für eine zunehmende Energiepflanzennutzung bestimmt, ohne dass Nutzungskonkurrenzen zusätzlich verschärft werden. Die Abschätzung der zukünftig erzielbaren Ertragssteigerungen ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Dies wird noch dadurch verstärkt, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf die global verfügbaren Anbauflächen und die zukünftige Ertragsentwicklung einen bedeutenden Unsicherheitsfaktor darstellen.

Es gibt nur wenige Untersuchungen, die den Beitrag der steigenden Biokraftstoffherzeugung zum Anstieg der Weltmarktpreise für Agrarprodukte und Nahrungsmittel in den letzten Jahren untersuchen, und diese kommen zu sehr unterschiedlichen Einschätzungen. Grundsätzlich gilt, dass nur ein kleiner Teil der Weltagrarproduktion international gehandelt wird; daher können sich auch begrenzte Einschränkungen des Angebots (z. B. durch Ernteausfälle infolge Trockenheit) und Steigerungen der Nachfrage

(z. B. durch Einkommenszuwächse in Schwellenländern) relativ stark auf die Weltmarktpreise auswirken. Wenn durch politische Rahmensetzungen der Ausbau der Energiepflanzennutzung schneller erfolgt, als freie Produktionskapazitäten bereitstehen, dann kann dies zum Preisanstieg beitragen, ohne dass die genaue Größenordnung quantifiziert werden kann.

Nationale Ebene

Für Deutschland wurden aus den globalen MEA-Szenarien Annahmen zur Ausgestaltung entsprechender Szenarien (MEA-D-Szenarien) abgeleitet, um die zukünftige Entwicklung von Konkurrenzen auf nationaler Ebene zu analysieren. Im Mittelpunkt stehen dabei Annahmen zur Energiepflanzennutzung in Deutschland im Jahr 2020, differenziert nach Biokraftstoffen und Energiepflanzen zur Strom- und Wärmegegewinnung.

Die MEA-D-Szenarien zeigen, dass sich zukünftig die Flächenkonkurrenz sowohl verstärken als auch abschwächen kann, in Abhängigkeit von der Ausbaustrategie zur Energiepflanzennutzung und den allgemeinen Rahmenbedingungen. Eine Fortsetzung des Trends der letzten Jahre bei der Energiepflanzennutzung und insbesondere die vorgesehenen Quoten für Biokraftstoffe würden allerdings zu einer spürbaren Erhöhung des weltweiten Flächenbedarfs pro Person für Deutschland (für den inländischen Verbrauch landwirtschaftlicher Waren) führen, während gleichzeitig global die landwirtschaftliche Fläche pro Person abnimmt. Der weltweite Flächenbedarf Deutschlands ergibt sich aus den landwirtschaftlichen Flächen für den Energiepflanzenanbau, für den Anbau nachwachsender Rohstoffe und für den Anbau von Nahrungsmitteln in Deutschland sowie im Ausland für den Nettoimport (d. h. Import minus Export) landwirtschaftlicher Güter. Beim Flächenbedarf Deutschlands werden damit beispielsweise die landwirtschaftlichen Flächen für den Anbau importierter Futtermittel berücksichtigt.

Hohe Ertragssteigerungen bei Nahrungs- und Futtermitteln führen zu mehr verfügbarer Fläche für den Energiepflanzenanbau und verringern den Konkurrenzdruck. Hohe Ertragssteigerungen bei Energiepflanzen ermöglichen einen höheren Beitrag zur Energieversorgung bei gleicher Fläche. Die Ertragsentwicklung ist von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung und den Investitionen im Sektor Landwirtschaft abhängig, kann aber zumindest teilweise auch durch forschungspolitische Förderung von Züchtung und landwirtschaftlichen Produktionstechniken und -systemen unterstützt werden.

Die zukünftige politische Gestaltung des Außenschutzes bei Bioenergeträgern entscheidet mit darüber, in welchem Umfang zukünftig Bioenergeträger importiert werden, da insbesondere Biokraftstoffe aus tropischen Ländern (Bioethanol aus Zuckerrohr, Biodiesel aus Palmöl) mit geringeren Kosten erzeugt werden können als in Deutschland. Einerseits führen hohe Importanteile aufgrund der höheren Flächenproduktivität zu einem geringen Flächenbedarf (MEA-D-Szenarien „Global Orchestration“ und „TechnoGarden“), andererseits stammen sie aus Regionen, wo natürliche Ökosysteme (insbesondere

Regenwälder) schon bisher durch die Lebens- und Futtermittelerzeugung unter erheblichem Druck stehen.

Rahmenbedingungen, die eine Konzentration auf den Energiepflanzenanbau in Deutschland bewirken, lösen nicht automatisch das Problem der Flächenkonkurrenz. Wenn die zukünftigen Ertragssteigerungen niedrig ausfallen und gleichzeitig hohe Ausbauziele für die Energiepflanzennutzung festgelegt werden, führt dies zu einer Verdrängung eines Teils des Nahrungsmittelanbaus ins Ausland und damit indirekt zu einer Verschärfung der Flächenkonkurrenz auf globaler Ebene (MEA-D-Szenario „Order from Strength“). Ehrgeizige Ausbauziele könnten sich aus der Zielsetzung ableiten, die Abhängigkeit vom Import fossiler Energieträger zu verringern. Das Dilemma ist, dass gleichzeitig die für den Energiepflanzenanbau verfügbaren landwirtschaftlichen Flächen begrenzt sind. Deshalb sind unter diesen Bedingungen die Risiken einer „Übersteuerung“ bei den Ausbauzielen besonders groß.

Die Gestaltung der deutschen Förderpolitik entscheidet mit, welche Produktlinien der Energiepflanzennutzung zukünftig genutzt werden. Die verschiedenen Produktlinien unterscheiden sich in ihrem Flächenbedarf und dadurch, ob sie auf eine inländische Erzeugung (wie z. B. bei Biogas) angewiesen sind. Die Szenarien mit einer stärkeren Gewichtung der Strom- und Wärmeherzeugung aus Energiepflanzen schneiden hinsichtlich der Konkurrenzentwicklung besser ab als die Szenarien mit einem Schwerpunkt auf Biokraftstoffen. Die zusätzlich diskutierten Business-as-usual-Szenarien für Deutschland, die die Anfang 2008 gegebenen ökonomischen und politischen Rahmenbedingungen (zur Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen und Energiepflanzen) abbilden und hohe Biokraftstoffquoten umfassen, führen zu einer deutlichen Verschärfung der Flächenkonkurrenz.

In einigen Szenarien ist ein zunehmender – bis 2020 allerdings noch begrenzter – Anteil von Biokraftstoffen der sogenannten 2. Generation unterstellt worden. In Abhängigkeit von den benutzten Modellen wird weiterhin eine BtL-Erzeugung aus Energiepflanzen (z. B. schnellwachsende Baumarten) bzw. aus Stroh (bei den regionalen Szenarien) angenommen. Ersteres würde die Flächenkonkurrenz abmildern, letzteres keine Konkurrenz um Flächen bedeuten.

Entscheidenden Einfluss auf die Flächenkonkurrenz hat die Gesamthöhe der Ausbauziele, also die Summe der zukünftigen Energiepflanzennutzungen für Strom, Wärme und Kraftstoffe. Es ist also eine integrierte Betrachtung notwendig. Begrenzte Ausbauziele für die Energiepflanzennutzung tragen, in Abhängigkeit von den sonstigen Rahmenbedingungen, zu einem gleichbleibenden bzw. deutlich abnehmenden globalen Flächenbedarf Deutschlands bei (MEA-D-Szenarien „Adapting Mosaic“ bzw. „Global Orchestration“). Unter günstigen Voraussetzungen sind auch ambitionierte Ausbauziele möglich (MEA-D-Szenario „TechnoGarden“), ohne die Flächenkonkurrenz zu verschärfen. Neben der Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion sind auch zukünftige Wettbewerbssituatio-

nen zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu beachten.

Regionale Ebene

Schließlich wurden regionale Flächen- und Ressourcennutzungskonkurrenzen und die entsprechenden Wirkungszusammenhänge analysiert, indem die vier globalen MEA-Szenarien zur Ableitung von Annahmen für ein regionales Ressourcennutzungsmodell (MEA-R-Szenarien) genutzt wurden. Dabei wurden drei Regionen (Region mit intensivem Ackerbau, Region mit Verbundbetrieben, Region mit intensiver Tierhaltung) betrachtet.

Auf regionaler Ebene bestehen zwischen den Agrarstandorten und Produktionsschwerpunkten deutliche Unterschiede. Die Szenarien, und damit die diesen zugrundeliegenden unterschiedlichen politischen Konzepte der Energiepflanzenförderung, führen in den untersuchten Regionen zu verschiedenen Entwicklungen der Energiepflanzenutzung. Während beispielsweise einige Regionen (z. B. Ackerbauregionen) tendenziell besser bei global orientierten Entwicklungen (MEA-R-Szenarien „Global Orchestration“ und „TechnoGarden“) abschneiden, ist für andere Regionen (z. B. mit intensiver Tierhaltung) eine regional angepasste Entwicklung (MEA-R-Szenario „Adapting Mosaic“) von Vorteil.

Die regionalen Analysen kommen zum Ergebnis, dass die Strom- und Wärmeerzeugung (aus Biogas) unter verschiedenen Rahmenbedingungen in allen Regionen in den nächsten Jahrzehnten ausgebaut werden wird, teilweise erheblich. Eine Ausnahme bilden nur Rahmenbedingungen mit einer internationalen Abgrenzung von Wirtschaftsräumen (MEA-R-Szenario „Order from Strength“), wo es an Konkurrenzfähigkeit gegenüber der Nahrungsmittelproduktion mangelt und deshalb kein weiterer Ausbau erfolgt.

Bei den Biokraftstoffen der sogenannten 1. Generation (Biodiesel und Bioethanol) ist die zukünftige Entwicklung in den Regionen und den Szenarien sehr uneinheitlich und beinhaltet teilweise einen Ausbau, teilweise auch eine Reduktion bis hin zur völligen Aufgabe. Beispielsweise wird nach den Szenarienanalysen in der Region mit intensiver Tierhaltung im MEA-R-Szenario „TechnoGarden“ (im Zieljahr 2050) die geringe Biodieselbereitstellung vollständig eingestellt und stattdessen die Biogaserzeugung erheblich ausgebaut. Dagegen wird erwartet, dass die Erzeugung von Bioethanol unter den Bedingungen des MEA-R-Szenarios „Adapting Mosaic“ gute Chancen hat in zwei Regionen (Region mit intensivem Ackerbau und Region mit Verbundbetrieben).

Die Erzeugung von Biokraftstoffen der sogenannten 2. Generation hat unter allen betrachteten Rahmenbedingungen in Regionen mit intensivem Ackerbau gute Chancen, wenn sie auf der Nutzung von Stroh beruht. Bei den Regionen mit Verbundbetrieben und mit intensiver Tierhaltung gilt dies nicht für alle Szenarien. Inwieweit diese Potenziale realisiert werden können, hängt davon ab, wann die entsprechenden BtL-Technologien kommerziell verfügbar sind und ob Stroh als Rohstoffbasis technolo-

gisch nutzbar ist, was in den Szenarien angenommen wurde.

Nutzungskonkurrenzen bestehen nicht nur um Flächen, sondern auch um landwirtschaftliche Nutzungsansprüche an die Umwelt. Umweltwirkungen der Landbewirtschaftung sind vor allem in den Bereichen Wasser, Nährstoffe, Emissionen, sowie Vielfalt und Stabilität von Ökosystemen relevant. Diese Konkurrenzbeziehungen bestehen bei der Verwendung der Biomasse für Lebensmittel, für stoffliche Nutzungsmöglichkeiten und für die energetischen Nutzungswege. Für alle Regionen gilt, dass eine Abnahme der Flächenkonkurrenz durch Energiepflanzenutzung mit der Nahrungsmittelerzeugung (in den MEA-R-Szenarien „Global Orchestration“ und „Order from Strength“) gleichzeitig zu einer Verschlechterung bei verschiedenen Umweltindikatoren führt, also die Nutzungskonkurrenz mit Umweltgütern verschärft. Wenn also auf globaler und nationaler Ebene eine reaktive Umweltpolitik vorherrscht, dann müssen auf regionaler Ebene die negativen Folgewirkungen für die Umwelt besonders berücksichtigt und präventive Maßnahmen ergriffen werden. Unter diesen Bedingungen gewinnt die umweltverträgliche Gestaltung des Energiepflanzenanbaus wie der landwirtschaftlichen Produktion insgesamt besondere Wichtigkeit.

Ein weiteres Beispiel regionaler Differenzierung sind die Risiken eines Humusabbaus. Die Strohnutzung ist in einigen Regionen sinnvoll, da die Humusbilanz positiv ausfällt, während sie in anderen Regionen zu negativen Humusbilanzen führen kann. Insbesondere in der Region mit Verbundbetrieben stellt sich die Situation bei der Humus-situation sowohl bei der Istsituation als auch bei unterschiedlichen zukünftigen Entwicklungen (in allen Szenarien) kritisch dar.

Einzelne regionale Nutzungssysteme, die Synergien zwischen den Ressourcen ermöglichen und die regulierenden Leistungen der Ökosysteme berücksichtigen, können teilweise sogar die Konkurrenzen insgesamt abschwächen (beispielsweise die Region mit intensivem Ackerbau im MEA-R-Szenario „TechnoGarden“). Das heißt umgekehrt, dass selbst eine Verringerung der Konkurrenz zwischen Nahrungsmittelerzeugung und Bioenergiegewinnung nicht zwangsläufig zu einer Verstärkung der unerwünschten Umweltwirkungen führen muss.

Die unterschiedlichen naturräumlichen Gegebenheiten, Produktionsschwerpunkte und Energiepflanzenutzung in den Regionen erschweren eine einheitliche nationale Politik und erfordern regional angepasste Politiken, Förderungen und Projekte. Eine zentrale Frage aus regionaler Sicht ist dabei, wie und inwieweit sich die Regionen unabhängig von globalen und europäischen Rahmenbedingungen entwickeln und eine angepasste Energiepflanzenutzung bei unsicheren Rahmenbedingungen sicherstellen können.

Unabhängig von den regionalen Unterschieden sind die Nutzung von Kuppelprodukten und die Kaskadennutzung zu bevorzugen, also die Erzeugung von Bioenergie aus Abfall- und Reststoffen. Sie lösen keine Flächenkonkur-

renzen aus und können außerdem zur Abmilderung von Nutzungskonkurrenzen mit Umweltgütern beitragen. Ein eingeführtes Instrument in diesem Sinne ist beispielsweise der Güllebonus im EEG.

Umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion

Die Substitution fossiler Energieträger durch Biomasse soll zu einer klima- und umweltverträglicheren Gestaltung der Energieversorgung beitragen. Je nach Kulturpflanze, Anbauverfahren und Standort kann der Anbau von Energiepflanzen jedoch auch mit negativen Umweltauswirkungen verbunden sein. Der Energiepflanzenanbau und seine flächenspezifischen Umweltauswirkungen unterscheiden sich dabei nicht grundlegend vom Nahrungs- und Futtermittelanbau, wenn – was bisher häufig der Fall ist – identische Kulturen und Anbauverfahren eingesetzt werden.

Untersucht wurde, wie sich der Anbau von Energiepflanzen auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Luft/Klima, Tiere/Pflanzen und Landschaftsbild/Erholung auswirkt und in welchen Bereichen es zu energiepflanzen-spezifischen Beeinträchtigungen kommen kann. Darauf aufbauend wurden Ansatzpunkte für einen umweltverträglichen Energiepflanzenanbau entwickelt.

Die zusätzliche Nachfrage nach Energiepflanzen hat zu einer Ausdehnung der bewirtschafteten Fläche insgesamt und zum Anbau von Kulturen auf Flächen und in Regionen, die bislang nicht für den Anbau dieser Pflanzen genutzt wurden, beigetragen. Im Jahr 2009 wurden in Deutschland auf rund 17 Prozent der Ackerfläche Energiepflanzen angebaut. Umweltrelevant ist jedoch nicht in erster Linie dieser relativ hohe Flächenanteil, sondern vor allem die geringe Anzahl an Energiepflanzenarten, die bisher auf dieser Fläche angebaut werden: Auf Raps entfallen 55 Prozent der Energiepflanzenanbaufläche, auf Mais 30 Prozent und auf Zuckerrüben und Getreide 13 Prozent. Neben diesen Verschiebungen bei den Flächenanteilen der jeweiligen Kulturpflanzen kann es auch zum Anbau neuer Pflanzenarten und -sorten kommen. Sofern es sich dabei um nichtinvasive, einheimische Arten handelt, geht damit eine positive Erweiterung der Fruchtfolge einher.

Die Wirkung von Energiepflanzen auf die verschiedenen Schutzgüter (Boden, Wasser, Luft/Klima, Tiere/Pflanzen, Landschaftsbild/Erholung) wird maßgeblich durch die standortspezifischen Empfindlichkeiten des Naturhaushalts und die räumliche Ausprägung des Anbaus bestimmt. Aussagen zu größeren räumlichen Ausschnitten wie Regionen oder Bundesländern können nur die „Eintrittswahrscheinlichkeit“ von Wirkungen vieler Bewirtschaftungsfaktoren darstellen und bleiben ungenau. Kulturen und Anbauverfahren, die nicht den Empfindlichkeiten des Standortes gerecht werden, können zu einer Beeinträchtigung der Schutzgüter führen.

Ein umweltverträglicher Anbau von Energiepflanzen könnte auf der Grundlage der verfügbaren Erkenntnisse, fachrechtlicher Regelwerke, Verfahren und Techniken realisiert werden. Jedoch müsste diese Basis an die Auswei-

tung des Energiepflanzenanbaus angepasst werden. Dies betrifft insbesondere die Herausforderungen bei der Lagerung und Ausbringung von Gärrückständen sowie bei der Überwachung von Nährstoffströmen beim Anbau von Energiepflanzen für Biogasanlagen.

Ein erheblicher Teil der mit dem Anbau von Energiepflanzen verbundenen Umweltprobleme ließe sich mildern oder auch vermeiden, wenn die pflanzenbaulichen Aktivitäten im Rahmen der Fruchtfolge besser aufeinander abgestimmt und bezogen würden. Bei der Gestaltung der Energiepflanzenfruchtfolge sollte deshalb eine ausgeglichene Humusbilanz, eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung zur Reduzierung von Nährstoffverlusten und Pflanzenschutzmittelaufwendungen sowie eine Verringerung der Bodenbearbeitung angestrebt werden.

In Abhängigkeit von der vorherigen Flächennutzung kann ein standortangepasster Anbau mehrjähriger Energiepflanzen positive Auswirkungen auf den Boden, den Wasserhaushalt und die Artenvielfalt haben. Insbesondere Kurzumtriebsplantagen weisen im Vergleich zu einjährigen Kulturen eine höhere Stabilität, Elastizität und Resilienz gegenüber Witterungsextremen und Klimaänderungen auf.

Zertifizierung biogener Energieträger

In den Jahren 2006 und 2007 mehrten sich die Stimmen, dass die verstärkte Förderung des Biokraftstoffeinsatzes in den Industrieländern die Gefahr negativer ökologischer und sozioökonomischer Konsequenzen in Exportländern des Südens heraufbeschwören würde. Seitens der Politik setzte sich in Europa das Konzept der Festlegung von Nachhaltigkeitskriterien mit verpflichtender Zertifizierung durch. Mehrere EU-Mitgliedstaaten (insbesondere Deutschland, Großbritannien und die Niederlande) trieben die Entwicklung von Nachhaltigkeitsstandards und Zertifizierungssystemen intensiv voran. Im Januar 2008 legte die Europäische Kommission einen Vorschlag für eine Richtlinie zur Förderung von erneuerbaren Energien vor, die verpflichtende Nachhaltigkeitsanforderungen an flüssige Bioenergieträger für den Verkehrsbereich und den Einsatz in Kraftwerken zur Strom- und Wärmeergänzung enthielt. Nach Beschluss durch das Europäische Parlament und den Europäischen Rat ist sie seit Juni 2009 in Kraft und muss von den Mitgliedsländern bis Ende 2010 in nationales Recht umgesetzt werden.

Entsprechend der Richtlinie muss die Nutzung flüssiger Biokraft- und Biobrennstoffe (gegenüber fossilen Referenzkraftstoffen) zu einer Treibhausgasreduzierung von mindestens 35 Prozent führen, ab 2017 von 50 Prozent und für Neuanlagen (nach 2017) von 60 Prozent. In der EU angebaute landwirtschaftliche Rohstoffe zur Herstellung von Biokraftstoffen müssen den umwelt- und landwirtschaftsbezogenen Bestimmungen der Cross-Compliance-Verordnung genügen. Grundsätzlich – und damit auch außerhalb der EU – dürfen die landwirtschaftlichen Rohstoffe nicht auf Flächen produziert werden, die im oder nach Januar 2008 einen anerkannt hohen Wert hinsichtlich der biologischen Vielfalt hatten. Hierzu zählen von signifikanter menschlicher Tätigkeit unberührter

Wald, für Naturschutzzwecke ausgewiesene Flächen sowie Grünland mit großer biologischer Vielfalt. Außerdem dürfen Rohstoffe nicht auf Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand gewonnen werden, d. h. in Feuchtgebieten und kontinuierlich bewaldeten Gebieten.

Anders als z. B. der deutsche Entwurf einer Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung umfasst die EU-Richtlinie keine expliziten Kriterien für Boden-, Luft- und Wasserschutz außerhalb der EU. Soziale bzw. sozioökonomische Kriterien sind bislang kein Teil der Zertifizierungskriterien. Allerdings ist die EU-Kommission verpflichtet, dem Europäischen Parlament und Rat in Bezug auf relevante Exportländer für Bioenergieträger alle zwei Jahre (zum ersten Mal 2012) über soziale Folgen einer erhöhten Nachfrage nach Biokraftstoff in der Gemeinschaft und in Drittländern zu berichten. Die Kommission soll Korrekturen der EU-Richtlinie vorschlagen, wenn nachweisbar ist, dass sich die Biokraftstoffherstellung in erheblichem Maße auf die Nahrungsmittelpreise auswirkt.

Indirekte Landnutzungsänderungen werden in der Treibhausgasbilanz ebenfalls nicht berücksichtigt. Allerdings muss die EU-Kommission dem Europäischen Parlament und Rat bis Ende 2010 zu dieser Frage einen Bericht vorlegen. Offensichtlich ist, dass keine argumentativ und in ihren Auswirkungen auf die Handelsströme und die Landnutzung hinreichend abgesicherte Methodik zur Einbeziehung des indirekten Effekts einer Landnutzungsänderung in die Treibhausgasbilanzierung zur Verfügung steht. Zur Lösung dieses Problems gibt es verschiedene Vorschläge: Zum einen wird eine Beschränkung des Energiepflanzenanbaus auf ungenutzte Landflächen mit geringer Biodiversität oder auf die Ertragssteigerung bestehender Plantagen und die Nutzung biogener Abfälle als Kriterium der Zertifizierung vorgeschlagen. Zum anderen ist die Integration eines länderabhängigen „risk aders“ im Rahmen der Treibhausgasbilanzierung der Bioenergieträger in die Diskussion gebracht worden.

Über die engere Frage der Energiepflanzenproduktion hinaus weisen Forderungen nach Etablierung einer transparenten und partizipativen Landnutzungsplanung in den Exportländern sowie die Schaffung eines globalen, multilateralen Übereinkommens zum Schutze ökologisch wertvoller Landgebiete bzw. die Etablierung eines globalen Landnutzungsstandards.

Handlungsoptionen

Handlungsoptionen werden zu den Themenbereichen Ausbauziele und strategische Ausrichtung der Förderpolitik, umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion und Zertifizierung identifiziert und diskutiert. Im Folgenden werden Kernaussagen vorgestellt.

Ausbauziele und strategische Ausrichtung der Förderpolitik

Im Mittelpunkt stehen hier grundlegende Richtungsentscheidungen bei der Ausgestaltung der deutschen (und europäischen) Förderpolitik zu Bioenergie und Energie-

pflanzen, die Nutzungskonkurrenzen und Klimaschutzeffizienz entscheidend beeinflussen.

Unstrittig ist, dass der politisch geförderte Ausbau der Bioenergie und insbesondere die Nutzung von Energiepflanzen nicht zu einer Gefährdung der Ernährungssicherheit über die Zunahme von Landnutzungskonkurrenzen führen oder die Zerstörung von Regenwäldern oder anderen naturnahen Ökosystemen auslösen sollen. Auf die Erreichung dieses Ziels kann die politische Gestaltung in verschiedenen Handlungsbereichen Einfluss nehmen:

- Energetische oder stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe – kurzfristige gegen langfristige Perspektiven abwägen: Eine eher langfristige Perspektive ist es, ein breites Spektrum stofflicher, industrieller Nutzungen anzustreben, mit einer energetischen Nutzung erst am Ende des Lebenszyklus der stofflichen Nutzungen. Bei Vorrang einer kurzfristigen (bis mittelfristigen) Perspektive würde dagegen die bevorzugte Förderung der energetischen Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse beibehalten, um landwirtschaftliche Biomaspotenziale nicht ungenutzt zu lassen.
- Biogene Rest- und Abfallstoffe – unausgeschöpfte Potenziale besser nutzen: Um Vorteile wie niedrige CO₂-Vermeidungskosten und günstige Ökobilanzergebnisse zu nutzen, sollte die Bioenergienutzung auf der Basis von biogenen Rest- und Abfallstoffen bei der weiteren Ausgestaltung der Förderinstrumente (z. B. im Rahmen des Marktanreizprogramms) stärker berücksichtigt werden, um die noch nichtausgeschöpften Potenziale besser zu nutzen.
- Stationäre oder mobile Nutzung – Klimaschutzeffizienz der Energiepflanzenfläche gegen Klimaschutzbeitrag des Verkehrssektors abwägen: Wenn das Entscheidungskriterium ist, einen möglichst hohen Beitrag zur regenerativen Energieversorgung von der verfügbaren Fläche und produzierbaren Biomasse zu erreichen, dann sollten dem stationären Bereich eindeutig Priorität eingeräumt und die Förderinstrumente daran ausgerichtet werden. Wenn dagegen trotz der grundsätzlich niedrigeren Wirkungsgrade bei der mobilen Nutzung fossile durch regenerative Kraftstoffe ersetzt werden sollen, dann stehen derzeit nur Biokraftstoffe als Alternative zur Verfügung, sodass in diesem Fall Biokraftstoffe in der Ausbaustrategie berücksichtigt werden sollten.
- Landwirtschaft als Rohstofflieferant oder Bioenergieproduzent: Wenn die Landwirtschaft wesentlich als Rohstofflieferant für Bioenergieträger (ggf. auch im internationalen Wettbewerb) gesehen wird, um einen hohen Klimaschutzbeitrag mit möglichst niedrigen Kosten der Energieträgerproduktion zu erreichen, dann sollten regionalpolitische Ziele für den Energiepflanzenanbau nachrangig sein. Wenn dagegen die Nutzung regionaler Bioenergiepotenziale eine wichtige Rolle spielen soll, dann sollten die Förderinstrumente auf Konversionspfade mit regionaler Rohstoff- und Energiebereitstellung (insbesondere Biogas und Reinkraftstoffe) ausgerichtet werden, sodass günstige

Rahmenbedingungen für regionale Innovationen und Nutzungen geschaffen werden. Wichtig für den Aufbau regionaler Bioenergienutzung sind Förderkontinuität sowie die Schaffung stabiler Innovationsnetzwerke mit Akteuren der regionalen Wertschöpfungsketten.

- Verhältnis von inländischer Bioenergieerzeugung und Import von Bioenergieträgern gezielt gestalten: Wenn die kostengünstigste Erzeugung genutzt werden soll, dann sollte ein Abbau des bestehenden Außenschutzes für Bioenergieträger vorgenommen werden. Eine abgestufte Lösung ist, Marktzugangserleichterungen (z. B. deutliche Zollerleichterungen) nur den Entwicklungs- und Schwellenländern zu gewähren, die Mindeststandards einhalten. Schließlich bestimmen die Höhe der Ausbauziele und die Auswahl von Bioenergielinien, für die ein internationaler Markt von Bioenergieträgern besteht, entscheidend darüber, welche Bedeutung importierte Bioenergieträger erlangen können und ob Fragen des Außenschutzes zu klären sind.
- Nachhaltige Intensivierung der Agrarproduktion: Mit dem Ausbau der landwirtschaftlichen Entwicklungszusammenarbeit und der Unterstützung der internationalen Agrarproduktion sollte zur globalen Erhöhung der Agrarproduktion und der Verhinderung von Flächenkonkurrenzen beigetragen werden. Für die europäische (und deutsche) Landwirtschaft stellt sich die Herausforderung, höhere Erträge bei gleichzeitig geringerem (energieintensivem) Betriebsmitteleinsatz und niedrigeren Klimagasemissionen zu erreichen.
- Biokraftstoffe der nächsten Generation – offene Fragen klären: Da die Konversionsverfahren für Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation sich noch in der Entwicklung und Erprobung befinden, sollten Fragen der Realisierungsaussichten sowie der ökonomischen und ökologischen Vorteilhaftigkeit möglichst frühzeitig geklärt werden.
- Ausbauziele und Förderpolitik als Gesamtkonzept gestalten: Um eine Verschärfung von Konkurrenzen mit der Nahrungsmittelproduktion und stofflichen Nutzungen zu vermeiden, sollten abgestimmte Ausbauziele für die Energiepflanzennutzung in den Nutzungsbereichen Strom, Wärme und Kraftstoffe festgelegt werden. Nur mit einer solchen Gesamtstrategie zur Energiepflanzennutzung können mögliche negative Wirkungen effektiv vermieden werden. Die Festlegung abgestimmter Ausbauziele sollte mit hoher Transparenz erfolgen. Mit einer vorsichtigen bzw. zurückhaltenden Festlegung und flexiblen Anpassung der Ausbauziele sollte der Tatsache Rechnung getragen werden, dass die Abschätzungen zukünftiger deutscher, europäischer und globaler Potenziale für die Energiepflanzenproduktion mit erheblichen Unsicherheiten verbunden und von zahlreichen Einflussfaktoren abhängig sind.

Umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion

Mit der Ausweitung des Energiepflanzenanbaus in Deutschland ergeben sich neue agrarumweltpolitische Herausforderungen. Um eine umweltverträgliche Gestaltung des Energiepflanzenanbaus sicherzustellen, könnten die allgemeinen ordnungsrechtlichen Regelungen zur Landbewirtschaftung angepasst und dem Vollzug eine höhere Bedeutung beigemessen werden. Hierzu bieten sich folgende Handlungsoptionen an:

- Dreigliedrige Fruchtfolge: Da einige Energiepflanzen (z. B. Mais) in engen Fruchtfolgen angebaut werden können, sollte eine mindestens dreigliedrige Fruchtfolge auf Schlagebene in die gute fachliche Praxis aufgenommen werden.
- Ausgeglichene Humusbilanz: Durch einen höheren Anteil humuszehrender Kulturen in der Fruchtfolge, durch den höheren Biomasseertrag bei einer Ganzpflanzennutzung und durch die Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen (z. B. Stroh) kann es im Energiepflanzenanbau zu einem Humusabbau kommen. Deshalb sollte im Durchschnitt von drei Jahren mindestens eine ausgeglichene Humusbilanz verpflichtend werden.
- Weiter gehender Schutz des Dauergrünlands: Eine steigende Nachfrage nach Energiepflanzen kann eine Ausweitung der Ackerfläche zur Folge haben. Der im Rahmen von Cross Compliance mögliche Grünlandumbruch sollte immer einer Genehmigung unterliegen, auch bei einer Verringerung um unter 5 Prozent gegenüber dem Basiswert. Über den Grenzwert von 5 Prozent hinaus sollte der Grünlandumbruch nicht mehr zulässig sein.
- Bodenschutz durch ganzjährige Bodenbedeckung: Um die Erhaltung der Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand zu gewährleisten, sollte eine ganzjährige Bodenbedeckung als verpflichtende Anforderung bei den Cross-Compliance-Regeln aufgenommen werden.
- Umweltgerechter Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln: Der Anbau von Energiepflanzen kann infolge hoher Ertragsziele und der damit verbundenen hohen Aufwendungen an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln den Nähr- und Schadstoffaustrag und die damit verbundenen Umweltrisiken erhöhen. Neben der Weiterentwicklung von umweltverträglicherer Düngung und Pflanzenschutz sollte deshalb der Anbau von Energiepflanzen mit einem geringen Bedarf an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln gefördert werden.
- Sicherung des Grundwasserstandes: Insbesondere Kurzumtriebsplantagen und andere schnell- und hochwüchsige Kulturen können regional den Wasserhaushalt empfindlich beeinträchtigen, indem sie die Grundwasserneubildung durch starke Verdunstung herabsetzen. Deshalb sollten Konzepte entwickelt werden, die der Verringerung des Wasserbedarfs von Energiekulturen, ihrer Anbausysteme und Prozessketten dienen.

- Sicherung der Schutzziele in Schutzgebieten: Die Länder sollten die jeweiligen Schutzgebietsverordnungen im Hinblick auf die veränderten Bedingungen des Energiepflanzenanbaus überprüfen und ggf. anpassen. Das Invasionspotenzial von „alternativen“ Energiepflanzen, die als invasive Neophyten gelten, sollte überprüft und ggf. Anbaubeschränkungen in sensiblen Regionen erlassen werden.
- Stärkung der regionalen Kompetenzen: Das regionale Informationsangebot für Landwirte, das die Besonderheiten des Energiepflanzenanbaus ebenso berücksichtigt wie die regionalen standörtlichen Gegebenheiten, sollte erweitert werden.
- Anbau von Kurzumtriebsplantagen: Der gesetzliche Rahmen für den Anbau von Kurzumtriebsplantagen sollte konkretisiert werden, indem eine klare Abgrenzung des Anbaus schnellwachsender Baumarten von der Forstwirtschaft im Rahmen der Novellierung des Bundeswaldgesetzes vorgenommen und diese möglichst umgehend abgeschlossen werden.
- Berücksichtigung der Klimawirksamkeit: Landbaumaßnahmen und veränderte Energiepflanzenanbauverfahren (Bodenbearbeitungsverfahren, Art und Intensität der Düngung und Bewässerung, usw.) zur Verminderung der Emissionen klimawirksamer Gase (insbesondere von CO₂ und N₂O) sollten entwickelt und Anreizsysteme zur emissionsärmeren Bewirtschaftung, beispielsweise im Rahmen von Agrarumweltprogrammen, geschaffen werden.

Zertifizierung biogener Energieträger

Nachhaltigkeitsstandards und eine verpflichtende Zertifizierung derjenigen Bioenergieträger, die für die Erfüllung politisch vorgegebener Quoten genutzt werden, bzw. für solche, deren Produktion mit öffentlichen Geldern gefördert werden, gelten sowohl für inländisch erzeugte als auch für importierte Bioenergieträger. Neben den vorgesehenen Umweltstandards werden auch sozioökonomische Anforderungen diskutiert. Die politische und administrative Aufgabe der kommenden Jahre besteht zunächst in der nationalen Umsetzung und Implementierung des durch die EU-Richtlinie vorgesehenen Systems und der Gewährleistung der Einhaltung der Vorgaben. Weil dies vermutlich nicht ohne Schwierigkeiten bei der praktischen Umsetzung geschehen und vermutlich ein längerfristiger Prozess sein wird, ergeben sich parallel Handlungsoptionen für eine Weiterentwicklung der EU-Vorgaben im Sinne der Reichweitungsausdehnung.

- Implementierung des beschlossenen Zertifizierungssystems: Die von der EU beschlossene Zertifizierung soll auf den Strukturen freiwilliger Zertifizierungssysteme (z. B. für Holz) aufbauen. Im Zuge der nötigen Anpassung dieser Systeme sollten die bisherigen Erfahrungen aus der Zertifizierung von anderen landwirtschaftlichen Produkten systematisch evaluiert und für eine Verbesserung genutzt werden. Die Zertifizierungsvorgaben sollten schrittweise vereinheitlicht und konkretisiert werden, um eine einheitliche Zertifizie-

rung zu gewährleisten und den Ermessensspielraum der zertifizierenden Unternehmen zu begrenzen. Eine transparente, unabhängige und zuverlässige Verifizierung der Einhaltung der Vorschriften von Zertifizierungssystemen ist die Voraussetzung für die Funktionalität und die Glaubwürdigkeit der Systeme. Deshalb sollte ein wirksames Sanktionierungssystem etabliert werden.

- Ausdehnung auf andere Bioenergieträger und die stoffliche Nutzung: Grundsätzlich liegt eine Angleichung bzw. Ausweitung von Nachhaltigkeitsstandards auf alle Arten von Bioenergieträgern nahe. Solange feste und gasförmige Bioenergieträger nicht in größerem Umfang importiert werden, würde eine solche Zertifizierung nur die inländische bzw. europäische Produktion erfassen. Ein entsprechender Zertifizierungsaufwand wäre nur dann gerechtfertigt, wenn die Nachhaltigkeitsanforderungen über die bestehenden europäischen Standards für die Landwirtschaft hinausgehen bzw. ggf. durch den Energiepflanzenanbau notwendige Anpassung der ordnungsrechtlichen Regelungen ersetzen sollen. Eine Gleichstellung von Biomasse zur stofflichen Nutzung erscheint ebenfalls plausibel, aber eine generelle Zertifizierung für stoffliche Nutzungen dürfte nur im Rahmen der Etablierung eines globalen Biomasseproduktionsstandards praktikabel sein.
- Erweiterung der Zertifizierungskriterien: Aus der Nachhaltigkeitsregelung der EU selbst sowie der Entstehungsgeschichte bzw. ihren Vorgängersystemen ergeben sich vor allem drei Ansatzpunkte für die Fortentwicklung und Erweiterung der Zertifizierungskriterien: Eine konsequente Umsetzung und Auswertung der Berichtspflichten, eine Verschärfung der bestehenden und eine Aufnahme weiterer ökologischer und sozialer bzw. sozioökonomischer Kriterien sowie die (stärkere) Einbindung von zivilgesellschaftlichen Initiativen und Nichtregierungsorganisationen aus den betroffenen Entwicklungsländern.
- Berücksichtigung von indirekten Landnutzungsänderungen: Die Frage der indirekten Landnutzungsänderungen als Zertifizierungskriterium ist der schwierigste Aspekt bei der Entwicklung der Nachhaltigkeitsverordnungen, für den in keinem der existierenden oder vorgeschlagenen Systeme eine Lösung gefunden wurde. Die Einführung eines „risk adders“ sowie die Beschränkung des Energiepflanzenanbaus auf ungenutzte (oder stillgelegte) Landflächen mit geringer Biodiversität als potenzielle Lösungen werden diskutiert.
- Ausweitung auf die weltweite Biomasseproduktion: Insbesondere die Schwierigkeiten, unerwünschte indirekte Effekte eines verstärkten Energiepflanzenanbaus durch die Vorgabe von Nachhaltigkeitsstandards und eine entsprechende verpflichtende Zertifizierung zu verhindern, legen nahe, dass die langfristige Perspektive in der Ausweitung von Nach-

haltigkeitsstandards auf alle Arten von Biomasseproduktion weltweit liegt.

Handlungsperspektiven der Energiepflanzennutzung

In der Gesamtschau lassen sich vier grundsätzliche Ausrichtungen der Energiepflanzennutzung bzw. Handlungsperspektiven bei Ausbauzielen und Förderpolitiken identifizieren und ihnen Schwerpunkte aus den Handlungsfeldern umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion und Zertifizierung zuordnen. Die Handlungsperspektiven sind durch jeweils spezifische Vor- und Nachteile gekennzeichnet.

Handlungsperspektive: Priorität für Biokraftstoffe beibehalten

Im Mittelpunkt steht bei dieser Handlungsperspektive das Festhalten an dem bindenden Ausbauziel von 10 Prozent Biokraftstoffanteil für die EU und dem deutschen Ausbauziel von 12 bis 15 Prozent für Deutschland (jeweils für das Jahr 2020). Dahinter stehen die Zielsetzungen, die Nutzung nichtfossiler Kraftstoffe auszubauen und damit einen Beitrag des Verkehrsbereiches zur Reduktion von Klimagasemissionen zu leisten sowie eine höhere Versorgungssicherheit zu erreichen.

Konsequenz dieser Ausrichtung müsste sein, die Strom- und Wärmeerzeugung auf der Basis von Energiepflanzen in Deutschland mehr oder weniger auf dem heutigen Niveau einzufrieren (bzw. ggf. sogar zurückzuführen), um zusätzliche Flächenkonkurrenzen zu vermeiden. Auch unter günstigen Rahmenbedingungen wird es schwierig werden, den Biokraftstoffanteil im Jahr 2020 größtenteils auf der Basis der deutschen (bzw. europäischen) Produktion von Biokraftstoffen der sogenannten 1. Generation zu erreichen.

Deshalb sind diese Quoten auch unter dem Vorbehalt festgelegt worden, dass im Zieljahr ein merklicher Anteil durch Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation (insbesondere BtL) bereitgestellt werden kann. Damit ist allerdings eine erhebliche Unsicherheit verbunden: Einerseits lässt sich derzeit nicht sicher abschätzen, ob diese Konversionstechnologien bis dahin technologisch ausgereift sind und wirtschaftlich betrieben werden können. Andererseits ist zurzeit unklar, in welchem Umfang Reststoffe genutzt werden können oder Energiepflanzen (z. B. Kurzumtriebsplantagen) als Rohstoffbasis benötigt werden. Nicht auszuschließen ist, dass die Erreichung des Ausbauziels für Biokraftstoffe bei ungenügenden Fortschritten gefährdet sein kann.

Diese Handlungsperspektive wird aufgrund der geringen Energieproduktivität pro Fläche zu einem relativ geringen Beitrag der Bioenergie (bzw. hier der Energiepflanzennutzung) zur Bereitstellung regenerativer Energien führen. Ebenso können nur begrenzte Einsparungen bei den Klimagasemissionen erwartet werden. Die Unsicherheiten bei der Höhe und Klimawirksamkeit von NO_x-Emissionen infolge der Stickstoffdüngung sind bei den Biokraftstoffen der sogenannten 1. Generation von be-

sonderer Bedeutung und können den Klimaschutzbeitrag noch weiter verringern.

Eine Bereitstellung der Biokraftstoffe im Wesentlichen durch inländische (bzw. europäische) Erzeugung würde verhindern, dass der global bestehende Druck zur Ausweitung landwirtschaftlicher Nutzflächen weiter erhöht wird. Dies gilt allerdings nur so lange, wie als Folge der europäischen Biokraftstoffproduktion nicht ein Teil der europäischen Futter- und Nahrungsmittelproduktion ins Ausland verdrängt wird. Eine Ausrichtung auf die europäische Erzeugung von Biokraftstoffen erfordert einen entsprechenden Außenschutz. Dies gilt nicht nur für die Biokraftstoffe der sogenannten 1. Generation, sondern voraussichtlich auch für die Biokraftstoffe der nächsten Generation, weil diese unter Umständen in tropischen Ländern mit großen Holzvorräten billiger produziert werden können. Die Beibehaltung bzw. der Ausbau von Außenschutzregelungen ordnen sich eher in eine globale Entwicklung hin zu einer Abschottung von Wirtschaftsräumen ein, die insgesamt zu einer besonders hohen Ausdehnung landwirtschaftlicher Flächen mit allen ihren Folgen führen würde.

Aus der Konzentration auf Biokraftstoffe aus inländischer Erzeugung ergibt sich, dass von den diskutierten Handlungsoptionen zur umweltverträglichen Energiepflanzenproduktion diejenigen eine besondere Dringlichkeit besitzen, die sich auf den Anbau von Energiepflanzen zur Biokraftstoffherstellung beziehen, beispielsweise zum Schutz des Dauergrünlandes und zum umweltgerechten Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln. Bei dieser Handlungsperspektive hätte die Zertifizierung keine hohe Priorität, wenn sich die Energiepflanzennutzung auf inländische Erzeugung konzentriert und mögliche negative Umweltwirkungen des Energiepflanzenanbaus durch eine Fortschreibung der ordnungsrechtlichen Regelungen zur Landbewirtschaftung verhindert werden. Vorrangige Aufgabe bei der Zertifizierung wäre eine erfolgreiche Implementierung des beschlossenen Zertifizierungssystems.

Handlungsperspektive: Priorität auf Strom- und Wärmeerzeugung aus Energiepflanzen verschieben

Diese Ausrichtung zielt darauf, die landwirtschaftlichen Energiepflanzenpotenziale mit möglichst klimateffizienten Produktlinien zu nutzen. Die Strom- und Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung weist derzeit und auf absehbare Zeit die besseren Einsparpotenziale bei den Treibhausgasemissionen auf. Sie kann beispielsweise auf der Basis von biogenen Festbrennstoffen oder Biogas erfolgen. Außerdem resultiert aus der Ganzpflanzennutzung eine höhere Flächenproduktivität der Energiebereitstellung als bei Biokraftstoffen der sogenannten 1. Generation. Entsprechende Ausbauziele für die Strom- und Wärmerzeugung auf der Basis von Energiepflanzen wären festzulegen und die Förderpolitiken dahingehend anzupassen. Damit ließen sich höhere Anteile der Bioenergie am regenerativen Strom und am gesamten Stromverbrauch erzielen, als in der „Leitstudie 2008“ vorgesehen. Zielsetzung dieser Handlungsperspektive ist, eine möglichst hohe Energieproduktivität pro Fläche, einen re-

lativ hohen Beitrag zur regenerativen Energieversorgung und einen möglichst großen Beitrag zur Vermeidung von Treibhausgasen zu erreichen.

Konsequenz dieser Ausrichtung müsste die stufenweise Zurücknahme der Biokraftstoffquote bis zur ihrer völligen Abschaffung sein. Dies würde eine Änderung der europäischen Festlegungen zum Biokraftstoffanteil verlangen. Außerdem würde dies auf den Widerstand der europäischen Biokraftstoffindustrie stoßen, die sich in den letzten Jahren gerade erst auf der Basis der staatlichen Förderung der Biokraftstoffe entwickelt hat. Eine Kompromisslösung könnte ein Einfrieren der Quote bei den derzeit festgelegten 5,75 Prozent sein, als Vertrauensschutz und zur Ausnutzung der getätigten Investitionen. Eine Zurücknahme der Biokraftstoffförderung würde auch bedeuten, dass verstärkte Anstrengungen bei effizienteren Fahrzeugen und bei neuen Antriebssystemen unternommen werden müssten, um Klimaschutzziele im Verkehrsbereich zu erreichen.

Unsicherheiten bestehen bei dieser Ausrichtung darin, inwieweit ambitionierte Ziele zum Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung erreicht werden können. Diese ist stark an den Ausbau von Nah- und Fernwärmeversorgungen gebunden. Eine Ausrichtung auf die stationäre Nutzung erfordert daher gezielte Maßnahmen, um entsprechende Hemmnisse zu überwinden, da der Vorteil der stationären Nutzung zur Strom- und Wärmeerzeugung an die Kraft-Wärme-Kopplung gebunden ist.

Bei einer Ausrichtung auf die Strom- und Wärmeerzeugung (aus Energiepflanzen) liegt es nahe, auch der Bioenergienutzung auf der Basis von biogenen Rest- und Abfallstoffen Priorität einzuräumen und diese bevorzugt zu fördern. Die energetische Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen bietet die Möglichkeit, zur Vermeidung von Flächenkonkurrenzen beizutragen. Außerdem sind mit ihr weitere Vorteile verbunden wie niedrige CO₂-Vermeidungskosten und günstige Ökobilanzergebnisse, weil die Umweltbelastungen aus der landwirtschaftlichen Biomassebereitstellung wegfallen.

Priorität für die Strom- und Wärmeerzeugung schafft günstige Voraussetzungen für die Nutzung regionaler Bioenergiepotenziale, da in der Regel die benötigte Biomasse nicht über größere Entfernungen transportwürdig ist und daher nicht über internationale Märkte bezogen werden kann. Dies gilt beispielsweise für die Energiepflanzennutzung in Biogasanlagen ebenso wie für die Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe. Außerdem sind hiermit besonders gute Chancen für die Landwirtschaft als Bioenergieproduzent verbunden. Daher würde die hier diskutierte Ausrichtung unterstützt, wenn die Förderung regionaler Innovations- und Netzwerke zu Bioenergie ausgebaut würde.

Von den diskutierten Handlungsoptionen zur umweltverträglichen Energiepflanzenproduktion sind hier insbesondere diejenigen relevant, die sich auf den Anbau von Energiepflanzen zur Strom- und Wärmeerzeugung beziehen. Beispielsweise gilt dies für die Einhaltung mindes-

tens dreigliedriger Fruchtfolgen bei einjährigen Kulturen, um u. a. eine Konzentration des Maisanbaus um Biogasanlagen herum zu verhindern.

Als Alternative oder Ergänzung kommt eine Ausweitung der Zertifizierung auf alle Arten von Bioenergieträgern, also auch feste und gasförmige, infrage, wenn die Nachhaltigkeitsanforderungen über die bestehenden europäischen Standards für die Landwirtschaft hinausgehen bzw. ggf. durch den Energiepflanzenanbau notwendige Anpassungen der ordnungsrechtlichen Regelungen ersetzen sollen.

Handlungsperspektive: Auf die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe umsteuern

Biomasse wird hier als eine zukünftig immer wichtiger werdende Grundlage eines breiten Spektrums stofflicher Nutzungen gesehen. Eine energetische Nutzung soll erst am Ende des Lebenszyklus der stofflichen Nutzungen erfolgen. Kopplungs- und Kaskadennutzungen sollen so weit wie möglich entwickelt und genutzt werden. Zielsetzung dieser Handlungsperspektive ist, eine Alternative für das in Zukunft zunehmend knapp und damit teurer werdende Erdöl als wichtiger Grundstoff der chemischen Industrie und vieler industrieller Anwendungen aufzubauen. Auch aus Klimaschutzgründen soll nach einer alternativen, regenerativen Rohstoffbasis gesucht werden.

Stoffliche Nutzungen nachwachsender Rohstoffe sind heute schon teilweise wirtschaftlich. Unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen ist aber nur ein langsamer Ausbau der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu erwarten. Für einen schnellen Ausbau ist daher eine staatliche Förderung neuer Nutzungsbereiche notwendig. Damit müsste eine Verlagerung der Förderung von der energetischen zur stofflichen Nutzung erfolgen. Mit dem Umbau der Förderpolitik wäre bei dieser Ausrichtung möglichst früh zu beginnen, damit die zukünftig für stoffliche Nutzungen benötigte landwirtschaftliche Biomasse dann zur Verfügung steht und nicht in der Zwischenzeit durch Investitionen und Anlagenkapazitäten für energetische Nutzungen blockiert wird.

Ein starker Ausbau stofflicher Nutzungen wäre auf erhebliche Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen angewiesen. Beispielsweise ist das Konzept der Bioraffinerie noch in einem relativ frühen Entwicklungsstadium. Bei dieser Ausrichtung sollten die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu Konversionstechnologien für Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation möglichst offen angelegt werden, damit diese Technologien ggf. auch für die Bereitstellung von Rohstoffen für die stoffliche Nutzung eingesetzt werden können. Außerdem wäre der Abschätzung der neu erschließbaren Potenziale und Nutzungswege für Kopplungs- und Kaskadennutzungen sowie der Entwicklung entsprechender Forschungs- und Technologiestrategien eine hohe Priorität einzuräumen.

Das Problem bei einer Ausrichtung auf stoffliche Nutzungen ist die sehr große Vielfalt stofflicher Nutzungswege, die noch bedeutend größer ist als bei der energetischen

Nutzung. Dies erschwert es deutlich, zielgerichtete Förderstrategien zu entwickeln. Die Konsequenz einer frühzeitigen Umsteuerung auf stoffliche Nutzungen wäre außerdem, dass kurz- bis mittelfristig Potenziale der Energiepflanzennutzung nicht vollständig ausgeschöpft würden.

Priorität für die stoffliche Nutzung würde bei der Zertifizierung die Dringlichkeit erhöhen, Nachhaltigkeitsstandards für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu entwickeln und diese in Zertifizierungssysteme einzubeziehen. Das Problem ist dabei, dass eine generelle Zertifizierung für stoffliche Nutzungen nur im Rahmen der Etablierung eines globalen Biomasseproduktionsstandards praktikabel sein dürfte.

Handlungsperspektive: Bioenergieträger importieren

Zielsetzung dieser Handlungsperspektive ist, die Energiepflanzennutzung möglichst flächen-, klimaschutz- und kosteneffizient zu gestalten. Aufgrund der höheren Flächenproduktivität und stärkeren Vermeidung von Treibhausgasemissionen sowie der niedrigeren Produktionskosten würden Biokraftstoffquoten im Wesentlichen durch Importe aus tropischen Ländern (z. B. Biodiesel auf der Basis von Palmöl, Bioethanol auf der Basis von Zuckerrohr) erfüllt. Hierfür würden eine Wiederaufnahme und ein erfolgreicher Abschluss der Doha-Runde der WTO-Verhandlungen mit einem entsprechenden Abbau von Außenschutzregelungen im Agrarbereich eine wichtige Rolle spielen. Entsprechend wäre auch der Abbau von Zöllen und Subventionsregelungen für Bioenergieträger in der EU notwendig.

Da der Energiepflanzenanbau in Deutschland bei dieser Handlungsperspektive tendenziell keine große Ausweitung erfahren wird, hat die Weiterentwicklung der ordnungsrechtlichen Regelungen zur Landbewirtschaftung und ihre Anpassung an neue Herausforderungen des Energiepflanzenanbaus keine hohe Priorität. Stattdessen sind Standardsetzungen und Zertifizierung zentrale Elemente dieser Ausrichtung. Sie ist darauf angewiesen, dass eine nachhaltige Erzeugung der Bioenergieträger in Exportländern gewährleistet und das Problem indirekter Landnutzungsänderungen erfolgreich in den Griff bekommen wird. Außerdem würde die Erweiterung der Zertifizierungskriterien (hinsichtlich weiterer ökologischer sowie sozialer bzw. sozioökonomischer Kriterien) an Priorität gewinnen.

Hier liegt auch das größte Risiko dieser Ausrichtung. Die Erfassung indirekter Landnutzungsänderungen mit Zertifizierungssystemen wird durchweg als sehr problematisch beurteilt. Wenn durch den Import von Biokraftstoffen direkt oder indirekt Umwandlungen von Regenwäldern oder Torfböden in landwirtschaftliche Produktionsflächen bewirkt werden, dann kommt es zu erheblichen zusätzlichen Emissionen von Treibhausgasen.

Den Zielsetzungen dieser Handlungsperspektive entspricht es weiterhin, mittelfristig die mengenbezogene Förderung in den einzelnen Nutzungsbereichen auslaufen zu lassen und durch eine möglichst weitgehende Integra-

tion in einen sektorübergreifenden Emissionshandel zu ersetzen, wie dies beispielsweise der Sachverständigenrat für Umweltfragen fordert. Eine Verknüpfung mit der Zertifizierung von Bioenergieträgern besteht darin, dass auch für den Emissionshandel die Reduktion der Klimagasemissionen erfasst und zertifiziert werden muss.

I. Einleitung

In den Jahren 2007/2008 standen weltweit stark gestiegene Nahrungsmittelpreise im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Dabei wurde heftig diskutiert, inwieweit die zunehmende Produktion von Biokraftstoffen zu diesem Preisanstieg beigetragen hatte. Mit der Finanz- und Wirtschaftskrise sind mittlerweile die Agrarpreise deutlich gefallen, und die Landwirtschaft steht inmitten einer Erlös- und Einkommenskrise, in der Energiepflanzen als Einkommensoption erneut Bedeutung erlangen können. Damit hat sich in den letzten beiden Jahren, während dieses Bericht angefertigt wurde, die Diskussion und teilweise auch die Erkenntnislage zur energetischen Nutzung von Biomasse deutlich verändert.

Über Tagesaktualitäten hinaus besteht Konsens, dass Biomasse als Energieträger längerfristig ein wichtiges Thema bleiben wird. Denn mehrere Entwicklungen kommen hier zusammen. Eine Verknappung von Erdöl und Ergas in den nächsten Jahrzehnten und die Erwartung eines längerfristig wieder stark steigenden Ölpreises motivieren die Suche nach alternativen, möglichst erneuerbaren Energieträgern. Die Abhängigkeit Deutschlands von Energieimporten wird zunehmend als Problem empfunden, sodass verstärkt nach „heimischen“ Energieträgern Ausschau gehalten wird. Schließlich folgt aus der als dringlich erkannten Problematik des Klimawandels die Notwendigkeit der Substitution fossiler durch erneuerbare Energieträger. In der Summe hat diese Situation dazu geführt, dass große Hoffnungen in die energetische Nutzung von Biomasse gesetzt wurden und nach wie vor werden. In welcher Weise dies am besten geschehen kann, ist jedoch umstritten.

Zur Verringerung des Ausstoßes klimarelevanter Gase und der Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger hat die EU beschlossen, bis zum Jahr 2020 20 Prozent des Primärenergiebedarfs durch erneuerbare Energieträger zu decken. Biomasse ist sowohl in der Europäischen Union als auch in Deutschland der wichtigste erneuerbare Energieträger mit einem Anteil von rund zwei Dritteln. Ihr wird eine große Bedeutung in den Ausbaustrategien für erneuerbare Energien zugeordnet. Aufgrund der staatlichen Förderung sind in Deutschland die Biokraftstoffherzeugung und die Biogaserzeugung in den letzten Jahren stark angestiegen. Dieser Teil der Bioenergie beruht im Wesentlichen auf Energiepflanzenanbau (v. a. Mais u. Raps). In letzter Zeit sind allerdings einige Pfade der Bioenergienutzung aufgrund der Änderung der Rahmenbedingungen in eine Krise geraten.

Während zunächst weitreichende Hoffnungen in eine starke Ausweitung der Bioenergienutzung gesetzt wurden, wurde in letzter Zeit zunehmend die Befürchtung geäußert, dass durch den Ausbau der Biokraftstoffproduk-

tion die Lebensmittelpreise ebenso wie die Energiepreise steigen würden, weil Nahrungsmittel- und Biokraftstoffproduktion um Anbauflächen konkurrieren. Ein weiterer Diskussionspunkt ist, in welchem Umfang ambitionierte Ausbauziele zum Import von Bioenergieträgern führen und dadurch in den tropischen Exportländern eine Ausweitung der Anbauflächen auf Kosten von Regenwald und anderen natürlichen Ökosystemen wie Savannen und Grasland auslösen werden. Im Fall einer Regenwaldrodung in großem Umfang würde dies sogar erhöhte Treibhausgasemissionen anstelle einer Reduktion bedeuten.

Auf diese Weise ist die energetische Nutzung von Biomasse teilweise geradezu in Verruf geraten. Dieses Umschwenken der öffentlichen Diskussion von sehr hohen Erwartungen hin zu ausgesprochen negativen Einschätzungen stellt die wissenschaftliche Politikberatung in diesem Feld vor besondere Herausforderungen. Erforderlich ist eine sorgsame Auseinandersetzung mit der Faktenslage, aber vor allem auch mit möglichen zukünftigen Entwicklungen, um Gesellschaft und Politik einen „nüchternen“ Blick auf die argumentative Gemengelage zu erlauben und sowohl übermäßige Erwartungen zu vermeiden als auch zu verhindern, dass angesichts kritischer Positionen das „Kind mit dem Bade ausgeschüttet wird“. In diesem Sinne sind eine Positionsbestimmung auf Basis des gegenwärtigen Wissensstandes und die Auslotung politischer Handlungsmöglichkeiten jenseits tagesaktueller Problemwahrnehmungen zentrale Anliegen des vorliegenden Berichts.

Ein Ausbau der Bioenergie- und Energiepflanzennutzung erfolgt aufgrund der bislang mangelnden Wirtschaftlichkeit nicht von selbst, sondern bedarf der politischen Gestaltung. Die verstärkte Nutzung von landwirtschaftlichen Pflanzen als erneuerbare Energieträger ist somit eine wichtige Fragestellung und Herausforderung im Schnittpunkt von Energie-, Umwelt-, Agrar-, Forschungs- und Wirtschaftspolitik. Die Vielfalt möglicher Optionen und Strategien und der damit verbundenen sozioökonomischen und umweltrelevanten Auswirkungen spiegelt sich u. a. in einer großen Zahl bereits vorliegender Studien wie auch laufender Forschungsprojekte wider.

Das TA-Projekt „Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen“ (Kurztitel „Energiepflanzen“) ist vom Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung am 27. September 2006 beschlossen worden, basierend auf insgesamt sieben Themenvorschlägen aus den Fraktionen der CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Die Projektbearbeitung durch das TAB wurde im Dezember 2006 begonnen.

1. Problemstellung und Zielsetzung

Ausgehend von den Themenvorschlägen der Fraktionen und Ausschüsse wurden Fragenkomplexe identifiziert, die nach der Einschätzung des TAB bislang noch vergleichsweise wenig behandelt wurden und politikrelevante Fragestellungen beinhalten:

- Eine differenzierte Bestandsaufnahme und Potenzialanalyse bislang genutzter bzw. potenziell nutzbarer Energiepflanzen (einschließlich der pflanzenzüchterischen Herausforderungen und entsprechenden kon-

ventionellen und gentechnisch ausgerichteten Züchtungsstrategien) und der verwendeten Anbaumethoden mit Blick auf die vielfältigen und heterogenen Anforderungen und Rahmenbedingungen des konkreten landwirtschaftlichen Anbaus.

- Eine Analyse der vorhandenen und der erforderlichen bzw. wünschenswerten Struktur des Anbaus und der Weiterverarbeitung von Energiepflanzen. Sie sollte herausarbeiten, welche Konversionsverfahren besonders geeignet sind, um die energie- und umweltpolitischen Ziele zu erreichen. Hierbei sind insbesondere Aspekte des Handels und Transports von Bioenergie zu berücksichtigen.
- Eine systematische Betrachtung der (insbesondere agrarökonomischen und -ökologischen) Folgedimensionen bestimmter Anbau- und Nutzungsszenarien mit dem Schwerpunkt auf Deutschland. Dazu gehören beispielsweise die Folgen für landwirtschaftliche Produktionsstrukturen und Betriebe sowie Veränderungen der Wertschöpfungsketten; ferner die Auswirkungen auf die Anbaustruktur, das Fruchtartenspektrum, die Bodenfruchtbarkeit und die Humusbilanz sowie auf Wasserhaushalt und Gewässerschutz. Darüber hinaus sind Implikationen für die Erzeugung von Futter- und Nahrungsmitteln und deren Preise zu berücksichtigen.
- Eine Untersuchung der Anbaubedingungen für Energiepflanzen innerhalb und außerhalb Europas und eine Analyse möglicher Konkurrenzbeziehungen.
- Eine Analyse der Ansätze und Möglichkeiten von international verankerten Nachhaltigkeitszertifizierungsmaßnahmen für den Anbau von Energiepflanzen im Besonderen und die Erzeugung von Bioenergie im Allgemeinen unter den Bedingungen globaler Produktion und Distribution.
- Eine Einordnung der Ergebnisse der Potenzial- und Folgenanalysen in den energie-, landwirtschafts- und umweltpolitischen Rahmen. Hiermit verbunden ist die Ausleuchtung zukünftiger Zielkonflikte und Konkurrenzen von Flächen und Nutzungszwecken sowie entsprechender Optionen zur Auflösung solcher Probleme, um die mit einem verstärkten Anbau von Energiepflanzen verbundenen Chancen nutzen zu können.
- Eine Identifikation von Gestaltungsmöglichkeiten eines nachhaltigen Ausbaus der Bioenergieerzeugung aus Energiepflanzen sowie von spezifischem Forschungsbedarf (z. B. Pflanzenzüchtung, Konversion, Begleitforschung).

Das TAB hatte schon vor dem Projekt „Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen“ Teilaspekte zum Bereich „Energiepflanzen“ bearbeitet. Folgende Untersuchungen des TAB sind relevant:

- „Alternative Kulturpflanzen und Anbauverfahren“, 1. Bericht zum TA-Projekt „Moderne Agrartechniken und Produktionsmethoden – ökonomische und ökologische Potenziale“, TAB-Arbeitsbericht Nr. 103 (TAB 2005)

- „Perspektiven eines CO₂- und emissionsarmen Verkehrs – Kraftstoffe und Antriebe im Überblick“, Vorstudie zum TA-Projekt, TAB-Arbeitsbericht Nr. 111 (TAB 2006)
- „Industrielle stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe“, Sachstandsbericht zum Monitoring „Nachwachsende Rohstoffe“, TAB-Arbeitsbericht Nr. 114 (TAB 2007a)

Auf den Ergebnissen dieser Untersuchungen wurde aufgebaut.

2. Vorgehensweise

Aufgrund der Bedeutung der sehr komplexen Thematik und der vielfältigen Anforderungen an das Projekt „Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen“ (Kurztitel: „Energiepflanzen“) wurde eine gestufte Vorgehensweise gewählt.

In der 1. Projektphase stand die Sichtung und vergleichende Auswertung vorliegender Studien im Mittelpunkt, die vom TAB selbst durchgeführt wurden. Damit wurde ein Überblick über den Stand des Wissens, strittige Einschätzungen und offene Fragen gegeben. Ergänzend wurden folgende Gutachten in Auftrag gegeben:

- „Ansätze und Herausforderungen der pflanzenzüchterischen Optimierung von Energiepflanzen – Schwerpunkt schnellwachsende Baumarten“ an Dr. Bernd Degen, Bargteheide (Degen 2007) sowie „Züchtung von Energiepflanzen für die Nutzung spezifischer Inhaltsstoffe und zur Nutzung als Energiequelle aus Ganzpflanzen“ an Dr. Helga Klein, Bonn (Klein/Kesten 2007),
- „Zielvorgaben und Förderpolitik zu Bioenergie (insbesondere Energiepflanzen) im internationalen Vergleich“ an das Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig (IE 2007a).

Die 1. Projektphase diente außerdem dazu, Vorschläge für die Schwerpunktsetzung und vertiefende Analyse in der 2. Projektphase zu entwickeln.

Die Ergebnisse der vergleichenden Studienauswertung, ergänzt um Ergebnisse aus den Gutachten, wurden in dem Bericht „Basisanalysen“ zum TA-Projekt „Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen“ vorgestellt (TAB-Arbeitsbericht Nr. 121; TAB 2007b).

In der 2. Projektphase wurden die Vertiefungsthemen

- Dimensionen einer umweltverträglichen Energiepflanzenproduktion,
- Ausbau der Energiepflanzenutzung und Flächenkonkurrenz national und international sowie
- Zertifizierung biogener Energieträger

bearbeitet. Dazu wurden folgende Gutachten vergeben:

- „Dimensionen einer umweltverträglichen Energiepflanzenproduktion“ an das Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), (Projektleitung), die Fachhochschule Eberswalde (FHE), das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) und das

Institut für Umweltplanung, Leibniz Universität Hannover (IUP) (Aretz et al. 2008),

- „Ausbau der Energiepflanzenutzung und Flächenkonkurrenz national und international“ an das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal (Bringezu/Schütz 2008),
- „Ausbau der Energiepflanzenutzung und regionale Flächenkonkurrenz“ an das Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) und das Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus, Humboldt-Universität zu Berlin (Grundmann/Kimmich 2008),
- Gutachten „Zertifizierung biogener Energieträger“ an Ecofys Germany (Kleßmann/Meyer 2008).

Die vorläufigen Ergebnisse der Gutachten wurden in einem Workshop am 24. April 2008 vorgestellt und mit Abgeordneten des Deutschen Bundestages diskutiert.

Auf der Basis der Gutachten und der Workshopdiskussion ist vom TAB dieser Endbericht erstellt worden; viele Literaturverweise wurden aus den Gutachten übernommen. Eine Kommentierung des Berichtsentwurfes ist durch die Gutachter erfolgt.

Allen Gutachtern sei für die gute Kooperation gedankt. Die Verantwortung für Auswahl und Interpretation der Ergebnisse aus den Gutachten liegt ausdrücklich bei den Autoren des vorliegenden Berichts. Ein besonderer Dank geht an die Kollegin Ulrike Goelsdorf für die Bearbeitung von Abbildungen und die Erstellung des Layouts.

3. Aufbau des Berichts

Im Kapitel II werden zunächst einige begriffliche Klärungen vorgenommen und der Stand der Bioenergienutzung in Deutschland, der EU und auf globaler Ebene dargestellt (Kap. II.1). Anschließend werden die verschiedenen Wege der Umwandlung und Nutzung von Energiepflanzen in Wärme, Strom oder Kraftstoffe aufgezeigt (Kap. II.2). Am Ende des Kapitels wird ein kurzer Überblick über die ökologische und ökonomische Bewertung der Energiegewinnung aus Biomasse gegeben (Kap. II.3 u. II.4). Die Ausführungen basieren auf den Basisanalysen des Projekts (TAB 2007b), in denen der Stand des Wissens, strittige Einschätzungen und offene Fragen zum Thema „Energiepflanzenutzung“ ausführlich dargestellt worden sind.

Im folgenden Kapitel „Ausbau der Energiepflanzenutzung und (Flächen-)Konkurrenzen“ (Kap. III) werden dann denkbare zukünftige Entwicklungen der Energiepflanzenutzung beschrieben, in Abhängigkeit von günstigeren und ungünstigeren sozioökonomischen und politischen Rahmenbedingungen. Im Mittelpunkt steht dabei, für mögliche Entwicklungen des Energiepflanzenanbaus die jeweilige Ausprägung der Konkurrenz zu anderen Flächennutzungen, insbesondere zur Nahrungsmittelproduktion, abzuschätzen. Zielsetzung ist, die möglichen Dimensionen des Problems der Konkurrenzen herauszuarbeiten.

Dafür werden explorative Szenarien genutzt. Im TAB-Projekt sind keine eigenen Szenarien entwickelt worden.

Stattdessen werden die Szenarien des Millennium Ecosystem Assessments (MEA) der Vereinten Nationen genutzt, die die am besten ausgearbeiteten Szenarien möglicher globaler Entwicklungen darstellen. Die MEA-Szenarien werden im Kapitel III.1.3 vorgestellt und beschrieben. Auf der globalen Ebene werden die Szenarienanalysen des MEA-Projekts im Hinblick auf die Bioenergienutzung und ihre Wirkungen ausgewertet und mit anderen Studien verglichen (Kap. III.1). Für Deutschland werden aus den globalen MEA-Szenarien Annahmen zur Ausgestaltung entsprechender Szenarien für Deutschland (im Folgenden auch als MEA-D-Szenarien bezeichnet) abgeleitet, um die zukünftige Entwicklung von Konkurrenzen auf nationaler Ebene zu untersuchen (Kap. III.2). Im Mittelpunkt stehen dabei Annahmen zur Energiepflanzennutzung in Deutschland im Jahr 2020, differenziert nach Biokraftstoffen und Energiepflanzen zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung. Schließlich werden regionale Flächen- und Ressourcennutzungskonkurrenzen und die entsprechenden Wirkungszusammenhänge analysiert (Kap. III.3), indem die vier MEA-Szenarien zur Ableitung von Annahmen für ein regionales Ressourcennutzungsmodell genutzt wurden. Dabei werden drei Regionen (Region mit intensivem Ackerbau, Region mit Verbundbetrieben, Region mit intensiver Tierhaltung) betrachtet. Auf der Basis der Szenarienergebnisse werden abschließend Schlussfolgerungen gezogen und die übergreifenden Ergebnisse in einem Fazit zusammengefasst (Kap. III.4).

Im zweiten Untersuchungsschwerpunkt (Kap. IV) werden die Probleme und Möglichkeiten einer umweltverträglichen Energiepflanzenproduktion untersucht. Je nach Kulturpflanze, Anbauverfahren und Standort können beim Anbau von Energiepflanzen unterschiedliche Umweltwirkungen auftreten. Es wird analysiert, wie sich der Anbau von Energiepflanzen auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Luft/Klima, Tiere/Pflanzen und Landschaftsbild/Erholung auswirkt und in welchen Bereichen es zu Beeinträchtigungen kommen kann (Kap. IV.2). Darauf aufbauend werden Ansatzpunkte für einen umweltverträglichen Energiepflanzenanbau entwickelt (Kap. IV.3). In einem Exkurs werden mögliche Folgen des Klimawandels auf den Energiepflanzenanbau diskutiert (Kap. IV.4).

Kapitel V behandelt die Zertifizierung von Bioenergieträgern. Die Etablierung von Nachhaltigkeitsstandards und eine verpflichtende Zertifizierung gelten als zentrale Maßnahmen, um negative ökologische und sozioökonomische Effekte eines Ausbaus der Bioenergieproduktion zu verhindern. Nach einem Überblick über Kernelemente und Gestaltungsoptionen für Zertifizierungssysteme (Kap. V.1) werden die aktuellen Richtlinienvorgaben der EU, die Situation in Deutschland und der bisherige Ansatz in Großbritannien vergleichend analysiert (Kap. V.2). Danach werden existierende freiwillige Zertifizierungssysteme und internationale Initiativen beschrieben, die bei der Implementierung der Zertifizierung eine wichtige Rolle spielen sollen und deren Erfahrungen Hinweise auf Schwachstellen und mögliche Problemlösungen bieten können (Kap. V.3). Kapitel V.4 widmet sich mit Blick auf die weitere Politikgestaltung vier Problemfeldern: der Kompatibilität mit Regeln der WTO, der begrenzten

Reichweite von Zertifizierungssystemen, Umsetzungsfragen sowie der möglichen Erfassung von Verdrängungseffekten. Existierende Vorschläge zur Fortentwicklung und Ausdehnung der Nachhaltigkeitskriterien und -anforderungen werden in Kapitel V.5 vorgestellt.

Im abschließenden Kapitel VI werden Handlungsoptionen zur Gestaltung der Energiepflanzennutzung identifiziert und diskutiert. Der Struktur der vorgehenden Analysekapitel folgend, werden die Themenbereiche Ausbauziele und Förderpolitik (Kap. VI.1), umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion (Kap. VI.2) und Zertifizierung (Kap. VI.3) behandelt. Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen werden jeweils der Stand der politischen Entscheidungen und vorliegende Empfehlungen ausgewählter, wichtiger Berichte vorgestellt, um darauf aufbauend Handlungsoptionen zu beschreiben und zu diskutieren. Im abschließenden Kapitel VI.4 „Ausbauziele und Förderpolitik als Gesamtkonzept“ werden die Ergebnisse zu Handlungsperspektiven zusammengefasst.

II. Grundlagen der Energiepflanzennutzung

In diesem Kapitel werden zunächst einige begriffliche Klärungen vorgenommen, danach wird der Stand der Bioenergienutzung in Deutschland, der EU und auf globaler Ebene dargestellt. Anschließend werden die verschiedenen Wege der Umwandlung und Nutzung von Energiepflanzen in Wärme, Strom oder Kraftstoffe aufgezeigt. Am Ende des Kapitels wird ein kurzer Überblick über die ökologische und ökonomische Bewertung der Energiegewinnung aus Biomasse gegeben. Die Ausführungen basieren auf den Basisanalysen des Projekts (TAB 2007b), in denen der Stand des Wissens, strittige Einschätzungen und offene Fragen zum Thema „Energiepflanzennutzung“ ausführlich dargestellt worden sind.

1. Bioenergie und Energiepflanzen

Bioenergie wird international gebräuchlich mit Biomasse für eine energetische Nutzung gleichgesetzt. Der Begriff Biomasse umfasst sämtliche Stoffe organischer Herkunft (Kaltschmitt/Hartmann 2001).

Bei der energetischen Nutzung von Biomasse wird zwischen traditioneller und moderner Biomassenutzung unterschieden werden. Unter traditioneller Biomassenutzung wird der Einsatz von Brennholz, Holzkohle, pflanzlichen Rückständen und Dung in meist einfachen Verfahren und kleinem Maßstab zur Erzeugung von Wärme verstanden. Traditionelle Biomasse ist in vielen Entwicklungsländern von großer Bedeutung. Ihre Nutzung und Potenziale sind im TAB-Projekt „Bioenergieträger und Entwicklungsländer“ untersucht worden (TAB 2001). Eine traditionelle Biomassenutzung findet auch in Industrieländern bei der Wärmebereitstellung in Haushalten (z. B. Kamin- und Kachelöfen) statt.

Moderne Biomassenutzung bezieht sich auf technisch fortschrittlichere und größere Biomasseenergieanlagen. Dabei können neben den klassischen biogenen Festbrennstoffen wie Holz oder Stroh auch organische Nebenprodukte und Abfälle (wie Industrierestholz, Gülle) verwendet und neue Energieträger (z. B. Biokraftstoffe aus Holz)

hergestellt werden. Forschungsaktivitäten zur Erweiterung der Rohstoffbasis (z. B. Mikroalgen) und Konversionsverfahren (z. B. Wasserstoffproduktion aus Biomasse) könnten dazu führen, dass die Nutzungsalternativen zukünftig weiter zunehmen.

Energiepflanzen

Ein Element der modernen Biomassenutzung ist der Anbau von Energiepflanzen. Unter Energiepflanzen werden landwirtschaftliche Nutzpflanzen, die einer energetischen Verwertung zugeführt werden, und im Kurzumtrieb angebaute schnellwachsende Bauarten verstanden. Die Bezeichnung Energiepflanze schließt nicht aus, dass diese Pflanzen auch für andere Zwecke wie die Nahrungs- oder Futtermittelproduktion geeignet sind. Wird lediglich ein Teil einer Nahrungs- oder Futterpflanze (z. B. Getreidestroh) energetisch verwertet, dann wird dies nicht als Energiepflanzenanbau bezeichnet. Andererseits können bei Energiepflanzen (z. B. bei Biodieselsaps) auch Ernterückstände energetisch (z. B. Stroh) oder als Futtermittel (z. B. Rapspresskuchen) verwertet werden.

Für die Energiepflanzenproduktion kommen verschiedene Kategorien von landwirtschaftlichen Nutzpflanzen infrage:

- „traditionelle“ Kulturpflanzen,
- Energiepflanzenarten, die aus „traditionellen“ Kulturpflanzen gezüchtet werden,
- „alternative“ Energiepflanzen.

Der bisherige landwirtschaftliche Anbau von Energiepflanzen konzentriert sich auf die „traditionellen“ Kulturarten und -sorten der Nahrungs- und Futtermittelproduktion (z. B. Raps für Biodiesel). Die dabei verwendeten Anbauverfahren unterscheiden sich nicht wesentlich von der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. An Energiepflanzen werden andere Anforderungen (z. B. hohe Anteile an energetisch nutzbaren Inhaltsstoffen) als an Nahrungs- und Futtermittelpflanzen gestellt. Es wird deshalb versucht, spezielle Energiepflanzenarten aus „traditionellen“ Kulturpflanzen zu züchten. Ein Beispiel hierfür sind die Energiemaissorten für Biogasanlagen. Unter „alternativen“ Energiepflanzen werden neue oder bisher nur marginal in Deutschland und Europa angebaute Nutzpflanzen verstanden wie z. B. Miscanthus. Diese Kulturen weisen eine geringe züchterische Bearbeitung auf, und die wissenschaftlichen und praktischen Kenntnisse über angepasste Anbausysteme sind begrenzt. Die „alternativen“ Kulturpflanzen wurden bereits ausführlich im TAB-Bericht „Alternative Kulturpflanzen und Anbauverfahren“ behandelt (TAB 2005a).

Energiepflanzenanbau

Der Energiepflanzenanbau wird wesentlich bestimmt durch die vorgesehene Verwendung der Biomasse. Folgende Alternativen sind möglich:

- direkte Nutzung (Verbrennung, Vergasung) fester Bioenergieträger,
- Umwandlung in flüssige Bioenergieträger der 1. (Pflanzenöl, Ethanol) und 2. Generation (Biomass-to-Liquid-Kraftstoffe),

- Umwandlung in gasförmige Bioenergieträger (Biogas, Synthesegas, Wasserstoff).

Energiepflanzen können vollständig oder teilweise energetisch genutzt werden. Bei der Teilpflanzennutzung werden nur die Saaten (z. B. bei Raps, Getreide), Rüben (z. B. bei Zuckerrüben), Stängel (z. B. bei Zuckerrohr) oder Knollen (z. B. bei Kartoffeln) energetisch verwertet. Bei der Ganzpflanzennutzung wird die gesamte aufwachsende Biomasse genutzt. Dabei kann zwischen holzartigen (schnellwachsende Baumarten) und halmgutartigen Ganzpflanzen (Biogasmais, Ganzpflanzengetreide etc.) unterschieden werden.

Die angebaute Energiepflanzen können an Rohstoffhändler, Konversionsbetriebe oder Endenergieproduzenten verkauft (z. B. Zuckerrüben zur Ethanolherstellung) oder in den landwirtschaftlichen Betrieben zur Erzeugung von Kraftstoff (z. B. Rapsöl), Strom und Wärme (z. B. aus Maisbiogas) oder Wärme (z. B. aus Holz) genutzt werden. Die Errichtung landwirtschaftlicher Energiekonversionsanlagen erfordert teilweise hohe Investitionen. Andererseits bleibt dadurch ein größerer Teil der Wertschöpfung in der Landwirtschaft.

Insgesamt wurden im Jahr 2008 auf rund 2 Mio. ha nachwachsende Rohstoffe angebaut. Das sind knapp 17 Prozent der Ackerflächen Deutschlands. Beim Energiepflanzenanbau in Deutschland dominierte 2008 der Raps für die Erzeugung von Biodiesel und Pflanzenöl mit rund 1 Mio. ha (FNR 2009). Zuckerpflanzen (Zuckerrübe) und Stärkepflanzen (Weizen, Kartoffeln, Mais) für die Bioethanolerzeugung wurden auf rd. 250 000 ha angebaut. Die Anbaufläche für Energiepflanzen für die Biogaserzeugung (überwiegend Energiemaiss) ist steigend und umfasst inzwischen rd. 500 000 ha. Im Jahr 2007 hat der Neubau von Biogasanlagen aufgrund der gestiegenen Preise für pflanzliche Agrarrohstoffe abgenommen. Dennoch ist zur Ernte 2009 der Anbau von Silomais zur Energiegewinnung in Biogasanlagen weiter ausgedehnt worden.

Energie aus Biomasse

Aufgrund der global weitverbreiteten traditionellen Nutzung hat die feste Biomasse mit 9,5 Prozent den größten Anteil am globalen Primärenergieverbrauch (2006). Dies entspricht innerhalb der erneuerbaren Primärenergiebereitstellung einem Anteil der festen Biomasse von rund 75 Prozent (IEA 2007). Alle erneuerbaren Energien zusammen haben – berechnet nach der Substitutionsmethode¹ – einen Anteil von 16,7 Prozent (entspricht 1 876 Mtoe) am Primärenergieverbrauch (2004). Der Anteil der modernen Biomasse beträgt 1,04 Prozent und ihr

¹ Bei der Substitutionsmethode wird als Primärenergieäquivalent für Strom aus Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik der Brennstoff angegeben, der durch die Stromerzeugung des jeweiligen Energieträgers in konventionellen Kraftwerken substituiert wird. Dagegen wird bei der Wirkungsgradmethode für Strom aus Energieträgern, denen kein Heizwert zugerechnet werden kann (z. B. Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik), aus der Endenergie mithilfe eines Wirkungsgrades von 100 Prozent auf die Primärenergie geschlossen. Damit entspricht z. B. 1 kWh Strom aus beispielsweise Wasserkraft einem Primärenergieäquivalent von 1 kWh (siehe Primärangaben zu Deutschland).

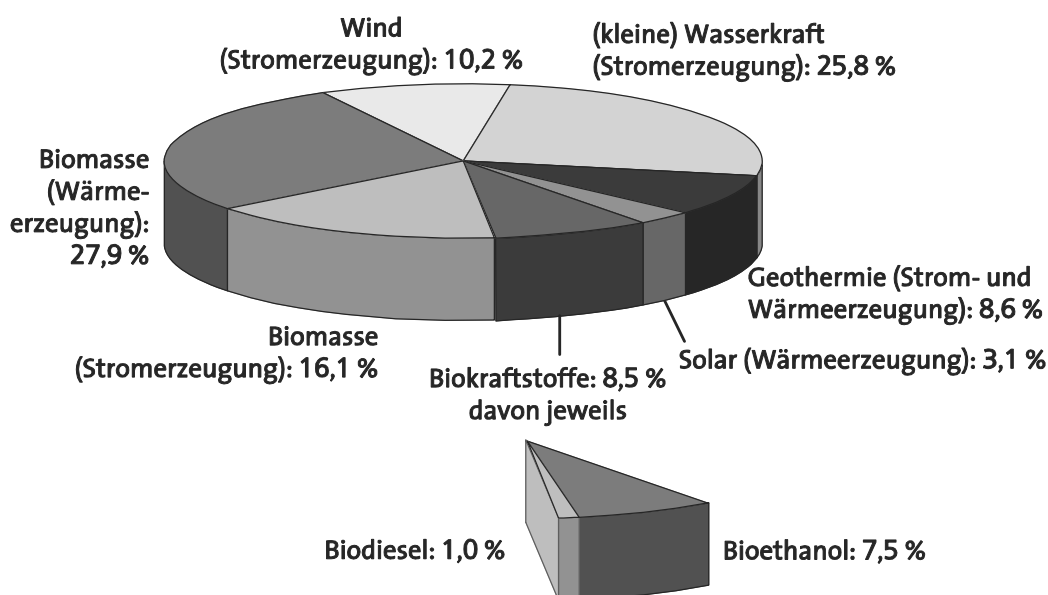
Anteil an den erneuerbaren Energien 6,2 Prozent (REN21 2005; Schütz/Bringezu 2006). Abbildung 1 zeigt die Anteile an Strom, Wärme und Kraftstoffe aus Biomasse am globalen Primärenergieverbrauch an modernen erneuerbaren Energieträgern.

In der Europäischen Union (EU-25) lag im Jahr 2004 der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoinlandsverbrauch bei 6,3 Prozent (entspricht 109,5 Mtoe). Auch hier ist die Biomasse der wichtigste erneuerbare Energieträger mit einem Anteil von 66 Prozent (Abb. 2). Die energetische Nutzung von Biomasse zeigte bis etwa 2002 eine deutliche Zunahme im Wärmebereich und danach eine starke Zunahme in der Strom- und Kraftstoffproduktion (Thrän et al. 2005, S. 179 f.).

In Deutschland hatten im Jahr 2008 erneuerbare Energien einen Anteil von rund 7,1 Prozent am Primärenergieverbrauch (berechnet nach der Wirkungsgradmethode; vgl. Fußnote 1). Bei einer Berechnung nach der Substitutionsmethode hatten die erneuerbaren Energien 2008 einen Anteil von 9,7 Prozent (BMU 2009). Die Endenergiebereitstellung durch erneuerbare Energien betrug in Deutschland im Jahr 2006 813,2 PJ in Form von Strom, Wärme und Kraftstoffen. Biomasse stellt mit 5,1 Prozent am Primärenergieverbrauch und rund 71 Prozent an den erneuerbaren Energien den bedeutendsten erneuerbaren Energieträger in Deutschland dar (Abb. 3). Bei den erneuerbaren Energien kommt über 90 Prozent der erzeugten Wärme und rund ein Viertel des Stroms aus Biomasse.

Abbildung 1

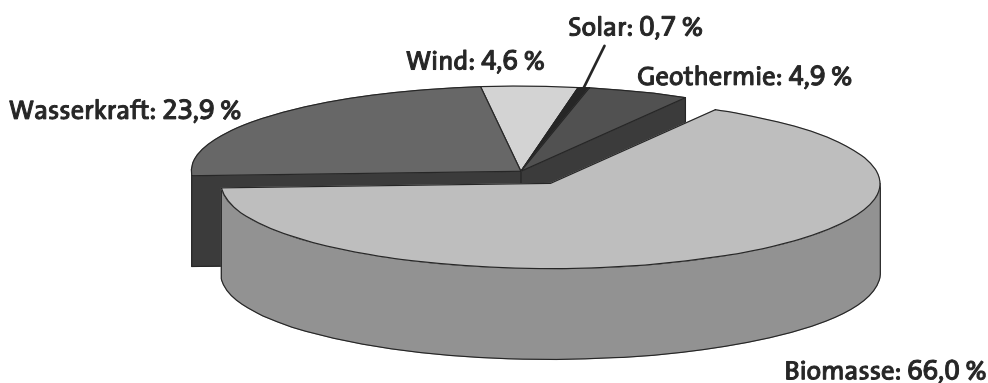
Globaler Primärenergieverbrauch an (modernen) erneuerbaren Energien im Jahr 2004



Quelle: verändert nach REN21 2005, Tab. N2, und Schütz/Bringezu 2006, Tab. 1

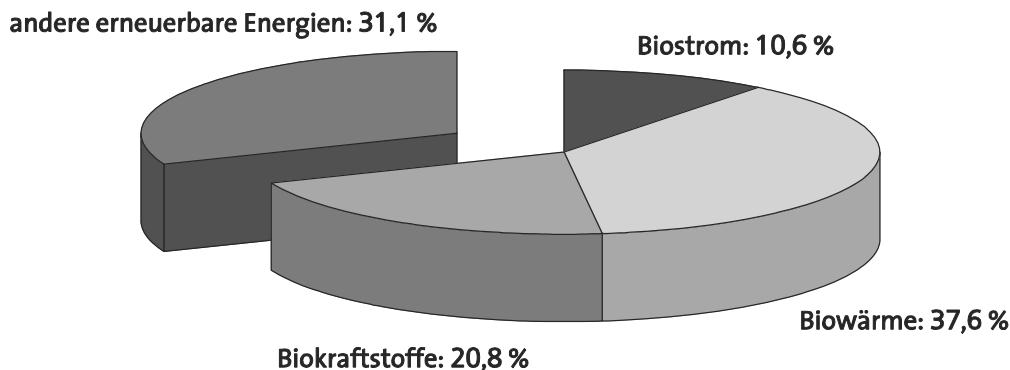
Abbildung 2

Bruttoinlandsenergieverbrauch an erneuerbaren Energien in der EU-25 im Jahr 2004



Quelle: EC 2006c

Abbildung 3

Endenergiebeiträge der Bioenergie und aller anderen erneuerbaren Energien in Deutschland (2007)

Quelle: BMU 2007c, S. 12; BMU 2009

2. Produktlinien im Technikfeld Bioenergie

Das Technikfeld Bioenergie ist sehr komplex. Von der Erzeugung und Bereitstellung von Biomasse als Primärenergieträger über die Umwandlung zu Sekundärenergieträgern bis zur Endenergienutzung als Wärme, Strom oder Kraftstoff existieren vielfältige Alternativen. Der „Lebensweg“ von der Produktion organischer Stoffe bis zur End- bzw. Nutzenergie wird üblicherweise in der Form von Produktlinien² beschrieben. Die wesentlichen Elemente der Produktlinien für die Nutzung von Bioenergieträgern sind:

- Bereitstellung, Konditionierung und Lagerung der Biomasse,
- Konversion zu Sekundär- und Endenergieträgern sowie
- Nutzung der Endenergie.

Die Darstellung des Technikfeldes Bioenergie und ihrer Produktlinien konzentriert sich auf die Energiepflanzen und ihre energetische Verwertung.

2.1 Konversion zu Sekundärenergieträgern

Einige Biomassearten, wie z. B. Stroh, haben nur eine geringe Energiedichte und sind deshalb nur in einem eingeschränkten Transportradius nutzbar. Zur Erhöhung der Energiedichte und Verbesserung der Transportwürdigkeit werden die Rohstoffe konditioniert (z. B. getrocknet und pelletiert) oder in flüssige oder gasförmige Sekundärenergieträger umgewandelt. Eine solche Konversion hat zudem den Vorteil, dass hierdurch eine Nutzung vorhandener Transportmittel und -technologien der fossilen Energiewirtschaft möglich wird. Bei den Konversionstechnologien gibt es eine Reihe eingeführter Verfahren, die breit genutzt werden und Stand der Technik sind.

² Der Begriff „Produktlinie“ ist hier in Anlehnung an Produktlinienanalyse gewählt worden. Es werden auch andere Begriffe wie „Versorgungs- und Bereitstellungsketten“ (Kaltschmitt/Hartmann 2001) verwendet.

Dazu gehören die etablierten Konversionen zu Biokraftstoffen (Pflanzenöl, Biodiesel, Bioethanol) der 1. Generation und die Biogaserzeugung. Andere Konversionstechnologien wie Vergasung und Pyrolyse sowie Biomass-to-Liquid-Prozesse befinden sich noch im Stadium der Forschung, Entwicklung und Demonstration. Diese Verfahren der 2. Generation zielen auf eine Ganzpflanzennutzung, wodurch der flächenbezogene Energieertrag erhöht werden soll, und auf eine Verbreiterung der Rohstoffbasis.

Thermochemische Umwandlung – Vergasung, Pyrolyse und Verkohlung

Bei der thermochemischen Umwandlung von Biomasse wird diese unter dem Einfluss von Wärme in einen Sekundärenergieträger mit deutlich höherer Energiedichte umgewandelt, bei der Vergasung in einen gasförmigen Bioenergieträger, bei der Pyrolyse in einen flüssigen Bioenergieträger und bei der Verkohlung in einen festen Bioenergieträger.

Bei der Vergasung wird feste Biomasse mit einem sauerstoffhaltigen Mittel (z. B. Luft) in ein Gas mit energiereichen Verbindungen (z. B. H₂, CH₄) überführt. Die dafür erforderliche Prozesswärme wird durch eine teilweise Verbrennung der eingesetzten Biomasse gewonnen (FNR 2005, S. 20). Für die Vergasung kann im Prinzip ein breites Biomassenspektrum eingesetzt werden. Das produzierte Gas kann in Gasmotoren oder -turbinen zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Alternativ kann es nach einer Aufbereitung in das Erdgasnetz eingespeist oder in einen flüssigen Sekundärenergieträger (z. B. Methanol, synthetische Kraftstoffe) umgewandelt und so zum Fahrzeugantrieb oder zur gekoppelten Kraft-Wärme-Erzeugung genutzt werden. Die Biomassevergasung zur Stromerzeugung wird als eine vielversprechende Option angesehen, weil hohe Wirkungsgrade bezogen auf die erzeugte elektrische Energie realisiert werden können und weil geringere Emissionen im Vergleich zu einer Stromerzeugung über die direkte Verbrennung von Biomasse erwartet werden. Biomassevergasungsanlagen zur Stromerzeugung existieren momentan jedoch nur als Demon-

strationsprojekte. Probleme bereitet insbesondere die Gasreinigung zur Erzeugung eines staub- und kondensatfreien Brenngases für Gasturbinen. Diese kann derzeit nur mit einem hohen technischen Aufwand erreicht werden, was zu hohen Kosten und technischen Betriebsproblemen führt (FNR 2005, S. 20).

Bei der Pyrolyse oder Verflüssigung fester Biomasse ist das Ziel, die Energiedichte zu erhöhen und unter dem Einfluss von Wärme eine möglichst hohe Ausbeute an flüssigen Komponenten zu erzielen. Das Pyrolyseöl hat eine mit Rohöl vergleichbare Energiedichte, ist gut transportierbar und kann nach einer Aufbereitung in geeigneten Feuerungsanlagen als Treibstoff in Motoren oder in Gasturbinen zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Die Pyrolyse befindet sich im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Die Schnellpyrolyse wird beispielsweise am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) als erste Stufe des „bioliq®“-Verfahrens zur Herstellung hochwertiger synthetischer Kraftstoffe aus Biomasse in einer Pilotanlage getestet (KIT-Pressestelle 2008).

Bei der Herstellung von Holzkohle wird die Biomasse unter der Einwirkung von Wärme zersetzt. Der Prozess hat einen geringen Wirkungsgrad und im Vergleich zur direkten Verbrennung keine wesentlichen Vorteile. Die Technologie zur Holzkohleherstellung ist verfügbar und befindet sich im großtechnischen Einsatz. Der Großteil der in Industriestaaten wie Deutschland produzierten Holzkohle wird stofflich genutzt (z. B. als Aktivkohle), u. a. in der chemischen Industrie. In Entwicklungsländern wird Holzkohle als „traditionelle“ Biomasse zur dezentralen Energieversorgung eingesetzt (TAB 2001, S. 47).

Biochemische Umwandlung zu Biogas und Bioethanol

Bei den biochemischen Umwandlungsverfahren werden mit der Hilfe von Mikroorganismen gasförmige oder flüssige Sekundärenergieträger erzeugt. Beim anaeroben Abbau organischer Stoffe – auch Vergärung oder Fermentation genannt – durch Bakterien wird Biogas mit einem Methangehalt von 40 bis 75 Prozent gebildet. Das erzeugte Biogas kann in Gasbrennern oder -motoren zur Wärme- und Stromerzeugung eingesetzt oder aufgearbeitet und in das Erdgasnetz eingespeist werden. In landwirtschaftlichen Biogasanlagen werden Gülle, kostengünstige organische Abfälle und zunehmend Energiepflanzen (vor allem Mais) als Substrate eingesetzt. Die Anzahl der Biogasanlagen und die installierte Anlagenleistung sind in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Ende 2008 gab es in Deutschland rund 4 000 Biogasanlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 1 400 MW_{el}. Die meisten Biogasanlagen (knapp 1 400) stehen in Bayern.

Mithilfe von Hefen und Bakterien kann aus zucker-, stärke- oder cellulosehaltiger Biomasse Alkohol gewonnen werden. Die notwendige Verfahrenstechnik ist in fast allen Leistungsgrößen verfügbar. Bei der alkoholischen Vergärung von zucker- und stärkehaltigen Pflanzen entsteht als Nebenprodukt in großer Menge Schlempe, die als Futtermittel oder Substrat für Biogasanlagen dienen kann. Beim Einsatz cellulosehaltiger Biomasse (z. B. Holz) ist eine voran geschaltete Verzuckerung notwendig.

Die Verzuckerung von Cellulose ist aufgrund des hohen technischen Aufwandes (z. B. Säureinsatz) nicht großtechnisch verfügbar (FNR 2005, S. 22). Ein neuerer Ansatz baut auf eine Verzuckerung mit Cellulaseenzymen. Bioethanol kann als Kraftstoff in Reinalkoholmotoren oder Motoren für Ottokraftstoffmischungen mit bis zu 85 Prozent Ethanol („Flexibel Fuel Ethanol (E85)“ in Brasilien) verwendet werden. Eine Zumischung von 5 Prozent Bioethanol zu Ottokraftstoffen ist bei allen Ottomotoren einsetzbar. Bioethanol kann außerdem weiter zu ETBE (Ethyltertiärbutylether) umgewandelt werden. Bei ETBE handelt es sich um einen Oktanzahlverbesserer, der aus Bioethanol und Isobuten hergestellt wird. In Deutschland werden überwiegend stärkehaltiges Getreide (z. B. Weizen) und in geringerem Maße auch Zuckerrüben als zuckerhaltiger Rohstoff zur Bioethanolherstellung genutzt. Ende 2007 existierten fünf Bioethanolanlagen mit einer Produktionskapazität von insgesamt 0,6 Mio. t.

Physikalisch-chemische Pflanzenöl-/Biodieselproduktion

Die Öle und Fette der Saaten oder Früchte von Ölpflanzen (z. B. Raps, Sonnenblume) können mit Pressen und alternativ oder ergänzend durch Extraktion gewonnen werden. Die für das Pressen notwendige Verfahrenstechnik ist sowohl kleintechnisch (z. B. für die Anwendung im landwirtschaftlichen Betrieb) als auch großtechnisch (z. B. in der Ölmühle) verfügbar. Bei der chemischen Extraktion wird das Öl mithilfe eines Lösemittels (z. B. Hexan) der ölhaltigen Saat entzogen. Das Öl kann energetisch genutzt werden, der Presskuchen oder Extraktionsrückstände (Schrot) sind als Futtermittel einsetzbar, und das Lösemittel kann erneut genutzt werden. Diese Technik ist großtechnisch vorhanden und im Einsatz (FNL 2005, S. 22).

Das Pflanzenöl kann nach einer Reinigung als Kraftstoff in pflanzenöлтаuglichen Motoren mobil (z. B. in Traktoren) oder stationär (z. B. in Blockheizkraftwerken) genutzt werden. Allerdings gibt es bisher nur wenige Hersteller oder Umrüster für pflanzenöлтаugliche Motoren. Die Umwandlung von Pflanzenöl in Pflanzenölmethylester (PME oder Biodiesel) ermöglicht einen Einsatz in angepassten Dieselmotoren oder in bis zu 5prozentiger Beimischung in allen Dieselmotoren. Bei der Umesterung mit Methanol entsteht Glycerin, das in der Oleochemie, Pharma- und Lebensmittelindustrie verwendet wird. Die Verfahrenstechnik zur Umesterung ist großtechnisch verfügbar und im Einsatz. Die Produktionskapazität für Biodiesel in Deutschland betrug Ende 2007 rund 4,8 Mio. t.

Umwandlung zu synthetischen Kraftstoffen

Aus fester Biomasse wird bei den BtL-Verfahren über die thermochemische Vergasung ein Synthesegas gewonnen, aus dem in einem zweiten Schritt (z. B. über die Fischer-Tropsch-Synthese) ein aus langkettigen Kohlenwasserstoffen zusammengesetzter, synthetischer Kraftstoff erzeugt wird. Verschiedene BtL-Verfahren (z. B. CarboV, bioliq®) befinden sich in Deutschland in der Entwicklung (Schütte/Gottschau 2006). Die erste

Pilotanlage für die Erzeugung von synthetischem Biokraftstoff aus Wald- und Restholz ist 2008 im sächsischen Freiberg in Betrieb gegangen. Auch andere Verfahren zur synthetischen Kraftstoffherstellung – wie das BtL-Konzept des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) – zielen auf den Einsatz biogener Reststoffe wie z. B. Waldrestholz oder Stroh (Leible et al. 2008). Aufgrund des hohen Rohstoffbedarfs dieser Großanlagen dürften jedoch ein Anbau von Energiepflanzen oder Biomasseimporte zur Rohstoffversorgung erforderlich werden (Schütte/Gottschau 2006).

2.2 Konversion zu Nutzenergie

Der letzte Schritt in vielen Produktlinien ist die Umwandlung zu den End- oder Nutzenergien Wärme und Strom. Einerseits findet bei der Verbrennung von fester Biomasse eine unmittelbare Erzeugung von Nutzenergie statt. Andererseits werden Wärme und Strom auf der Basis flüssiger und gasförmiger Sekundärenergieträger erzeugt. Für die Umwandlung zu Nutzenergie steht eine Vielzahl von Technologieoptionen zur Verfügung. Häufig werden mittels Kraft-Wärme-Kopplung die Nutzungsbereiche Wärme und Strom kombiniert, z. B. in Blockheizkraftwerken.

Verbrennung von biogenen Festbrennstoffen

Die Verbrennung von fester Biomasse stellt die einzige direkte Umwandlung in Nutzenergie dar. Dabei ist die Nutzung von Industrierestholz, Altholz, Schwachholz und Waldrestholz in Form von Scheitholz, Hackschnitzel und Pellets vorherrschend. Die Verbrennung anderer Biomassen, wie Stroh, Heu oder Getreidekörner ist aufgrund ihrer im Vergleich zu Holz ungünstigeren Brennstoffeigenschaften dagegen wenig verbreitet. Die Anwendungsbereiche der Verbrennung umfassen ein breites Leistungsspektrum von Kleinanlagen (z. B. Kamine und Öfen) bis hin zu großen Kraft- und Heizkraftwerken, die im Nah- und Fernbereich Wärme und Strom bereitstellen. Aus dem relativ geringen Energiegehalt der biogenen Festbrennstoffe ergibt sich vorzugsweise eine Nutzung in dezentralen Anlagen kleiner und mittlerer Leistung, möglichst in räumlicher Nähe zum Ort des Anfalls der Biomasse.

Bei der Verbrennung von fester Biomasse hängt die Wahl des Feuerungssystems neben der Anlagengröße von der Form der zu verbrennenden Biomasse (Staub, Späne, Hackschnitzel, Scheite, Pellets, Ballen) ab. In dem der Feuerung nachgeschalteten Kessel findet der Wärmeaustausch zwischen dem Rauchgas und einem Wärmeträger statt. Als Wärmeträgermedium wird meist Wasser verwendet, das gegebenenfalls verdampft wird. Bei Heizwerken wird die Wassererwärmung zur Nah- bzw. Fernwärmeversorgung genutzt. Wasserdampf kann entweder zur Dampfversorgung von Industriebetrieben oder über den Dampfkraftprozess zur Verstromung eingesetzt werden.

Mehr als zwei Drittel der Wärmebereitstellung aus biogenen Festbrennstoffen erfolgt in privaten Haushalten. Dabei überwiegt der Einsatz in Ein- und Mehrfamilienhäusern mit Hausfeuerungsanlagen (Kaminöfen, Kachelöfen). Gerade im Bereich der kleinen Holzfeuerungsanlagen hat es in den vergangenen Jahren erhebliche Innovationen gegeben, die zu einer deutlichen Minderung der Emissionen (v. a. Feinstaub) beim Betrieb dieser Anlagen geführt hat. Im kommunalen Bereich, im Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungsbereich sowie zur Prozess- und Heizwärmeversorgung von kleinen und mittelständischen Industriebetrieben werden Biomasseheizwerke mit einer thermischen Leistung zwischen 100 kW und 60 MW zur Wärmeversorgung (Nah- und Fernwärme) eingesetzt. Hier wird eine deutlich bessere Ausnutzung der Anlagen erreicht durch eine gegenüber Hausheizungen gleichmäßigere Wärmenachfrage im Jahresverlauf (FNR 2005, S. 93). Allerdings wird die bei der Stromerzeugung mit Kraft-Wärme-Kopplung anfallende Wärme bisher zu einem erheblichen Teil nicht genutzt.

In Heizkraftwerken kann durch Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen Wärme und Strom erzeugt werden. Häufig werden Heizkraftwerke mit Leistungen zwischen 1 und 10 MW_{el} entsprechend der Wärmenachfrage der Abnehmer gefahren. Der erzeugte Strom wird meist unter Ausnutzung der EEG-Vergütung in das Netz der öffentlichen Versorgung eingespeist. Infolge der durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geregelten Abnahme und Vergütung von Strom aus Biomasse gibt es Anlagen bis 20 MW_{el} (ca. 60 MW_{th}), die stromgeführt betrieben werden. In den letzten Jahren haben beim Dampfturbinenprozess umfangreiche Weiterentwicklungen der bestehenden Techniken stattgefunden, u. a. zur Effizienzsteigerung und Emissionsminderung (IE 2006, S. 9 ff.).

Die Stromerzeugung durch Mitverbrennung von 10 Prozent Biomasse in Anlagen großer Leistung, vorzugsweise in Kohlekraftwerken, ist technisch problemlos möglich. Bei der Mitverbrennung von Biomasse in modernen Kohlegrößkraftwerken werden deutlich höhere Wirkungsgrade (ca. 43 Prozent) erzielt als bei der reinen Stromerzeugung aus Biomasse in kleinen Biomassekraftwerken, deren elektrischer Nutzungsgrad häufig im Bereich von 25 bis 33 Prozent liegt. Allerdings ist die Mitverbrennung derzeit unwirtschaftlich, da der produzierte Strom nicht nach EEG vergütet wird. Zukünftig könnte jedoch der Einsatz biogener Brennstoffe den Bedarf an Emissionsberechtigungen verringern oder über den Emissionshandel zur Wirtschaftlichkeit beitragen.

Zur Stromerzeugung kommen überwiegend Dampfkraftprozesse zum Einsatz. Bei 20 Prozent der in Betrieb befindlichen Anlagen (2007) kommen andere Stromerzeugungskonzepte wie der Stirling- und ORC-Prozess oder Dampfmaschinen zum Einsatz. Bei den Ende 2007 in Bau befindlichen Anlagen kommen dagegen allein schon die ORC-Anlagen auf 36 Prozent aller Anlagenformen (Nationaler Biomasseaktionsplan 2009). Beim Stirlingprozess wird die Wärme aus der Verbrennung (Rauchgas) durch Übertragung an ein Arbeitsgas, welches einen Kreisprozess durchläuft, in mechanische Energie zur

Stromerzeugung umgesetzt. Biomassebefeuerte Stirlingmotoranlagen werden im Rahmen von Pilotprojekten entwickelt, stehen bislang aufgrund der problematischen Wärmeübertragung zwischen Rauchgas und Arbeitsgas allerdings nicht kommerziell zur Verfügung (FNR 2005, S. 94 f.). Bei der Stromerzeugung mit Organic-Rankine-Cycle-Anlagen (ORC-Anlagen) wird die Wärme des Rauchgases an einen Thermoölzwischenkreislauf abgegeben. Über diesen wird die Wärme einem organischen Arbeitsmittel zugeführt, das dadurch verdampft und über eine Dampfturbine im Strom überführt wird. ORC-Anlagen sind kommerziell verfügbar, und es liegen erste Erfahrungen für die Kopplung mit Biomassefeuerungen vor. Sie erfordern einen höheren technischen Aufwand und haben einen geringeren praktischen Wirkungsgrad, aufgrund ihrer Robustheit und guten Teillastfähigkeit sowie ihrer automatischen und unbemannten Betriebsweise werden aber gute Marktchancen im kleineren bis mittleren Leistungsbereich gesehen (FNR 2005, S. 95 f.).

Verbrennung von Pflanzenöl

Pflanzenöl wird in Pflanzenöl-Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Erzeugung von Strom und Wärme genutzt. Bisher sind kleine und mittlere Anlagen (5 bis 100 kW_{el}) mit einem Marktanteil von über 90 Prozent vorherrschend. Pflanzenölbetriebene BHKW im Leistungsbe- reich über 1 MW_{el} werden vornehmlich von Stromversorgern und Industrieunternehmen betrieben. In allen Leistungsbereichen ist eine ansteigende Nachfrage zu verzeichnen. Als Rohstoff wird in Deutschland vornehmlich Rapsöl eingesetzt, wobei zunehmend auch Soja- und Palmöl Verwendung findet (IE 2006, S. 47 ff.).

Konversion von Pyrolyseöl

Das Pyrolyseöl soll als Treibstoff in geeigneten Motoren oder Gasturbinen zur Stromerzeugung oder mittels Kraft-Wärme-Kopplung in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden. In ersten Versuchen wurde rohes Pyrolyseöl – unter Beimischung von 4 Volumenprozent Dieselmotorkraftstoff – in einem adaptierten Dieselmotor eines BHKW eingesetzt und der produzierte Strom ins Netz eingespeist (Meier et al. 2006).

Konversion von Biogas

Von den verschiedenen Möglichkeiten zur Verstromung von Biogas werden derzeit in der Praxis vorwiegend Zündstrahl- und Gasmotor-Blockheizkraftwerke (BHKW) genutzt. In kleineren Anlagen werden vor allem Zündstrahl-BHKW verwendet. Weiterhin ist der Einsatz von Mikrogasturbinen und Stirlingmotoren möglich, die aber bisher nur in Forschungs- und Demonstrationsprojekten eingesetzt werden (IE 2006, S. 34).

Eine effizientere Verstromung von Biogas ist durch dessen Einsatz in einer Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle (PEMFC) möglich. In Brennstoffzellen wird die chemische gebundene Energie des Produktgases direkt in elektrische Energie umgewandelt („kalte Verbrennung“).

Dadurch sind höhere Wirkungsgrade als bei konventionellen Techniken erreichbar. Im Bereich kleiner und mittlerer Biogasanlagen führen höhere elektrische Wirkungsgrade von über 38 Prozent auch im Teillastbereich, geringe Abgasemissionen und ein leiser, wartungsarmer Betrieb zu einer Verbesserung der Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit der Stromerzeugung aus Biogas. Im Unterschied zum Erdgas weist Biogas eine geringere Energiedichte auf und enthält schädliche Begleitgase, die eine zusätzliche Gasreinigung erforderlich machen. Die Brennstoffzellentechnik befindet sich noch in verschiedenen Stadien der Entwicklung. Da generell höhere Anforderungen an die Reinheit des einzusetzenden Gases bei Brennstoffzellen bestehen, ist die Nutzung des Produktgases aus der Biomassevergasung mit besonderen technischen Problemen verbunden (FNR 2005, S. 95).

Konversion von Biomasseproduktgas

Zur Erzeugung von Strom aus dem Produktgas der Biomassevergasung können Gasmotoren oder Gasturbinen eingesetzt werden. Bei der Nutzung in einem Gasmotor wird das Produktgas nach dem Otto- oder Dieselpinzip verbrannt und die mechanische Arbeit des Motors mithilfe eines angekoppelten Generators in elektrische Energie (d. h. Strom) umgewandelt. Zur Nutzung der beim Verbrennungsprozess entstehenden Abwärme wird diese über Wärmeüberträger ausgekoppelt (FNR 2005, S. 95). Bei dem Einsatz einer Gasturbine wird das Produktgas gereinigt, vorverdichtet und unter Zugabe von verdichteter Luft in einer Brennkammer verbrannt. Die dabei entstehenden Abgase werden über die nachgeschaltete Turbine entspannt und auf dieser Weise zur Stromerzeugung genutzt. In GuD-Anlagen wird der Gasturbine ein Dampfturbinenprozess nachgeschaltet, um einen höheren Wirkungsgrad zu erzielen (FNR 2005, S. 95). Gasmotoren und -turbinen stehen zwar aus anderen Anwendungsbereichen zur Verfügung, aber die Einsatzfähigkeit ist von den Fortschritten bei der Biomassevergasung abhängig. Insbesondere die Reinigung des Synthesegases stellt ein erhebliches Problem dar.

2.3 Nutzung

Die Endenergienutzung der verschiedenen Produktlinien erfolgt in den Bereichen Wärme, Strom oder Kraftstoff. Diese Bereiche werden im Folgenden kurz erläutert. Grundsätzlich kann bei der Versorgungsstruktur unterschieden werden zwischen

- lokaler bzw. regionaler Bereitstellung von Bioenergieträgern: Dies ist der Fall bei der direkten Umwandlung biogener Festbrennstoffe (z. B. Energieholz, Holzhackschnitzel) in Endenergie und bei der unmittelbaren weiteren Umwandlung eines Sekundärenergieträgers in Endenergie (z. B. Biogas).
- nationaler bzw. internationaler Bereitstellung von Sekundärenergieträgern: Insbesondere bei der Bereitstellung flüssiger Sekundärenergieträger als Biokraftstoffe (z. B. Biodiesel, Bioethanol) sind regionale Begrenzungen aufgrund der Transportwürdigkeit auf-

gehoben. Gleiches gilt bei der Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz.

Die technische Entwicklung geht in Richtung der Aufhebung regionaler Begrenzungen, indem zwar weiterhin eine regionale Bereitstellung der biogenen Rohstoffe erfolgt, dann aber überregionale Verteilungsnetze vor der energetischen (End-)Nutzung eingeschaltet werden.

Wärme

Die Wärmeerzeugung aus Biomasse ist auch in Deutschland und Europa die „klassische“ Nutzung von Bioenergie. Die Wärmenutzung beruht vor allem auf der Verbrennung von biogenen Festbrennstoffen. Diese erfolgt in einem weiten Leistungsbereich, von Hausfeuerungsanlagen (auch Kleinstfeuerungsanlagen genannt) bis zu Heizwerken im Bereich von 60 MW_{th}, und ist Stand der Technik. Zur Wärmebereitstellung werden vor allem forstwirtschaftliche Nebenprodukte und Reststoffe der Holzverarbeitung genutzt.

Die Wärmenutzung ist der Bereich, in dem vielfach eine Wirtschaftlichkeit auch ohne staatliche Förderung gegeben ist. Ursache hierfür ist, dass der relativ günstige biogene Brennstoff direkt verwertet wird. Von 2000 bis 2006 hat sich jedoch die installierte elektrische Gesamtleistung der Anlagen, die biogene Festbrennstoffe verwenden, mehr als vervierfacht. Mit dem wachsenden Rohstoffbedarf steigen die Preise für die Energieträger wie Waldrestholz. Auch dürfte es aufgrund der zahlreichen in der Planung oder im Bau befindlichen Anlagen zu direkten Nutzungskonkurrenzen kommen, insbesondere wenn andere Industriezweige denselben Rohstoff verwenden.

Die Wärmenutzung ist nicht so gut statistisch erfasst wie die Bioenergienutzung bei Strom und Kraftstoffen. Das Potenzial der Wärmenutzung in der Kombination mit einer Stromerzeugung – d. h. durch Kraft-Wärme-Kopplung von Blockheizkraftwerken bis zu großen Heizkraftwerken – ist noch nicht ausgeschöpft. Eine wichtige Voraussetzung für den erweiterten Einsatz von Biomasse in Blockheiz- und Heizkraftwerken ist der Aufbau von Nah- und Fernwärmenetzen. Verbesserungsmöglichkeiten der heutigen Feuerungstechniken gibt es sowohl bei Wirkungsgraden wie auch bei den Emissionen (Nitsch et al. 2004, S. 36).

Strom

Die Bioenergienutzung zur Stromerzeugung kann mit festen Primärenergieträgern sowie flüssigen und gasförmigen Sekundärenergieträgern erfolgen. Die Stromerzeugung aus Biomasse ist aufgrund der staatlichen Förderung in den letzten Jahren stark ausgebaut worden. Grundsätzlich sollte eine gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom angestrebt werden, weil damit deutlich höhere Nutzungsgrade der Biomasse erzielt werden können. Die Feuerungsanlagen für biogene Festbrennstoffe beruhen auf schon seit Längerem entwickelten Techniken, weshalb hier die Kostensenkungspotenziale begrenzt sind. Vielfältiger noch als feste Brennstoffe lassen sich gasförmige biogene Brennstoffe (Biogas) nutzen. Hier sind mit

hilfe des Gasmotorenprinzips auch kleinere Anlagenleistungen mit Kraft-Wärme-Kopplung realisierbar.

Eine 2. Generation der Biomassenutzung wird in der Vergasung von fester Biomasse gesehen, die sich noch im Stadium der Entwicklung und Demonstration befindet. Bei erfolgreicher Vergasungstechnik könnte eine breite Rohstoffbasis von Energiepflanzen in Ganzpflanzennutzung über landwirtschaftliche Ernterückstände bis zu forstwirtschaftlichen Nebenprodukten und Reststoffen der Holzverarbeitung in einem Anlagenkonzept eingesetzt werden (Leible et al. 2007).

Neben der direkten Stromerzeugung könnte auch eine Aufbereitung von Biogas zu Biomethan oder eine Aufbereitung des Produktgases aus der Vergasung zu Biomechan bzw. Bio-SNG (synthetic natural gas) eine zukünftige Option sein. Biomethan dient der Einspeisung in das allgemeine Erdgasnetz, wo es dann wie Erdgas zur Bereitstellung von Wärme und Strom genutzt werden kann.

Kraftstoffe

Biokraftstoffe der 1. Generation sind Fette und Öle, deren Methylester (Biodiesel) sowie Bioethanol, die mittels biochemischer oder physikalisch-chemischer Umwandlungsverfahren gewonnen werden. Bei den gegenwärtig eingesetzten Verfahren wird nur ein Teil der aufwachsenden Biomasse genutzt. Die Erzeugung dieser Biokraftstoffe ist Stand der Technik und wird in Deutschland und anderen Ländern genutzt. Der starke Anstieg der Biokraftstoffnutzung in den letzten Jahren wurde durch eine entsprechende staatliche Förderung verursacht.

Als Biokraftstoffe der 2. Generation werden derzeit synthetische Biokraftstoffe oder Biomass-to-Liquid-Kraftstoffe (BtL-Kraftstoffe) entwickelt (Leible et al. 2009). Hier sollen lignocellulosehaltige Reststoffe und Ganzpflanzen zur Kraftstoffherstellung genutzt werden. BtL-Kraftstoffe können direkt in modernen Motoren eingesetzt werden und vergleichsweise einfach durch Änderungen bei der Synthese und Aufbereitung sich ändernden Anforderungen an die Kraftstoffe angepasst werden. Verschiedene BtL-Verfahren befinden sich derzeit in Deutschland in der Entwicklung (Schütte/Gottschau 2006).

3. Ökologische Bewertungen

Die an biogene Energieträger gerichteten Erwartungen als umweltfreundliche Lieferanten für Kraftstoffe, Strom und Wärme sind hoch. Angesichts ambitionierter Bioenergieziele in Deutschland, der EU und weltweit gibt es zunehmend Befürchtungen, dass die Nutzung von Biomasse insbesondere zur Kraftstoffherzeugung mehr Umweltprobleme hervorruft als beseitigt. Andererseits besteht die Hoffnung, dass durch Zertifizierung und Nachhaltigkeitsstandards für Bioenergie unerwünschte ökologische und soziale Auswirkungen im außereuropäischen Ausland begrenzt werden können.

Maßgebliche ökologische Bewertungskriterien für die verschiedenen Energiepflanzen und deren energetische

Nutzung sind ihr Beitrag zum Klimaschutz, zum Erhalt der Biodiversität, zum Boden- und Gewässerschutz und zum Erhalt des Landschaftsbildes. Wie groß der jeweilige Beitrag einer Bioenergieproduktionskette zur Energieversorgung und zum Klimaschutz ist, hängt von verschiedenen Faktoren, dem jeweiligen Produktionsverfahren sowie den regionalen Produktionsbedingungen ab. Anhand technologiespezifischer Ökobilanzen, welche die Umweltauswirkungen eines Produkts über dessen Lebensweg hinweg – von der Rohstoffgewinnung bis zur Nutzung und ggf. Entsorgung – erfassen, kann abgeleitet werden, wie Bioenergieproduktlinien im Vergleich untereinander und zur fossilen Referenz abschneiden. Bei der Substitution von CO₂-intensiven fossilen Energieträgern und Konversionstechniken wie zum Beispiel der Kohlenutzung ist die CO₂-Einsparung am höchsten (ausführlich hierzu und zum Folgenden: TAB 2007b, S. 176 ff.).

Die Ökobilanzergebnisse werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst, beispielsweise ob es sich um biogene Reststoffe oder Energiepflanzen handelt, welche Energiepflanzen wie angebaut werden, welche Nutzenergie aus Biomasse erzeugt wird und welches Verfahren dabei angewandt und wie das Referenzverfahren definiert wird. Einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis von Klimagasbilanzen haben Flächennutzungsänderungen, die durch den Anbau von Energiepflanzen ausgelöst werden. Die Resultate sind darüber hinaus abhängig von der Tiefe und Genauigkeit der Erfassung aller beteiligten Produkte.

Bereits zu Beginn der 1990er Jahre wurden erste Ökobilanzen zum Vergleich von fossilen Energieträgern mit Bioenergieträgern erstellt. Seitdem ist die Anzahl der untersuchten Bioenergieträger und der berücksichtigten Parameter kontinuierlich angestiegen, und auch die Untersuchungsmethodik ist verbessert worden. Dennoch ist eine umfassende ökologische Betrachtung der energetischen Biomassenutzung mittels Ökobilanzen nach Meinung des SRU (2007) bisher nicht erfolgt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Ökobilanzen sehr komplex sind (Reinhardt et al. 2006) und die Forschung mit den Entwicklungen in der Praxis meist nicht Schritt halten kann (Herrmann/Taube 2006; Rode et al. 2005). Dazu kommt, dass die vorliegenden Ergebnisse von Ökobilanzen oft nicht miteinander vergleichbar sind, weil die zugrundegelegten Annahmen wie Bezugsjahr und Systemgrenzen divergieren. Zudem wurden in vielen Untersuchungen die durch den Energiepflanzenanbau selbst bedingten Klimagasemissionen nicht berücksichtigt (SRU 2007), obwohl die dabei entstehenden Emissionen von Lachgas (N₂O) und Methan (CH₄) einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis haben können. Deshalb können die Ergebnisse von Ökobilanzen nur bedingt bzw. unter bestimmten Voraussetzungen verallgemeinert werden.

Die Ergebnisse sämtlicher Ökobilanzen von Bioenergieträgern zeigen gegenüber fossilen Referenzsystemen Vorteile bei Energieverbrauch und Emission von Treibhausgasen (Worldwatch Institute 2007). Allerdings sind einige Biokraftstoffprozessketten effizienter als andere. Die Energiebilanzen tropischer Pflanzen sehen deutlich besser aus als die heimischer Pflanzen, weil die Wachstums-

bedingungen (Lichteinstrahlung und Temperatur) dort günstiger sind als in gemäßigten Klimazonen. Der Nettoenergiegewinn bei der Erzeugung von Ölpalmen liegt z. B. mit 130 bis 150 GJ/ha deutlich höher als bei der Biodieselherstellung aus Raps in gemäßigten Breiten mit rd. 25 GJ/Jahr (EPEA 2007).

Die Ökobilanzergebnisse von Prozessketten zur energetischen Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe schneiden gegenüber den fossilen Energieträgern am besten ab, da hier die – teilweise hohen – Umweltbelastungen aus der landwirtschaftlichen Biomassebereitstellung wegfallen (TAB 2007b). Ebenfalls gute Ergebnisse zeigt die energetische Nutzung von Holz, da hier die Umweltauswirkungen bei der Rohstoffbereitstellung sehr gering sind. Mehrjährige lignocellulosehaltige Energiepflanzen (z. B. Kurzumtriebsplantagen) verursachen tendenziell weniger negative Umweltauswirkungen als einjährige Energiepflanzen wie Mais oder Raps, da ihr Bedarf an Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln sowie die aus der Bodenbearbeitung resultierende Gefahr der Bodenerosion geringer sind (EEA 2006).

Mit einer verstärkten Nutzung von Biomasse für die Bereitstellung von Strom und Wärme kann ein größerer Beitrag zur Verlangsamung des Klimawandels geleistet werden als durch die Herstellung von Biokraftstoffen. Allerdings kann der Wärmemarkt auch von anderen regenerativen Energiequellen mit zum Teil günstigeren Ökobilanzen bedient werden. Der wachsende Kraftstoffmarkt hat dagegen bislang keine regenerativen Alternativen zur Biomasse. Die Ökobilanzen der verwendeten bzw. in der Entwicklung befindlichen Biokraftstoffe unterscheiden sich teilweise deutlich. Biokraftstoffe aus tropischen Ländern und in Entwicklung befindliche Kraftstoffe der nächsten Generation wie BtL oder Ethanol aus Lignocellulose haben tendenziell ein größeres Potenzial zur Substitution fossiler Energieträger und zur Verringerung der Klimagasemissionen als Biokraftstoffe der sogenannten 1. Generation (z. B. Biodiesel aus Raps, Bioethanol aus Mais).

Beim Anbau und bei der Verarbeitung von Bioenergieträgern kann ein breites Spektrum von Umweltbelastungen entstehen. Dieses reicht von Überdüngung und Versauerung des landwirtschaftlichen Bodens bis hin zum Verlust an Artenvielfalt und zur Mehrbelastung durch gesundheitsschädigende Feinstaubemissionen. Bei den meisten Ökobilanzen zeigt sich ein Zielkonflikt zwischen der Substitution fossiler Energie und der Minimierung der Treibhausgasemissionen einerseits und einer positiven ökologischen Gesamtbilanz andererseits. Angesichts dieser Vor- und Nachteile in den unterschiedlichen Bewertungskategorien können auf der Basis von Ökobilanzen allein keine abschließenden Aussagen und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Die Schwierigkeit, zu wissenschaftlich abgesicherten und verallgemeinerbaren Gesamtbewertungen zu kommen, erhöht sich noch, wenn Umweltwirkungen einbezogen werden, die mit den Ökobilanzen nicht erfasst werden. Mit der Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus können relevante negative Auswirkungen auf Artenvielfalt, Verfügbarkeit von Phosphat,

Wasserhaushalt und Kulturlandschaft auftreten, die mit Ökobilanzen nicht abgebildet werden können. Negative Umweltwirkungen treten insbesondere auf, wenn der Energiepflanzenanbau zur Umwandlung von Grünland, zur Intensivierung bislang extensiv genutzter bzw. stillgelegter Flächen oder zu Regenwaldrodungen und Torfbödenutzungen in tropischen Ländern führt. Der Ansatz der EU, mittels Zertifizierung eine nachhaltige Erzeugung von Biokraftstoffen zu gewährleisten, zielt auf diese Probleme. Allerdings beinhaltet er nur zwei ökologische Kriterien: Klimaschutz und Erhalt der Biodiversität (ausführlich hierzu Kap. V.2).

4. Ökonomische Bewertungen

Die Kosten der Bioenergieerzeugung setzen sich zusammen aus den Kosten für die Biomassebereitstellung bzw. die landwirtschaftliche Energiepflanzenproduktion, den Transport der Biomasse, die Konditionierung und die Konversion zu Sekundär- bzw. Endenergieträgern. Die Bioenergieerzeugung aus Reststoffen ist in der Regel kostengünstiger als die aus Energiepflanzen, zumindest solange kostengünstige Reststoffe für die Bioenergienutzung verfügbar sind. Bei einem schnellen Ausbau der Bioenergienutzung und der Einführung neuer Konversionstechnologien auf der Basis von Reststoffen werden die Potenziale bei gleichzeitigen umwelt- und naturschutzrechtlichen Beschränkungen in absehbarer Zeit nicht ausreichen und zur Verteuerung entsprechender Biomassen führen (ausführlich hierzu und zum Folgenden: TAB 2007b, S. 198 ff.).

Bei Energiepflanzen machen die Kosten der landwirtschaftlichen Produktion einen großen Teil der Gesamtkosten aus und haben somit einen erheblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Energiepflanzenutzung. Deshalb lassen sich über preiswerte Biomasserträge am ehesten die Kosten senken. Die Kosten für die Energiepflanzenproduktion sind allerdings von der Entwicklung der Agrarpreise abhängig.

Bioenergieträger mit hoher Energiedichte, wie Biokraftstoffe, haben geringe Transportkosten und werden deshalb global gehandelt. Biokraftstoffe weisen beim internationalen Vergleich der Produktionskosten erhebliche Unterschiede auf, wobei die Produktionskosten für Bioethanol aus Zuckerrohr in Brasilien am niedrigsten liegen und diese Bioethanolherzeugung schon heute ohne staatliche Beihilfe konkurrenzfähig ist. Die niedrigeren Produktionskosten in tropischen Ländern sind durch hohe Biomasserträge und niedrige Boden- und Arbeitskosten bedingt.

Die Preise fossiler Energieträger bestimmen wesentlich die Wirtschaftlichkeit der Energiepflanzenutzung. Steigende Preise für fossile Energieträger bedeuten nicht nur höhere Preise für Bioenergieträger, sondern bewirken auch steigende Kosten im Energiepflanzenanbau. Außerdem führen steigende Weltmarktpreise für agrarische Rohstoffe tendenziell auch zu steigenden Preisen für Biomasse aus dem Energiepflanzenanbau, die entscheidend für die gesamten Kosten der Energiepflanzenutzung

sind. Damit wird eine zunehmende Wirtschaftlichkeit der Bioenergienutzung (durch steigende Preise für Erdöl etc.) voraussichtlich nicht verhindert, aber vermutlich verlangsamt. Einigkeit besteht insoweit, dass die Märkte für fossile Energien, für Energiepflanzen und Bioenergieträger sowie für Agrarprodukte und Nahrungsmittel mittlerweile miteinander verknüpft sind und sich gegenseitig beeinflussen.

Hinsichtlich neuer Konversionstechniken werden wirtschaftliche Vorteile der Vergasungstechnologie im Bereich der Stromerzeugung gesehen, während Verbrennungstechnologien bei der Bereitstellung von Wärme überlegen sind, insbesondere bei kleinen Heizanlagen und den wärmegeführten Heizkraftwerken. Außerdem sind neue Produktlinien der Wärme- und Stromerzeugung näher an der Wirtschaftlichkeit als die BtL-Herstellung. Allerdings gibt es im Bereich der Kraftstoffe gegenwärtig kaum andere Alternativen zu fossilen Energieträgern.

Die Nutzung von Energiepflanzen ist derzeit in der Regel nicht wirtschaftlich. Deshalb werden entsprechende Förderpolitiken eingesetzt, um die Energiepflanzenutzung zu ermöglichen und auszubauen. Die Kosten der Förderung werden wesentlich durch die Entwicklung der fossilen Energiepreise und der Produktionskosten bei der Energiepflanzenutzung bestimmt. Deren zukünftige Entwicklungen sind ungewiss, sodass Abschätzungen des Subventionsbedarfs mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind.

Eine erste Abschätzung der möglichen Beschäftigungswirkungen nachwachsender Rohstoffe und der Energiepflanzenutzung liegt vor. Diese zeigt, dass die Beschäftigungswirkungen im Bereich der Konversion sowie die indirekten und induzierten Beschäftigungswirkungen diejenigen in der Landwirtschaft überwiegen. Außerdem nimmt der Arbeitskräftebedarf der Landwirtschaft insgesamt durch den technischen Fortschritt und die damit verbundenen Produktivitätssteigerungen in der Agrarproduktion ab, was durch die Energiepflanzenutzung (sowie durch nachwachsende Rohstoffe insgesamt) nur verlangsamt, aber nicht umgekehrt werden kann. Bei einer Bilanzierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte treten nur geringe positive Nettobeschäftigungseffekte auf. Die Höhe der Nettobeschäftigungseffekte hängt entscheidend von der Preisdifferenz zu fossilen Energieträgern ab. Positive Effekte können auch als Folge einer technologischen Vorreiterstellung entstehen, wenn Konversionstechniken in relevantem Umfang exportiert werden können.

III. Ausbau der Energiepflanzenutzung und (Flächen-)Konkurrenzen

Parallel mit den bis zum Frühjahr 2008 stark steigenden Weltmarktpreisen für wichtige Agrarprodukte entwickelte sich eine breite Diskussion, inwieweit die zunehmende Biokraftstoffproduktion für diese Preisanstiege verantwortlich ist und ob die bestehenden Ausbauziele für Bioenergie in wichtigen Ländern der Agrarproduktion und des Biokraftstoffverbrauchs eine verschärfte Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion bewirken werden.

Eine Reihe von Studien zu Bioenergiepotenzialen und Ausbaustrategien sind in den letzten Jahren vorgelegt worden. Sie beschreiben in der Regel technische Potenziale, teilweise unter Berücksichtigung struktureller und ökologischer Restriktionen, und fragen nach dem maximalen Beitrag, den der Anbau von Energiepflanzen zur Energieversorgung leisten kann. Die Analyse der Studien für Deutschland und die EU in den Basisanalysen des TAB-Projekts hat gezeigt, dass die entsprechenden Szenarienergebnisse eine erhebliche Spannweite haben (TAB 2007b). Die verfügbaren globalen Potenzialabschätzungen weisen ebenfalls eine weite Streuung auf (WBGU 2009, S. 102 ff.). Die Ausbauszenarien sind von Klimaschutzpolitischen (und ergänzenden umwelt- bzw. naturschutzpolitischen) Zielsetzungen ausgehend konstruiert. Sie stellen damit normative Szenarien dar und analysieren, inwieweit eine gewünschte Zukunft erreicht werden kann. Sie geben aber keine Antwort auf die Frage, wie sich die Bioenergie- und Energiepflanzenutzung in Zukunft unter verschiedenen Rahmenbedingungen entwickeln wird und welche Konkurrenzsituationen als Folgewirkung dabei zu erwarten sind.

In diesem Kapitel werden denkbare zukünftige Entwicklungen der Energiepflanzenutzung beschrieben, in Abhängigkeit von günstigeren und ungünstigeren sozioökonomischen und politischen Rahmenbedingungen. Es werden dafür explorative Szenarien genutzt. Ihre Wirkungen werden auf globaler Ebene (Kap. III.1), für Deutschland (Kap. III.2) und auf regionaler Ebene (Kap. III.3) analysiert. Im Mittelpunkt steht dabei, für die möglichen Entwicklungen des Energiepflanzenanbaus (unter den Szenarienbedingungen) die jeweilige Ausprägung der Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion abzuschätzen. Zielsetzung ist, die möglichen Dimensionen des Problems einer Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung und die Möglichkeiten einer Berücksichtigung in politischen Ausbaustrategien zur Bioenergie herauszuarbeiten.

Im TAB-Projekt sind keine eigenen Szenarien entwickelt worden. Stattdessen werden die Szenarien des Millennium Ecosystem Assessments (MEA-Studie) der Vereinten Nationen genutzt, die die am besten ausgearbeiteten Szenarien möglicher globaler Entwicklungen darstellen. Die MEA-Szenarien werden im Kapitel III.1.3 vorgestellt und beschrieben.

Auf der globalen Ebene werden die Szenarienanalysen des MEA-Projekts im Hinblick auf die Bioenergienutzung und ihre Wirkungen ausgewertet und mit anderen Studien verglichen (Kap. III.1). Hier wurden also keine eigenen Szenarienrechnungen durchgeführt.

Für Deutschland werden aus den globalen MEA-Szenarien Annahmen zur Ausgestaltung entsprechender Szenarien für Deutschland (im Folgenden auch als MEA-D-Szenarien bezeichnet) abgeleitet, um die zukünftige Entwicklung von Konkurrenzen auf nationaler Ebene zu untersuchen (Kap. III.2). Im Mittelpunkt stehen dabei Annahmen zur Energiepflanzenutzung in Deutschland im Jahr 2020, differenziert nach Biokraftstoffen und Energiepflanzen zur Strom- und Wärmeergewinnung. Für die nationale Ebene war es nicht möglich, mittels ökonomi-

scher Modellberechnungen aus den Rahmendaten die zukünftige Entwicklung der Energiepflanzenutzung zu bestimmen. Deshalb wurde ein Satz konsistenter Annahmen für die MEA-D-Szenarien entwickelt. Die Annahmesetzungen werden im Kapitel III.2.2 vorgestellt und begründet. Vergleichend werden zwei Business-as-usual-Szenarien (BAU-Szenarien) für Deutschland zur Entwicklung der Biomassenutzung aus landwirtschaftlichem Anbau für Nichtnahrungszwecke herangezogen. Auf dieser Basis wird der resultierende Flächenbedarf (differenziert nach inländischem und ausländischem Flächenbedarf) bestimmt. Aus dem Flächenbedarf für die Energiepflanzenutzung und dem Flächenbedarf für Ernährung und für stoffliche Nutzungen von Biomasse wird der gesamte globale Flächenbedarf Deutschlands für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren abgeleitet und es werden die daraus resultierenden Konkurrenzsituationen diskutiert.

Schließlich werden regionale Flächen- und Ressourcennutzungskonkurrenzen und die entsprechenden Wirkungszusammenhänge analysiert (Kap. III.3), indem die vier MEA-Szenarien zur Ableitung von Annahmen für ein regionales Ressourcennutzungsmodell genutzt wurden. Dabei werden drei Regionen mit einheitlichen Agrarstrukturen (Region mit intensivem Ackerbau, Region mit Verbundbetrieben, Region mit intensiver Tierhaltung) betrachtet. Es werden sowohl Flächennutzungen als auch Ertragsmengen für verschiedene Wertschöpfungsketten der Lebensmittel- und Bioenergieerzeugung sowie die ökonomischen und ökologischen Folgewirkungen bestimmt. Die Vorgehensweise wird im Kapitel III.3.2 erläutert. Mit den regionalen Analysen wird gezeigt, dass sich, bedingt durch die agrarspezifischen Charakteristika der Regionen, die Konkurrenzen zwischen der Bioenergie- und der Nahrungsmittelproduktion in den Szenarien und Regionen sehr unterschiedlich darstellen.

Auf der Basis aller dieser Analysen werden dann im Kapitel III.4 die Hauptideen zusammengefasst und Schlussfolgerungen gezogen.

1. Entwicklungspfade auf globaler Ebene

Als Indiz für eine zunehmende Konkurrenz von Nahrungsmittelerzeugung und Energiepflanzenutzung sind wiederholt die bis Mitte 2008 stark gestiegenen Weltmarktpreise für Agrarprodukte angeführt worden. Die Ursachen für den Preisanstieg und der Wissensstand zum Einfluss der Energiepflanzenutzung, insbesondere der Biokraftstoffherzeugung, werden im Kapitel III.1.1 diskutiert, um die Ausgangslage zu klären. Anschließend werden die Ausbauziele für Bioenergie und die Energiepflanzenutzung vorgestellt, die bisher politisch festgelegt wurden (Kap. III.1.2). Die Analyse möglicher zukünftiger globaler Entwicklungswege beruht auf den Szenarien des Millennium Ecosystem Assessments (MEA), die im Kapitel III.1.3 vorgestellt werden. Die Auswirkungen der MEA-Szenarien auf die landwirtschaftliche Flächennutzung und Produktion, und die Bedeutung der Bioenergieproduktion dabei, werden im Kapitel III.1.4 beschrieben. Diese zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten werden

dann mit den Ergebnissen anderer globaler Szenarien-Studien verglichen (Kap. III.1.5). Die möglichen zukünftigen Konkurrenzen zur Nahrungsmittelproduktion und zu natürlichen Ökosystemen auf globaler Ebene werden im Kapitel III.1.6 analysiert. Die Kapitel III.1.3 bis III.1.6 beruhen wesentlich auf dem Gutachten des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie (Bringezu/Schütz 2008).

1.1 Ausgangslage

Die Weltmarktpreise für Agrarprodukte und Nahrungsmittel waren von 2006 bis zum Sommer 2008 stark gestiegen (Abb. 4). Dadurch nahm die Zahl der an Hunger und Mangelernährung leidenden Menschen zu und die Millenniumsentwicklungsziele (Millennium Development Goals) gerieten zunehmend in Gefahr. Zu den Millenniumsentwicklungszielen gehört, den Anteil der Hungernden und die Armut weltweit bis 2015 zu halbieren. Die weltweit stark steigenden Nahrungsmittelpreise führten in einer Reihe von Ländern zu Hungerunruhen. Diese Entwicklungen fanden breite öffentliche und politische Aufmerksamkeit. Die Probleme wurden beispielsweise auf internationaler Ebene während der FAO „High-Level Conference on World Food Security: the Challenges of Climate Change and Bioenergy“ vom 3. bis 5. Juni 2008 in Rom diskutiert.

Von verschiedener Seite, insbesondere in den Medien, wurde wiederholt der Ausbau der Biokraftstoffproduktion (Bioethanol und Biodiesel) als eine entscheidende Ursa-

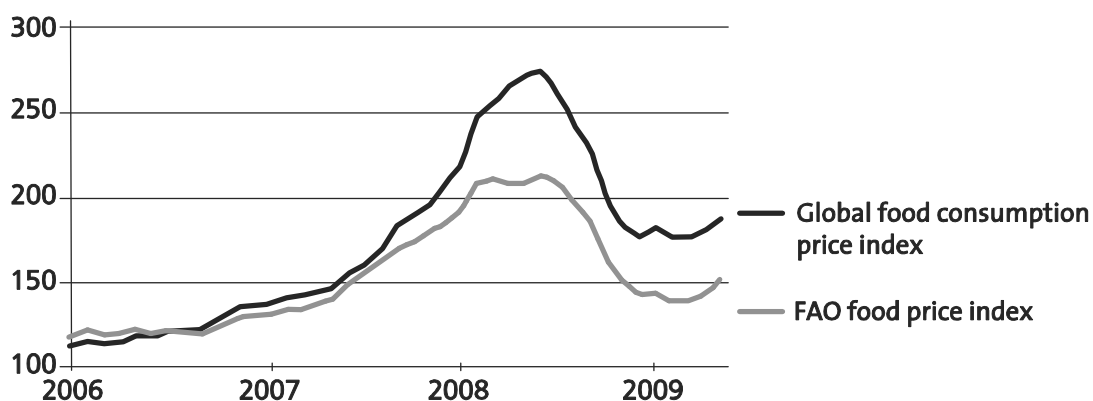
che für die Preisanstiege verantwortlich gemacht. Im Folgenden wird gezeigt, dass eine Reihe von längerfristigen wie auch akuten Entwicklungen ursächlich war und Veränderungen auf der Angebots- und der Nachfrageseite zusammenwirkten.

Die internationalen Nahrungsmittelmärkte umfassen in der Regel nur einen kleinen Teil der landwirtschaftlichen Produktion, d. h. der Anteil der gehandelten an den konsumierten Nahrungsmitteln ist meist gering (z. B. 2 bis 6 Prozent bei Reis). Daher reagieren Marktpreise für Nahrungsmittel schon auf relativ geringe Angebots- und Nachfrageschwankungen deutlich (Brüntrup 2008). Dies ist bei der Diskussion der Weltmarktpreise für Agrarprodukte und Nahrungsmittel als Indikator für Knappheiten und Konkurrenzen zu beachten.

Seit der Finanzkrise und der sich in vielen Ländern entwickelnden Rezession sind die Weltmarktpreise seit dem Sommer 2008 deutlich gefallen (Abb. 4). Beispielsweise sind die Getreidepreise bis zum Jahresende 2008 um über 50 Prozent gegenüber ihrem Höchststand Mitte des Jahres zurückgegangen. Diese neue Preisentwicklung ist durch sinkende Nachfrage bzw. ein erwartetes Nachlassen der Nachfrage infolge der Wirtschaftskrise bedingt. Dabei bestehen aber die längerfristigen, strukturellen Probleme, die zuvor zum Preisanstieg entscheidend beigetragen haben, weiterhin fort (FAO 2008). Mögliche zukünftige Entwicklungen werden ab Kapitel III.1.2 mithilfe der MEA-Szenarien untersucht.

Abbildung 4

Entwicklung wichtiger Agrarproduktpreise und des FAO-Nahrungsmittelpreisindex von 2005 bis 2009



FAO food price index (FFPI): handelsbasierter Preisindex – die Gewichtung der einzelnen Nahrungsmittel erfolgt anhand ihres Beitrags zum globalen Nahrungsmittelhandel.

Global food consumption price index (GFCPI): verbrauchsbasierter Preisindex – die Gewichtung der einzelnen Nahrungsmittel erfolgt anhand ihres Beitrags zum Gesamtkalorieneintrag eines Warenkorbs (der Beitrag von Hochpreisprodukten, wie z. B. Fleisch und Milchprodukte, ist geringer als der von Basisprodukten wie Reis und Getreide).

Angebotsentwicklungen

Es besteht seit langer Zeit eine erhebliche Unterfinanzierung der landwirtschaftlichen Forschung und Entwicklung und der landwirtschaftlichen Investitionen in Entwicklungsländern (Pardey et al. 2006; World Bank 2007, S. 166). Gleichzeitig ist die Unterstützung der OECD-Länder in der Entwicklungszusammenarbeit für die Landwirtschaft seit den 1980er Jahren stark zurückgegangen (World Bank 2007, S. 41). Außerdem haben die reichen Länder ihren Beitrag zur internationalen Agrarforschung reduziert. Die Folge ist, dass mögliche Produktionssteigerungen nicht realisiert wurden.

Hinzu kommt, dass sich die Ausrichtung der Agrarforschung in den Industriestaaten ändert. Die Ertragssteigerung steht nicht mehr alleine im Mittelpunkt, weil Fragen der umweltverträglichen Produktion und der gesunden Ernährung an Bedeutung gewinnen. Zusammen mit den Hochtechnologieentwicklungen für die Landwirtschaft der Industrieländer (z. B. Precision Agriculture) wird damit die Anpassung und Übernahme des technischen Fortschrittes in Ländern mit Ernährungsdefiziten schwieriger, und eine landwirtschaftliche Forschung und Entwicklung direkt in Entwicklungsländern, angepasst an ihre Standort- und Strukturbedingungen, wird zunehmend wichtiger (Pardey et al. 2006). Auf internationaler Ebene wurden diese Probleme unter anderem im letzten Weltentwicklungsbericht der Weltbank (World Bank 2007) thematisiert, und im Rahmen des multinationalen „International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development (IAASTD)“ sind Lösungsvorschläge erarbeitet worden (IAASTD 2008a u. b).

Die Nahrungsmittelproduktion in Entwicklungsländern ist in der Vergangenheit außerdem durch billige Agrarimporte aus den Industriestaaten beeinträchtigt worden. Die staatlichen Beihilfen für die Produktion und die Exportsubventionen der Industriestaaten einerseits und der Druck auf Entwicklungsländer (z. B. durch den Internationalen Währungsfonds) zum Abbau ihres Außenschutzes andererseits haben dazu geführt, dass die Agrarpreise in Entwicklungsländern sanken und die Landwirte dort teilweise nicht mehr konkurrenzfähig produzieren konnten, was eine steigende Importabhängigkeit in zahlreichen Entwicklungsländern bewirkte. Aus billigen Nahrungsmitteln der Vergangenheit dank Importen sind dann teure Nahrungsmittel infolge der stark gestiegenen Weltagrarpreise geworden, die die Armen nicht mehr bezahlen können. Hohe Agrarweltmarktpreise stellen allerdings für die Bauern in Entwicklungsländern prinzipiell auch eine Chance dar, die aber oftmals nur realisiert werden kann, wenn Unterstützung für den Kauf von Betriebsmitteln und den Aufbau von Infrastruktur (z. B. Bewässerung) bereitsteht. Außerdem findet eine Produktionsausweitung nur mit Zeitverzug statt.

Neben den längerfristigen Einflüssen haben aktuelle Ereignisse entscheidend zu den dramatischen Preisanstiegen beigetragen. Witterungsbedingte Ernterückgänge, wie beispielsweise durch die Dürre in Australien 2006/2007, haben zu Produktionseinbrüchen (bei Getreide), zu sinkenden Lagerbeständen und zu zurückgehenden Exporten

geführt (FAO 2008c, S. 42; OECD-FAO 2007, S. 52). Infolge des Klimawandels werden zukünftig vermehrt extreme Witterungsentwicklungen und -ereignisse erwartet, die größere Produktionsunsicherheiten bewirken werden.

Nachfrageentwicklungen

Die Nachfrage nach Fleisch und anderen tierischen Lebensmitteln hat sich in den letzten Jahrzehnten stark erhöht, zunächst in den Industrieländern und seit einigen Jahren auch in Schwellenländern. So ist die weltweite Fleischproduktion seit 1970 um mehr als das Zweieinhalbfache gestiegen, stärker als die pflanzliche Produktion. Dadurch bedingt hat der Futtermittelbedarf zugenommen, wobei sich durch die Intensivierung der Tierhaltung der Einsatz von Futtermitteln auf der Basis von Getreide und Soja noch zusätzlich erhöht hat. Rund ein Drittel der weltweiten Getreideproduktion geht heute in die Tierproduktion. Der negative Außenhandelsaldo bei landwirtschaftlichen Gütern der EU-15 und der damit verbundene „Flächenrucksack“ (d. h. die Flächenbeanspruchung außerhalb Europas für die Lebensmittelerzeugung) werden wesentlich durch Futtermittelimporte aus Nord- und Südamerika verursacht (Steger 2005).

Der weitere Zuwachs der Weltbevölkerung wird fast ausschließlich in städtischen Gebieten der Entwicklungsländer stattfinden. Es findet eine Abwanderung aus den ärmeren ländlichen Regionen in die wachsenden und reicheren urbanen Zentren statt. Schon heute lebt rund die Hälfte der Weltbevölkerung in städtischen Agglomerationen und Megacities. Damit entfallen Selbstversorgungsmöglichkeiten (im Rahmen der Subsistenzwirtschaft) und die Abhängigkeit von der Marktversorgung steigt.

In den letzten Jahren hat die wirtschaftliche Entwicklung und der steigende Wohlstand insbesondere in Schwellenländern eine zunehmende Nachfrage nach Lebensmitteln und auch tierischen Lebensmitteln (z. B. Fleisch u. Milch) bewirkt. In Entwicklungs- und Schwellenländern wird ein großer Teil des steigenden Einkommens für zusätzliche oder höherwertige Nahrungsmittel ausgegeben (vgl. Braun 2008). Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktion hat mit dieser Nachfrageentwicklung nicht mithalten, sodass dadurch die Preise mit unter Druck geraten sind.

Die enormen Preissprünge der letzten Zeit an den Agrarbörsen der Welt sind von sogenannten Hedgefonds, Indexfonds und anderen Investoren in den Rohstoffmärkten beeinflusst worden. Diese haben ihre Aktivitäten nicht mehr nur auf Rohstoffe wie Erdöl, Kohle und Erz beschränkt, sondern auch in großem Stil in die agrarischen Rohstoffmärkte in Erwartung weiter steigender Preise investiert. Dadurch sind die Preissteigerungen nicht ausgelöst, aber vermutlich verstärkt worden. Vor allem sind sie für die enormen Schwankungen an den Märkten verantwortlich (FAO 2008, S. 41 f.; Toepfer International 2008).

Die steigenden Nahrungsmittelpreise führten außerdem zu einer Reihe von Interventionen. Im Laufe des Jahres 2007 verhängten einzelne Länder Exportsperrern oder -ab-

gaben, um die internen Preise niedrig zu halten (z. B. Indien für Reis) oder um die üppigen Exportgewinne der Produzenten abzuschöpfen (z. B. Argentinien für Soja). Das entscheidende Motiv war dabei immer die Sorge um zu hohe Konsumentenpreise für Nahrungsmittel, selbst in klassischen Exportländern, die deutlich über den Inlandbedarf hinaus produzieren (Brüntrup 2008).

Schließlich ist die Produktion von Biokraftstoffen (Bioethanol und Biodiesel) in einigen Ländern (insbesondere USA, EU, Brasilien) deutlich angestiegen und hat sich insgesamt in den letzten fünf Jahren mehr als verdoppelt (Fischer et al. 2008, S. 36; Howarth et al. 2009, S. 18). Entsprechend ist der Bedarf an Agrarrohstoffen gestiegen. So hat beispielsweise die starke Ausdehnung der Bioethanolerzeugung in den USA zu einer erheblichen zusätzlichen Nachfrage nach Mais geführt, was sich in Preiserhöhungen niederschlug (FAO 2008a, S. 10 ff.; OECD-FAO 2007, S. 52). Die Preissteigerungen vieler anderer Agrarprodukte und Nahrungsmittel lassen sich dagegen nicht auf die aktuelle Biokraftstoffnutzung zurückführen, sondern sind nur vor dem Hintergrund der zuvor geschilderten Einflussfaktoren zu verstehen. Insgesamt ist der Flächenanteil für die Biokraftstoffherzeugung an der gesamten weltweiten Landwirtschaftsfläche nach wie vor sehr gering. Von der weltweit genutzten Ackerfläche von ca. 1 500 Mio. ha werden lediglich schätzungsweise 20 bis 30 Mio. ha, also 1 bis 2 Prozent, für den Energiepflanzenanbau zur Kraftstoffgewinnung genutzt (Carus 2009).

Kaum wahrgenommen und diskutiert wird, dass stark gestiegene Agrarpreise eine Reihe von Anpassungsreaktionen auslösen. Für die Landwirte wird es wieder attraktiver, Nahrungsmittel anstelle von nachwachsenden Rohstoffen zu produzieren, sofern sie nicht durch Lieferverträge gebunden sind oder beispielsweise in Biogasanlagen investiert haben. Dadurch wird tendenziell der Ausbau des Energiepflanzenanbaus gebremst. Die steigenden Agrarpreise führen außerdem zur Verteuerung der Biokraftstoffe, da die Biomassekosten hier mehr als die Hälfte der Gesamtkosten ausmachen (Kap. II.5). Die Folge ist, dass sich die Wirtschaftlichkeit verschlechtert bzw. bei Quotenregelungen höhere Kosten für die Verbraucher entstehen. Insgesamt entstehen erhebliche Unsicherheiten, die neue Investitionen in Konversionsanlagen zur Bioenergienutzung auf der Basis von Energiepflanzen vermutlich dämpfen werden.

In den Diskussionen wurde zudem oftmals nicht zwischen den Wirkungen der aktuellen Biokraftstoffnutzung und den zukünftigen Ausbauzielen unterschieden. Mögliche Auswirkungen der zukünftigen Energiepflanzenutzung auf Agrar- und Lebensmittelpreise werden nachfolgend im Kontext der explorativen Szenarien diskutiert.

Einfluss der Biokraftstoffherzeugung

Zu den Preiswirkungen der bisherigen Biokraftstoffnutzung gibt es nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen:

- In einer Studie wird die reale Preisentwicklung von 2000 bis 2007 mit einer simulierten Preisentwicklung für diesen Zeitraum verglichen, wobei für die Simulation ein geringeres Wachstum der Biokraftstoffherzeugung im Trend des Zeitraums von 1990 bis 2000 unterstellt wurde. Das Ergebnis ist, dass rund 30 Prozent des Preisanstiegs für Getreide auf die verstärkte Biokraftstoffherzeugung zurückzuführen ist (Rosegrant 2008).
- Ein internes Papier von Donald Mitchell (World Bank), das im Sommer 2008 an die Presse gelangte, kommt zu dem Ergebnis, dass der Anstieg des Weltbankindex für Nahrungsmittelpreise um 140 Prozent von Januar 2002 bis Februar 2008 wesentlich durch die erhöhte Biokraftstoffherzeugung in den USA und der EU verursacht wurde. Hinsichtlich der Einflüsse durch sinkende Getreidevorräte, Landnutzungsänderungen, Spekulation und Exportbeschränkungen wird argumentiert, dass diese erst durch die erhöhte Nachfrage für Biokraftstoffe ihre Preiswirkungen entfalten konnten. Die Argumentation basiert auf der Zusammenstellung einiger statistischer Daten und ist nicht durch Modellrechnungen abgesichert.
- Ein Report für die US-Nahrungsmittelindustrie enthält folgende Kalkulation: Wenn die Ethanolerzeugung in den USA zu einem Anstieg des Maispreises in den USA um 60 Prozent zwischen 2006/2007 und 2008/2009 geführt hätte, dann würde sich der US-Verbraucherpreisindex für Nahrungsmittel nur um 0,6 bis 0,9 Prozent erhöhen (Collins 2008, zit. n. Gerber et al. 2008, S. 7).

Diese Resultate sind nicht direkt vergleichbar, da sie auf sehr unterschiedlichen methodischen Ansätzen beruhen und verschiedene Indizes (Erzeugerpreise, Exportpreise, Verbraucherpreise) als Kenngröße für Nahrungsmittelpreise verwenden (Gerber et al. 2008). Im Ergebnis ist festzuhalten, dass die steigende Biokraftstoffherzeugung zum Anstieg der Nahrungsmittelpreise beigetragen hat, die genaue Größenordnung sich jedoch nicht quantifizieren lässt (siehe auch IEA 2008, S. 174; WBGU 2009, S. 70 f.).

1.2 Ausbauziele für die Energiepflanzenutzung

Die Entwicklung der Energiepflanzenutzung wird wesentlich durch die politische Gestaltung von Rahmenbedingungen und Fördermaßnahmen bestimmt. In diesem Kapitel wird ein kurzer Überblick gegeben. Eine ausführliche Darstellung erfolgte in den Basisanalysen (TAB 2007b). Im Mittelpunkt stehen hier die Ausbauziele, d. h. welche zukünftigen Bioenergienutzungen auf der Basis von Energiepflanzen festgelegt wurden.

Die energetische Nutzung von Biomasse kann in Form von elektrischer Energie, Wärme und Kraftstoff erfolgen. Hierfür sind jeweils spezifische technologische Pfade der Konversion (Kap. II.3) einzuschlagen. Die Situation bei den Ausbauzielen stellt sich in den verschiedenen Nutzungsbereichen unterschiedlich dar.

Ausbauziele für die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bestehen in der Europäischen Union und in den einzelnen Mitgliedstaaten. Der Anteil des erneuerbaren Stroms in der EU-25 soll auf 21 Prozent im Jahr 2010 steigen (von 13,7 Prozent im Jahr 2004). Dieses Ziel umfasst auch die Stromerzeugung aus Biomasse, legt aber für diesen spezifischen Teil der erneuerbaren Stromerzeugung keine eigenen Ziele fest. Dies gilt auch für eine Reihe außereuropäischer Länder. China benennt, als Ausnahme, für das Jahr 2020 eine angestrebte Stromerzeugung aus Biomasse in der Größenordnung von 20 000 MW_{el}.

Für die Wärmeproduktion bestehen weder auf EU-Ebene und den einzelnen EU-Mitgliedstaaten noch in den ausgewählten außereuropäischen Ländern Zielvorgaben. Jedoch ist unstrittig, dass z. B. das europäische 20 Prozent-Ziel im Bereich der erneuerbaren Energien nur bei gleichzeitigem Ausbau der regenerativen Wärme – und hier insbesondere aus Biomasse – erreicht werden kann.

Zielvorgaben für die Nutzung von Biokraftstoffen (Tab. 1) sind in vielen Ländern formuliert worden (Bringezu/Schütz 2008, S. 28 f.; FAO 2008c, S. 29; IE 2007a, S. 5 ff.):

- In der EU soll gemäß der Biokraftstoffrichtlinie (Richtlinie 2003/30/EG) der Mengenanteil an Biokraftstoffen bis zum Jahr 2010 auf 5,75 Prozent gesteigert werden. Mit Ausnahme von Deutschland und Frankreich, welche für das Zieljahr 2010 ein Richtziel von 6,75 bzw. 7 Prozent Biokraftstoffanteil am Kraftstoffmix festgelegt hatten, liegen die Zielvorgaben aller anderen EU-Mitgliedstaaten darunter. Deutschland hat mittlerweile sein Ausbauziel für 2010 auf 6,25 Prozent reduziert. Für das Jahr 2020 hat die EU ein Biokraftstoffziel von 10 Prozent (energetischer)

Anteil von Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch im Transportsektor festgelegt.

- In den USA soll nach dem Energy Independence and Security Act von 2007 (EISA 2007) durch Ethanolbeimischungen zu Benzin der Biokraftstoffverbrauch bis 2022 auf ca. 136 Mrd. l steigen. Davon sollen etwa 80 Mrd. l durch neue Biokraftstoffe wie Bioethanol aus Cellulose bereitgestellt werden. Der Beitrag von Bioethanol aus Mais soll auf ca. 57 Mrd. l begrenzt werden, das entspricht etwa der dreifachen Menge, die 2007 verwendet wurde (17,8 Mrd. l). Bereits 2008 sollten ca. 34 Mrd. l Bioethanol dem Kraftstoff in den USA beigemischt werden, fast doppelt so viel wie in 2007. Als begleitende Maßnahme soll der durchschnittliche Flottenverbrauch von Personenkraftwagen und Kleintransportern in den USA auf ca. 6,7 l pro 100 km eingeschränkt werden.
- In Brasilien werden Biokraftstoffe bereits seit der ersten Ölkrise in den 1970er Jahren mit einem staatlichen Ethanolprogramm unterstützt. Auf diese Weise konnte eine leistungsstarke und kostengünstige Bioethanolproduktion aufgebaut werden. Heute kann ein erheblicher Anteil des motorisierten Individualverkehrs mit sogenannten „flex-fuel vehicles“ (FFV) Benzin und Bioethanol in allen denkbaren Mischungen nutzen. Bisher hat Brasilien Bioethanol vor allem für den heimischen Kraftstoffmarkt produziert. Durch die gestiegene Nachfrage auf dem Weltmarkt wird die Ethanolproduktion ausgebaut. Ziel ist, die Exportmengen von 2005 bis 2010 zu verdoppeln. Ergänzend wurde im Jahr 2005 eine brasilianische Biodieselstrategie vorgelegt, um bis Ende 2010 dem fossilen Diesel 5 Prozent Biodiesel beizumischen. Hierzu wird sowohl die Verarbeitung von kostengünstigem Pflanzenöl (Soja- und

Tabelle 1

Ausbauziele für Biokraftstoffe

Land	Ausbauziele
Brasilien	58 Prozent Biokraftstoffanteil im Jahr 2020, 20 bis 25 Prozent Ethanolbeimischung bei Benzin, 5 Prozent Biodieselbeimischung bei Diesel im Jahr 2010
China	15 Prozent Biokraftstoffanteil im Jahr 2020
Europäische Union	5,75 Prozent Biokraftstoffanteil im Jahr 2010, 10 Prozent Anteil erneuerbarer Energien im Transportsektor im Jahr 2020
Kanada	5 Prozent Biokraftstoffbeimischung bei Benzin im Jahr 2010, 2 Prozent Biodieselbeimischung bei Diesel im Jahr 2012
Indien	5 bis 10 Prozent Biokraftstoffbeimischung bei Benzin im Jahr 2020 (vorgeschlagen), 20 Prozent Biodieselbeimischung bei Diesel im Jahr 2020 (vorgeschlagen)
Südafrika	10 Prozent Biokraftstoffanteil in Beratung
USA	138 Mio. l Ethanolbeimischung zu Benzin im Jahr 2022

Quelle: eigene Zusammenstellung nach Bringezu/Schütz 2008, S. 28 f.; FAO 2008c, S. 29

Palmöl) verfolgt (sogenannter H-Diesel) wie auch die dezentrale Erzeugung von Biodiesel auf der Basis von Rizinusöl (ggf. auch von anderen heimischen Ölpflanzen). Insgesamt strebt Brasilien einen Biokraftstoffanteil von 58 Prozent im Jahr 2020 an.

- Chinas Energiepolitik ist von Bemühungen um die sichere Deckung der schnellwachsenden Energienachfrage geprägt, sowohl im Strom- als auch im Kraftstoffbereich. Ziel der 2002 verabschiedeten Bioethanolstrategie ist eine Minderung der lokalen Verkehrsemissionen. Hierzu soll zunächst in ausgewählten Städten eine 10%ige Beimischung von Bioethanol in Benzin erreicht werden (E10-Strategie). Das Bioethanol wird überwiegend aus heimischen Rohstoffen – insbesondere Mais – hergestellt. Bis 2020 will China eine Biokraftstoffquote von 15 Prozent erreichen.
- In Indien wurde ausgehend von Verbrauchssteigerungen an Rohöl von nahezu 100 Prozent für den Zeitraum 2001 bis 2007 als Ziel eine Substitution von Diesel durch Biodiesel um 20 Prozent und eine Substitution von Benzin durch Bioethanol um 5 bis 10 Prozent bis 2020 beschlossen. Im Rahmen der „National Mission on Biodiesel“ ist die Bereitstellung von 13 Mio. t Biodiesel pro Jahr geplant, wobei substantielle Förderungen von internationalen Fonds für Armutsbekämpfung und globalen Umweltschutz erwartet werden.

Damit bestehen in den wichtigsten Anbau- und Verbrauchsländern mittlerweile Ausbauziele für Biokraftstoffe. Insbesondere die USA planen einen Mengeneinsatz, der die Summe der übrigen betrachteten Länder übersteigt. Über die Herkunft der Biokraftstoffe werden generell nur vergleichsweise unkonkrete Angaben gemacht.

1.3 Szenarien des Millennium Ecosystem Assessments

Zur Analyse der zukünftigen Entwicklung der Energiepflanzenutzung und ihrer Wirkungen werden im TAB-Projekt die Szenarien des Millennium Ecosystem Assessments genutzt.

Das Millennium Ecosystem Assessment (MEA) wurde im Jahr 2000 vom Generalsekretär der Vereinten Nationen Kofi Annan ins Leben gerufen und von 2001 bis 2005 durchgeführt. Es wurde von UNEP koordiniert und von einem Multistakeholdergremium geleitet, bestehend aus Vertretern internationaler Institutionen, Regierungen, Unternehmen, Nichtregierungsorganisationen und NGOs indigener Völker. Das MEA wurde von über 1 300 Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen aus 95 Ländern erarbeitet und stellt die umfassendste globale Zustands-, Trend- und Szenarioanalyse in Bezug auf Ökosysteme dar (Bringezu/Schütz 2008, S. 9; Grundmann/Kimmich 2008, S. 16).

Ziel des MEA war es, die Folgen von Veränderungen bei Ökosystemen auf das Wohlergehen der Menschheit zu ergründen, und so eine wissenschaftliche Basis für Hand-

lungsmöglichkeiten zum Erhalt und zur nachhaltigen Nutzung von Ökosystemen bereitzustellen (MEA 2005a u. b). Die Kernfragen im MEA waren:

- Wie haben sich Ökosysteme und ihre Dienstleistungen verändert?
- Was hat diese Veränderungen hervorgerufen?
- Wie haben sich diese Veränderungen auf das Wohlergehen der Menschheit ausgewirkt?
- Wie könnten sich Ökosysteme in Zukunft verändern und was wären die Folgen für das Wohlergehen der Menschheit?
- Welche Optionen gibt es, den Erhalt von Ökosystemen und ihres Beitrags zum Wohlergehen der Menschheit zu unterstützen?

Während die Zustandsanalyse auf die Auswirkungen der letzten 50 Jahre zurückblickt, basiert die Szenarioanalyse auf einem Zeithorizont bis 2050. Das MEA beschreibt mögliche zukünftige Entwicklungen von natürlichen Ökosystemen und die Inanspruchnahme ihrer Funktionen durch den Menschen in vier Szenarien. Zwei wesentliche Dimensionen unterscheiden die gewählten Szenarien: globale und regionale Governance und wirtschaftliche Entwicklung sowie reaktive und proaktive Ansätze des Ökosystemmanagements.

Die MEA-Szenarien

Die Szenarien beinhalten eine ausführliche Beschreibung ihrer Entwicklungen in drei Zeitabschnitten sowie ihrer potenziellen Vorteile und Risiken. In Kurzform lassen sich die MEA-Szenarien folgendermaßen beschreiben (Abb. 5):

- Das Szenario „Global Orchestration“ (GO) beschreibt eine global vernetzte Welt, die sich auf globalen Handel und wirtschaftliche Liberalisierung wie Abbau von Handelshemmnissen konzentriert und auf Umweltprobleme nur reagiert. Gleichzeitig werden erhebliche Anstrengungen zur Reduktion von Armut und sozialen Ungleichheiten unternommen und in öffentliche Güter wie Infrastruktur und Bildung investiert. In diesem Szenario ist das wirtschaftliche Wachstum am höchsten und die Weltbevölkerung nimmt am geringsten zu.
- Das Szenario „Order from Strength“ (OS) repräsentiert eine regionalisierte und fragmentierte Welt, die vor allem um Sicherheit besorgt ist und in der Grenzen eine zunehmende Rolle spielen, um sich vor Armut, Konflikten und Umwelterstörung zu schützen. Die Märkte der verschiedenen Wirtschaftsräume stehen im Vordergrund, Ausgaben für öffentliche Güter finden geringe Beachtung und es wird einem reaktiven Ansatz bei den Umweltproblemen gefolgt. In diesem Szenario ist das wirtschaftliche Wachstum am geringsten (insbesondere in Entwicklungsländern) und die Weltbevölkerung nimmt am stärksten zu.
- Das Szenario „Adapting Mosaic“ (AM) konzentriert sich auf die Möglichkeiten des regionalen, proaktiven und adaptiven Umweltmanagements. Das Vertrauen in globale Governance geht zurück und das Verständnis

für Widerstandsfähigkeit (resilience) und lokale Flexibilität nimmt zu. Lokale Institutionen werden gestärkt. Kommunikation und Erfahrungsaustausch zwischen Regionen führt zur Übernahme erfolgreicher Strategien. Das Wirtschaftswachstum ist zunächst niedrig und nimmt dann zu, die Weltbevölkerung erreicht das Niveau des Szenarios „Order from Strength“.

- Das Szenario „TechnoGarden“ (TG) beinhaltet wiederum eine global vernetzte Welt, in der besonders das Potenzial umweltfreundlicher Technologien entwickelt wird, damit Umweltprobleme proaktiv vermieden werden. Das Wirtschaftswachstum ist in diesem Szenario hoch und die Entwicklung der Weltbevölkerung bewegt sich auf einem mittleren Niveau.

Zentrale Annahmen und Entwicklungen in den MEA-Szenarien

Die Weltbevölkerung erhöht sich in den MEA-Szenarien auf 8,1 („Global Orchestration“) bis 9,6 („Order from Strength“) Mrd. Menschen im Jahr 2050. Die Werte liegen damit zwischen der niedrigen (7,8 Mrd.) und hohen (10,8 Mrd.) Variante der UN-Prognose und um die mittlere UN-Variante von 9,2 Mrd. Menschen im Jahr 2050 (Bringezu/Schütz 2008, S. 18).

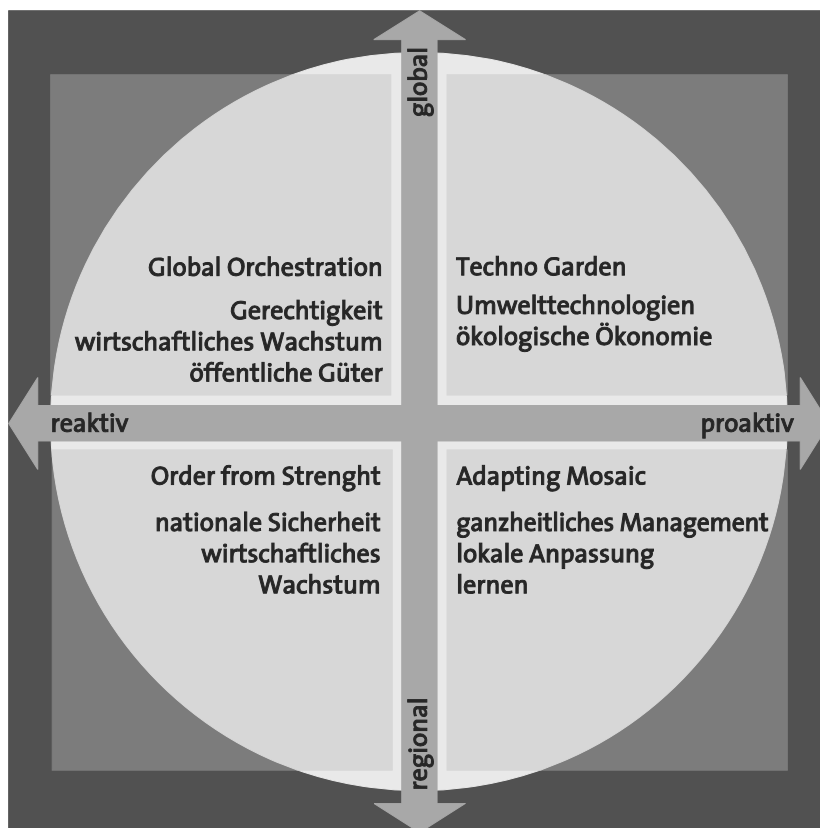
Die wirtschaftliche Entwicklung verläuft in den MEA-Szenarien sehr unterschiedlich und führt in Kombination mit unterschiedlichen Bevölkerungsentwicklungen zu stark unterschiedlichen pro Kopf Einkommen (gemessen als BIP). Dieses liegt im globalen Durchschnitt zwischen 9 800 US-Dollar pro Person im Jahr 2050 („Order from Strength“) und 22 300 US-Dollar pro Person im Szenario „Global Orchestration“. Gegenüber der Situation im Jahr 2000 mit ca. 5 100 US-Dollar pro Person sind stets deutliche Wohlstandssteigerungen in den vier Szenarien angenommen worden (Bringezu/Schütz 2008, S. 20).

Ein hohes pro Kopf Einkommen bewirkt in den MEA-Szenarien vor allem einen erhöhten Nahrungsbedarf und Fleischkonsum sowie einen erhöhten Energiebedarf, der wiederum eine verstärkte Nachfrage nach Bioenergie zur Folge hat. Alle diese Faktoren führen zu erhöhtem Bedarf an Anbauflächen.

Von besonderer Relevanz für den zukünftigen Bedarf an landwirtschaftlicher Nutzfläche ist die Entwicklung des Fleischkonsums. Dieser liegt im Jahr 2050 in den drei Szenarien „TechnoGarden“, „Order from Strength“ und „Adapting Mosaic“ relativ gleich bei 41 bis 42 kg pro Kopf und Jahr, etwa 13 Prozent bis 17 Prozent höher als im Jahr 2000. Ein deutlich stärkerer Anstieg des Fleisch-

Abbildung 5

Kurzcharakteristik der MEA-Szenarien



Quelle: Bringezu/Schütz 2008, S. 10

konsums auf ca. 61,5 kg pro Person und Jahr ergibt sich im Szenario „Global Orchestration“ (plus 71 Prozent gegenüber 2000), vor allem aufgrund des hohen Pro-Kopf-Einkommens (Bringezu/Schütz 2008, S. 19).

Der zukünftige Flächenbedarf wird weiterhin vom technischen Fortschritt in der Landwirtschaft bestimmt, der ebenfalls szenarienabhängig ist. Die Hektarerträge bei der Leitkultur Getreide weisen gegenüber 2004 Steigerungsraten zwischen 5 Prozent und 40 Prozent auf (bzw. durchschnittlich zwischen 0,1 Prozent und 0,9 Prozent pro Jahr), sodass 2050 im Durchschnitt Erträge zwischen 3,5 („Order from Strength“) und 4,7 t/ha („Global Orchestration“) erreicht werden. Diese Entwicklungen liegen im Bereich der Erwartungen der FAO von 3,6 t Getreide pro ha bis 2030 (bzw. einer durchschnittlichen Ertragssteigerung von 0,3 Prozent pro Jahr bei einem Ausgangswert von 3,35 t/ha im Jahr 2004). Das IFPRI erwartet eine durchschnittliche Steigerung auf 3,4 t Getreide pro ha bis 2020 (bzw. eine durchschnittliche Zunahme der Erträge um 0,1 Prozent pro Jahr ab 2004) (Bringezu/Schütz 2008, S. 20 f.).

1.4 Landwirtschaft und Energiepflanzen-nutzung in den MEA-Szenarien

In diesem Kapitel wird dargestellt, wie sich die landwirtschaftliche Flächennutzung insgesamt entwickelt und welche Rolle dabei die Bioenergienutzung spielt.

Landwirtschaftliche Flächennutzung und Produktion

Im MEA wird die Kategorie „Anbauland“ („cropland“) betrachtet, die sich aus Ackerland und Dauerkulturen zusammensetzt, wobei das Ackerland eindeutig dominiert

(ca. 91 Prozent Anteil von Ackerland am Anbauland weltweit in 2003).

Die Unterschiede im absoluten Ausmaß der im Jahr 2050 genutzten Anbaufläche in den vier Szenarien fallen recht deutlich aus (Tab. 2). Dagegen wird die pro Person der Weltbevölkerung zur Verfügung stehende Anbaufläche im Jahr 2050 über alle vier Szenarien hinweg in etwa auf dem gleichen Niveau von ca. 0,2 ha pro Kopf liegen. Damit würde die Verfügbarkeit 2050 in etwa den FAO Annahmen für 2030 entsprechen (FAO 2003). Sie läge damit deutlich unter der aktuellen Pro-Kopf-Verfügbarkeit von Anbauland von ca. 0,25 ha (Bringezu/Schütz 2008, S. 16).

Aufgrund der unterschiedlichen, aus den Szenarioannahmen abgeleiteten Ertragssteigerungen werden im Jahr 2050 auf dem pro Person zur Verfügung stehenden Anbauland je nach Szenario verschieden hohe Biomasse-mengen pro Person geerntet. Nimmt man die Getreideerträge als Orientierungsgröße, so ergibt sich für das Szenario „Global Orchestration“ 2050 knapp 1 t pro Kopf, etwa 23 Prozent mehr als im Jahr 2000 (ca. 0,8 t pro Kopf). Im Szenario „TechnoGarden“ wird ebenfalls mit 0,85 t pro Person eine Steigerung erzielt. Dagegen findet in den regional orientierten Szenarien „Order from Strength“ und „Adapting Mosaic“ ein Rückgang in der Getreideproduktion auf 0,72 bzw. 0,74 t pro Kopf der Weltbevölkerung statt (Bringezu/Schütz 2008, S. 16).

Bioenergieproduktion und -nutzung

Die Biomasse zur energetischen Nutzung wird im MEA unterschieden in:

- „traditionelle Bioenergie“ (Brennholz u.Ä.)

Tabelle 2

Globale landwirtschaftliche Flächennutzung in den MEA-Szenarien im Jahr 2050

	Status 2000	Global Orchestration	Order from Strength	Adapting Mosaic	Techno Garden
Anbaufläche (Mio. ha)	1.544	1.647	1.956	1.853	1.750
Weideland (Mio. ha)	3.431	3.769	4.003	3.576	3.589
LW-Nutzfläche (Mio. ha)	4.976	5.416	5.959	5.429	5.339
Hauptgründe für Entwicklung		hoher Bedarf Futtermittel	hoher Bedarf Nahrungsmittel		hoher Bedarf Bioenergie
Anbauland pro Kopf (ha)	0,25	0,203	0,204	0,195	0,198
LW-Nutzfläche pro Kopf (ha)	0,82	0,67	0,62	0,57	0,61

Quelle: Zusammenstellung aus MEA 2005b nach Bringezu/Schütz 2008, S. 13

- „moderne Bioenergie“ (Bioethanol aus Mais oder Zuckerrohr, Pflanzenöl und Biodiesel aus Raps, schnellwachsende Hölzer zur Stromerzeugung sowie landwirtschaftliche Abfälle zur Stromerzeugung).

Letztere sind im Rahmen des TAB-Projekts von Interesse und werden genauer analysiert. Die Entwicklung des Energieverbrauchs und der Bioenergienutzung in den MEA-Szenarien ist in Tabelle 3 zusammengefasst. Die Bioenergienutzung in den Szenarien beruht jeweils auf einem differenzierten Mix aus Biomasse mit unterschiedlich hohen Energiegehalten. Da im Biomassemix außerdem auch noch biogene Abfall- und Reststoffe enthalten sind, ergeben sich in den Szenarien aus der Bioenergienutzung jeweils ein unterschiedlicher Bedarf an landwirtschaftlicher Fläche. In den MEA-Berichten ist die Zusammensetzung der energetisch genutzten Biomasse nicht dokumentiert und konnte von den Bearbeitern auch nicht in Erfahrung gebracht werden, sodass eine Differenzierung der Analyse nach einzelnen Bioenergieträgern nicht möglich war.

In den MEA-Szenarien ergibt sich bis 2050 ein deutlicher Anstieg der Nutzung von „moderner Bioenergie“: Um das 7-Fache gegenüber 2000 im Szenario „Global Orchestration“, das 5-Fache in „TechnoGarden“, das 3,8-Fache in „Adapting Mosaic“ und das 3,2-Fache in „Order from Strength“ (Tab. 3, Bioenergie in Mio. t). Insgesamt

führen die Szenarien mit einer Ausrichtung auf globale Governance und Wirtschaft zu einem höheren Bedarf an Bioenergie als die eher regional ausgerichteten Szenarien. Der stärkste Anstieg für Bioenergie im Szenario „Global Orchestration“ ergibt sich in erster Linie durch den Kostenanstieg für fossile Energieträger, während der Hauptgrund für den ebenfalls starken Anstieg im Szenario „TechnoGarden“ in einer verstärkten Klimapolitik begründet ist (Bringezu/Schütz 2008, S. 14).

Im Szenario „Global Orchestration“ wird der stärkste Anstieg und Beitrag der globalen Bioenergieproduktion bis 2050 in Asien erwartet (68 Prozent im Jahr 2050, Faktor 9 gegenüber 2000). Als Hauptgründe für diese Entwicklung werden genannt: Zum einen ist ausreichend Anbaufläche für den Energiepflanzenanbau verfügbar. Die Nahrungsmittelproduktion erfolgt in den meisten Regionen sehr effizient auf bestehenden Flächen, weil hohe Erträge infolge von Investitionen in Forschung, Dünger und andere Inputs erzielt werden. Zum anderen ist der Bedarf an Elektrizität wegen des hohen ökonomischen Wachstums groß, und damit auch die Nachfrage nach Bioenergie, vor allem weil diese auf relativ billigem und produktivem Land angebaut werden kann. Eine negative Begleiterscheinung ist jedoch die hohe Rate an Entwaldung in den Regionen, die Bioenergiepflanzen anbauen (Bringezu/Schütz 2008, S. 15).

Tabelle 3

Energieverbrauch und Bioenergienutzung in den MEA-Szenarien im Jahr 2050

	Status 2000	Global Orchestration	Order from Strength	Adapting Mosaic	Techno Garden
Energieverbrauch pro Jahr (EJ)	400	1.200	800	880	510
Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch (%)	2,0	10,5	8,0	18,0	42,0
Bioenergie (Mio. t)	54	384	172	207	281
Flächenbedarf für Bioenergie (Mio. ha)	–	144	41	226	206
Bioenergienutzung pro Jahr (EJ)	–	68	34	85	119
Anteil Bioenergie am Energieverbrauch (%)	–	5,7	4,3	9,7	23,4
Anteil Bioenergie an erneuerbaren Energien (%)	–	54,1	53,3	53,8	55,7
Treibhausgasemissionen (Gt C-Äquivalente)	9,8 (1995)	25,6	20,3	18,0	7,1
Entwicklung Treibhausgasemissionen (%)	–	161	107	84	-28

Quelle: Zusammenstellung aus MEA 2005b nach Bringezu/Schütz 2008, S. 13

Im Szenario „TechnoGarden“ führt die Klimapolitik zum zweithöchsten Anstieg von Bioenergienutzung in den vier MEA-Szenarien. Gegenüber dem Szenario „Global Orchestration“ bedingen jedoch das geringere Einkommen und dadurch der geringere Energiebedarf einen niedrigeren Bioenergieverbrauch (Bringezu/Schütz 2008, S. 15). Dieses Szenario ist das Einzige, in dem eine Reduktion der Klimagasemissionen gegenüber dem Ausgangsjahr 1995 gelingt.

Im Szenario „Order from Strength“ liegt die Produktivität des Anbaulandes am niedrigsten unter den vier MEA-Szenarien, bedingt durch geringe Investitionen im Sektor Landwirtschaft. Bei gleichzeitig höchstem Bevölkerungswachstum muss der damit steigende Bedarf an Nahrungsmitteln zumindest teilweise von neuem Anbauland gedeckt werden. Energiepflanzen konkurrieren mit Nahrungspflanzen um Anbauland, und dies führt zur Verteuerung von Land und Bioenergie. Zudem bedingt das geringe ökonomische Wachstum dieses Szenarios einen geringeren Energiebedarf. In der Summe führen diese Faktoren zum geringsten Ausbau von Bioenergie unter allen MEA-Szenarien. Gleichzeitig umfasst dieses Szenario die höchsten Verluste an Wald durch Rodung (Kap. III. 1.6).

Das Szenario „Adapting Mosaic“ stellt einen Zwischenfall verglichen mit den anderen drei Szenarien dar. Ökonomisches Wachstum und Ertragssteigerungen liegen höher als in „Order from Strength“, aber niedriger als in den anderen beiden Szenarien. Folglich liegen der Energiebedarf etwas höher und die Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion etwas niedriger als in „Order from Strength“, und die Bioenergieproduktion etwas höher (Bringezu/Schütz 2008, S. 15).

Die globale Anbauflächennutzung für Bioenergie liegt im Jahr 2050 bei 144 Mio. ha im Szenario „Global Orchestration“, bei 206 Mio. ha in „TechnoGarden“ sowie 226 Mio. ha in „Adapting Mosaic“. Das entspricht zwischen 8,7 Prozent und 11,8 Prozent des globalen Anbaulandes (Bringezu/Schütz 2008, S. 15 f.). Im Szenario „Order from Strength“ sind es dagegen nur 41 Mio. ha, was einem Anteil von nur rund 2,1 Prozent entspricht.

Im Durchschnitt aller Bioenergeträger würden sich 2050 Erträge zwischen 0,9 und 2,7 t Bioenergeträger pro ha Anbauland ergeben. Dies liegt im Durchschnitt in der Größenordnung von Ausbeuten für z. B. Biodiesel aus Sojaöl (ca. 0,44 t pro ha in Brasilien), Rapsöl oder Biodiesel aus Raps (ca. 1,3 t pro ha in Deutschland), Bioethanol aus Getreide (ca. 2 t pro ha in Deutschland), Biodiesel aus Palmöl (ca. 3,5 t pro ha in Indonesien), bis Bioethanol aus Zuckerrohr (ca. 4,7 t pro ha in Brasilien). Da die Palette von Bioenergeträgern recht komplex ist und zudem schnellwachsende Hölzer mit deutlich höheren spezifischen Erträgen beinhaltet sowie Abfälle, denen kein Flächenbedarf zuzurechnen ist, können keine Rückschlüsse auf die jeweilige Zusammensetzung von Bioenergie nach Energeträgern in den Szenarien gezogen werden (Bringezu/Schütz 2008, S. 16).

1.5 Ergebnisse anderer Szenarienstudien

Die Ergebnisse des Millennium Ecosystem Assessments (MEA) werden in diesem Kapitel mit den Abschätzungen in anderen globalen Szenarienstudien verglichen.

Der Global Environment Outlook Report 4 (GEO4) von UNEP (United Nation Environment Programme) analysiert globale Umweltveränderungen, wie vor allem Klimawandel, Bodendegradation, Fischereikollaps, Biodiversitätsverlust und das Aufkommen von Krankheiten und Pandemien (UNEP 2007a). GEO4 soll die Möglichkeiten aufzeigen, die Politikern zur Verfügung stehen, um auf die umweltbezogenen, sozialen und ökonomischen Herausforderungen zu reagieren. Mit vier explorativen Szenarien werden verschiedene Politikansätze und gesellschaftliche Entwicklungsmöglichkeiten narrativ untersucht und mit quantitativen Daten auf globaler und regionaler Ebene unterlegt. So ergeben sich bis 2050 unterschiedliche Umweltveränderungen aufgrund unterschiedlicher Politikansätze und gesellschaftlicher Entwicklungen (Bringezu/Schütz 2008, S. 25).

Die vier Szenarien des Global Environment Outlook 4 von UNEP basieren auf prioritären Handlungsorientierungen (Bringezu/Schütz 2008, S. 25):

- Szenario „Markets First“: Hier liegt der Fokus auf dem Vertrauen in die Fähigkeiten des Marktes, nicht nur ökonomisches Wachstum zu erbringen, sondern auch Verbesserungen im sozialen Bereich und für die Umwelt. Dies zeigt sich vor allem in einer zunehmenden Rolle privater Akteure, in einer Zunahme des liberalisierten Handels sowie einer zunehmenden Betrachtung von Natur als Ware.
- Szenario „Policy First“: Das Hauptkennzeichen dieses Szenarios ist der Ansatz, durch regierungsbasiertes Handeln ein hohes ökonomisches Wachstum mit Erfordernissen im sozialen und Umweltbereich in Einklang zu bringen.
- Szenario „Security First“: Die Hauptcharakteristik dieses Szenario ist der Schwerpunkt auf Sicherheit. Dabei geht es um eine enge Auslegung von Sicherheit. Zunehmende Restriktionen dämmen die Migration von Menschen ein, während die Ausweitung von Handelsbarrieren auch den Warenaustausch über Grenzen einschränkt. Als Treiber werden andauernde Konflikte in vielen Weltregionen gesehen und knappe Ressourcen für viele Menschen. Während die Weltbevölkerung wächst, werden ihre Entfaltungsmöglichkeiten eingeschränkt.
- Szenario „Sustainability First“: Das wichtigste Merkmal dieses Szenarios ist die Annahme, dass Akteure auf allen Ebenen – lokal, regional und international – und in allen Sektoren, einschließlich Regierungen, den Erfordernissen für soziale Nachhaltigkeit und Umweltschutz gerecht werden.

Für die globale Nutzung „moderner Bioenergie“ (die in GEO4 einbezogenen Bioenergeträger sind weitgehend identisch mit denen im MEA) bedeutet dies, dass diese in den Szenarien „Markets First“ und „Security First“ keine

große Rolle spielen und bei 10 bis 20 Exajoules pro Jahr (EJ/a) im Jahre 2050 liegen werden. Im Szenario „Policy First“ wird dagegen bis 2050 weltweit ein signifikanter Anteil „moderner Bioenergie“ erreicht, mit ca. 50 EJ/a. Im Szenario „Sustainability First“ wird der höchste Anteil „moderner Bioenergie“ mit ca. 100 EJ/a 2050 erwartet (Bringezu/Schütz 2008, S. 26).

Im Vergleich zum MEA beinhaltet das Szenario „Sustainability First“ ähnlich hohe Anteile „moderner Bioenergie“ wie das MEA-Szenario „TechnoGarden“ mit ca. 119 EJ/a (Tab. 3). Das MEA-Szenario „Order from Strength“ stellt den unteren Wert des Einsatzes moderner Bioenergie von ca. 34 EJ/a dar und entspricht eher dem „Policy First“-Szenario. Die in den Grundzügen ähnlich ausgerichteten Szenarien „Markets First“ und „Global Orchestration“ unterscheiden sich deutlich, was die Bioenergienutzung im Jahr 2050 betrifft: 68 EJ/a in „Global Orchestration“ gegenüber nur etwa 10 EJ/a in „Markets First“ (Bringezu/Schütz 2008, S. 26).

Wie das MEA der UN geht also auch GEO4 von UNEP davon aus, dass unter besonderer Schwerpunktsetzung auf Nachhaltigkeit bzw. Klimaschutz ein Ausbau „moderner Bioenergie“ erfolgen wird. Dies entspricht im Allgemeinen den Vorstellungen, welche bislang auf Bundes- und EU-Ebene zur Förderung des Ausbaus erneuerbarer Energien einschließlich der Energiepflanzen geführt haben.

In den Szenarien „Policy First“ und „Sustainability First“ wird ein zusätzlicher Bedarf an landwirtschaftlicher Fläche zur Produktion von Bioenergie gesehen. In „Policy First“ würde dieser weltweite Flächenbedarf 2050 ca. 8 Prozent des landwirtschaftlichen Anbaulandes, in „Sustainability First“ sogar etwa 16 Prozent des Anbaulandes betragen. Die Ausweitung der landwirtschaftlichen Anbauflächen trägt – wie in den vier MEA-Szenarien – zu einer Verminderung der globalen Waldflächen bei, wobei Lateinamerika und die Karibik sowie Afrika am stärksten betroffen sind. Im Szenario „Policy First“ geht sogar fast die gesamte Waldfläche Afrikas verloren (Bringezu/Schütz 2008, S. 26). Beide Szenarienuntersuchungen hatten jedoch nicht explizit die Fragestellung Nutzungskonkurrenzen von Bioenergie und Nahrungsmittelproduktion zum Thema.

Im Agricultural Outlook von OECD und FAO (OECD/FAO 2007) werden Projektionen der zukünftigen Biokraftstoffnutzung in verschiedenen Ländern von 2007 bis 2016 vorgenommen, ohne jedoch explizit auf landwirtschaftlichen Flächenbedarf einzugehen. Für die USA wird erwartet, dass die Nutzung von Mais für Bioethanol von 22 Mio. t (oder rund 20 Prozent der gesamten Maiserzeugung) auf 110 Mio. t (oder 32 Prozent der Maiserzeugung) im Jahr 2016 steigen wird. Die Abschätzung für die EU geht davon aus, dass die Nutzung von Weizen für Bioethanol auf 18 Mio. t sehr stark ansteigt, während sich die Nutzung von Mais für Bioethanol auf 21 Mio. t weniger stark erhöht und Ölsaaten (wesentlich Raps) 5,2 Mio. t im Jahr 2016 erreichen werden. In China wird ein Verbrauch von 9 Mio. t Mais für Bioethanol wiederum im Jahr 2016 erwartet, gegenüber 3 Mio. t in 2006.

Für die Bioethanolproduktion aus Zuckerrohr in Brasilien wird ein kontinuierlicher Anstieg auf 44 Mrd. l im Jahr 2016 (Steigerung um über 145 Prozent gegenüber 2006) projiziert (OECD/FAO 2007, S. 21 ff.).

Im aktuellen OECD Environmental Outlook (OECD 2008) wird davon ausgegangen, dass Nahrungsmittel- und Biokraftstoffproduktion zusammen eine Ausdehnung der weltweiten Anbauflächen um 10 Prozent bis 2030 erforderlich machen. Auf der Basis von 2000 entspräche dies einer globalen Zunahme von Anbauland bis 2030 von ca. 150 Mio. ha. Damit werden die Annahmen der FAO (2003) von 120 Mio. ha mehr Anbauland bis 2030 gegenüber 1997 bis 1999 (bzw. ca. plus 8 Prozent) übertroffen. Die Ausdehnung der Anbaufläche in den MEA-Szenarien liegt zwischen rund 100 und 300 Mio. ha je nach Szenario, allerdings bis zum Jahr 2050.

Die Abschätzung im OECD Environmental Outlook entspricht in der Tendenz der landwirtschaftlichen Flächenausdehnung im MEA-Szenario „TechnoGarden“, einen linearen Verlauf der Flächenausdehnung von 2000 bis 2050 vorausgesetzt. In den MEA-Szenarien „Adapting Mosaic“ und vor allem in „Order from Strength“ würden sogar deutlich höhere Ausweitungen der globalen Anbaufläche als von der OECD prognostiziert erfolgen (Bringezu/Schütz 2008, S. 27).

1.6 Konkurrenzen und ihre Wirkungen

Die mit den Szenarien ermittelte mögliche zukünftige Entwicklung der globalen landwirtschaftlichen Flächennutzung wird im Folgenden im Hinblick auf ihre Wirkungen diskutiert. Im Mittelpunkt stehen dabei die möglichen Konkurrenzen des Energiepflanzenanbaus zur Nahrungsmittelproduktion und zu natürlichen Ökosystemen.

Konkurrenzen mit der Nahrungsmittelproduktion

Auf globaler Ebene stellen sich die wesentlichen Konkurrenzbeziehungen zwischen dem Anbau von Energiepflanzen und Pflanzen zur Nahrungsmittelproduktion wie folgt dar (Bringezu/Schütz 2008, S. 22 f., 30):

- Das globale Bevölkerungswachstum wird in etwa den Ertragssteigerungen entsprechen, pro Person der Weltbevölkerung wird jedoch in Zukunft weniger landwirtschaftliche Fläche zur Verfügung stehen. In allen Szenarienstudien wird daher eine Ausweitung der globalen Anbauflächen in den nächsten Jahrzehnten erwartet.
- Hohe Investitionen im Agrarsektor führen dabei vor allem im Szenario „Global Orchestration“ zu einer starken Steigerung der Hektarerträge und dadurch zu einer Abmilderung der Nutzungskonkurrenz.
- Ein starkes ökonomisches Wachstum, vor allem in „Global Orchestration“, hat einen ansteigenden Fleischkonsum und Energiebedarf zur Folge. Letzterer führt zu einem erhöhten Einsatz von Bioenergie. Dabei ist eine hohe Preissteigerung bei fossilen Energien für eine verstärkte Nachfrage nach Bioenergie in diesem Szenario verantwortlich.

- Die Zunahme tierisch basierter Ernährung in Schwellen- und Entwicklungsländern wird in Zukunft zur Verschärfung der Konkurrenz zwischen Energiepflanzen und Nahrung beitragen. Da die Tierproduktion für die Erzeugung der Futtermittel erheblich mehr Fläche beansprucht als der Anbau für die direkte pflanzliche Ernährung des Menschen, wird sich durch diese Entwicklung der Druck zur Ausweitung der landwirtschaftlichen Flächen auf Kosten natürlicher Ökosysteme deutlich erhöhen. Das Ausmaß der Flächenmehrbeanspruchung für höheren Fleischkonsum gegenüber pflanzlicher Ernährung hängt zum einen vom Mix der konsumierten Fleischsorten ab, zum anderen von Faktoren wie den Erträgen verschiedener Futtermittelpflanzen und Effizienzen der Futtermittelverwertung.
- Hohes Bevölkerungswachstum führt vor allem im Szenario „Order from Strength“ zu einem hohen Nahrungsbedarf und bedingt die stärkste Ausweitung landwirtschaftlicher Flächen auf Kosten von Waldflächen in allen vier MEA-Szenarien. Zudem führt dies zu einer Verteuerung von Land und Bioenergie, ohne dass aufgrund des geringen Wirtschaftswachstums durch zusätzliche Investitionen im Agrarsektor entsprechend gegengesteuert wird.
- Eine aktive Gestaltung von Klimapolitik wie im Szenario „TechnoGarden“ führt ebenfalls zu einer Forcierung der Bioenergienachfrage. Der hohe Bioenergiebedarf wird durch eine hohe Steigerung der Hektarproduktivitäten teilweise kompensiert und in Konsequenz der Flächenbedarf dadurch ebenfalls gedämpft.
- Ein Ausbau des ökologischen Landbaus führt tendenziell zu höherem Flächenbedarf und verschärft dadurch die Nutzungskonkurrenz zwischen Energiepflanzen und Nahrung (in den MEA-Szenarien „TechnoGarden“ und „Adapting Mosaic“).
- Erhebliche Unsicherheiten bestehen hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels auf die landwirtschaftliche Produktion. Insbesondere Entwicklungsländer werden durch den Temperaturanstieg und die Zunahme extremer Wetterereignisse negativ betroffen sein. In welchem Umfang die in den Szenarien angenommenen Ertragssteigerungen gefährdet sind, ist unklar und konnte in den Szenariestudien nicht entsprechend abgebildet und berücksichtigt werden.
- Außerdem bleibt offen, welchen möglicherweise entlastenden Beitrag die Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation zukünftig leisten können. Dies hängt u. a. davon ab, wann diese großtechnisch ausgereift und ökonomisch wettbewerbsfähig sein werden und inwieweit Rest- und Abfallstoffe oder ebenfalls Energiepflanzen eingesetzt werden.
- Der stärkste Ausbau der Bioenergienutzung bedeutet nicht gleichzeitig den höchsten zusätzlichen Flächenbedarf, da unterschiedliche Agrarrohstoffe mit unterschiedlichen Erträgen, oder Rest- und Abfallstoffe verwendet werden können, die den Flächenbedarf sen-

ken. Die Flächenkonkurrenz fördernde und dämpfende Faktoren wirken jeweils in spezifischer Weise zusammen, nur fördernde bzw. senkende alleine treten nicht auf.

Wie sich diese verschiedenen Faktoren in der Summe zukünftig auf die Konkurrenzbeziehung Energiepflanzen-nahrungsmittel auswirken werden, hängt davon ab, welche Einflussfaktoren sich wie stark ausprägen werden, und wird im folgenden Kapitel III.2 anhand explorativer Szenarien für Deutschland weiter untersucht. Bezogen auf die globale Entwicklung ist es sehr wahrscheinlich, dass zumindest mittelfristig sich der bestehende Trend zu mehr tierisch basierter Ernährung fortsetzen und damit zusammen mit der zunehmenden Weltbevölkerung zu steigenden Flächenbeanspruchungen für Ernährung weltweit führen wird.

Wirkungen auf Weltmarktpreise für Agrarprodukte

Studien zu zukünftigen Wirkungen der Energiepflanzen-nutzung auf die Weltmarktpreise für Agrarprodukte gibt es kaum (Kap. III.1.1). Eine Ausnahme bildet eine Untersuchung des International Food Policy Research Institute (IFPRI), in der der Zusammenhang zwischen Wachstum von Energiepflanzen-nutzung und Weltmarktpreisen für Nahrungs- und Bioenergiefeldfrüchte mithilfe des „International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT)“ analysiert wurde (Rosegrant et al. 2006). Mais, Zuckerrohr, Zuckerrüben, Weizen und Maniok für Bioethanol, sowie Soja und andere Ölsaaten für Biodiesel werden betrachtet und mit Modellrechnungen die Effekte u. a. auf die Weltmarktpreise zwischen 2005 und 2020 bestimmt (Rosegrant et al. 2006).

Die folgenden drei Szenarien wurden untersucht:

- Szenario 1 – Starkes Bioenergie-wachstum ohne Veränderung der Entwicklung der Hektarproduktivitäten gegenüber dem Basisszenario³: Hier wurde die avisierte Biokraftstoffquote der EU von 10 Prozent im Jahr 2020 zugrunde gelegt, sowie die folgenden Quoten für den Einsatz von Biokraftstoffen am gesamten Energiebedarf an Ottokraftstoffen und Diesel für Transporte in 2020: China 8 Prozent, Indien 11 Prozent, Brasilien 58 Prozent, USA 4 Prozent, Rest der Welt 2 Prozent.
- Szenario 2 – Cellulose-Bioenergie-Szenario ohne Veränderung der Entwicklung der Hektarproduktivitäten gegenüber dem Basisszenario: Als zusätzliche Annahme wird unterstellt, dass ab 2015 verstärkt Cellulosekonversionstechnologien für die Produktion von Bioethanol in größerem Maßstab zur Verfügung stehen. Der Bedarf an Energiepflanzen wird entsprechend auf dem Niveau von 2015 eingefroren. Der weitere Ausbaubedarf wird stattdessen durch Nicht-nahrungsfrüchte wie nichtverwertete pflanzliche An-

³ Die Annahmen für das Basisszenario werden in dem zitierten Papier nicht explizit genannt.

baubiomasse, Gräser und forstwirtschaftliche Produkte als Rohstoffbasis gedeckt.

- Szenario 3 – Starkes Bioenergiewachstum mit Veränderung der Hektarproduktivitäten gegenüber dem Basisszenario und Cellulosekonversionstechnologien: Dies stellt eine Kombination der beiden zuvor genannten Szenarien dar, aber unter der Annahme dass Investitionen im Landwirtschaftssektor zu Steigerungen der Hektarproduktivitäten führen werden, vor allem in Entwicklungsländern (ohne Nennung der angenommenen Steigerungsraten).

Das Ergebnis der Szenarienrechnungen bezüglich der Veränderungen der Weltmarktpreise für Feldfrüchte, die sowohl für Nahrungszwecke als auch für Bioenergie angebaut werden, zeigt Tabelle 4.

Im ersten Szenario ergeben sich teils dramatische Steigerungen der Weltmarktpreise für Bioenergie- und Nahrungsfrüchte. Zum Beispiel würde eine verstärkte Verwendung von Maniok zur Bioethanolproduktion zu extremen Preissteigerungen führen, die beträchtliche Wohlstandseinbußen für die Hauptverbraucher dieses Produkts, vor allem in Afrika südlich der Sahara zur Folge hätten.

Dagegen zeigt das zweite Szenario eine deutliche Abmilderung der Preiseffekte gegenüber Szenario 1. Allerdings darf hier nicht übersehen werden, dass Nutzungskonkurrenzen im Bereich von Holz- und Forstprodukten dabei nicht in Betracht gezogen wurden, diese aber ebenfalls zu Preiseffekten führen könnten (Wuppertal Institut/RWI 2008).

Das dritte Szenario verdeutlicht den potenziellen Beitrag von Produktivitätssteigerungen, der über höhere Erträge

auf der Anbaufläche zu weiteren Absenkungen der Preissteigerungen gegenüber den Szenarien 1 und 2 führen würde. Besonders ausgeprägt wäre dieser Effekt für Maniok. Die Autoren (Rosegrant et al. 2006) halten Szenario 3 für das plausibelste, da weder nationale Regierungen noch Bioenergieproduzenten auf eine Ausweitung der Produktion in großem Maßstab setzen würden, wenn nicht für eine verlässliche Versorgung mit Rohstoffen gesorgt wäre. Die IFPRI-Studie folgert, dass es zu Konflikten zwischen Nahrung und Nichtnahrung vor allem dann kommen wird, wenn Innovationen und Investitionen in neue Technologien nicht verstärkt verfolgt werden, und wo Maßnahmen der Politik in den Bereichen Handel und Subventionen scheitern.

Wie die Analyse der MEA-Szenarien gezeigt hat, sind Nahrungsmittelnachfrage und Wandel der Ernährungsgewohnheiten auf der einen Seite und landwirtschaftliche Investitionen und Produktivitätsentwicklung auf der anderen Seite stark von der gesamten wirtschaftlichen Entwicklung abhängig (vgl. auch WBGU 2009, S. 75). Die Szenarien zeigen eine erhebliche Spannweite auf. Entsprechend unsicher ist die zukünftige Entwicklung der Weltagrarpreise. Es ist denkbar, dass die zukünftige Energiepflanzennachfrage entsprechend der politischen Ausbauziele entweder zu wieder steigenden Agrarpreisen oder aber zu einer Stabilisierung der sinkenden Agrarpreise beiträgt.

Konkurrenzen mit natürlichen Ökosystemen

In diesem Kapitel werden zunächst die Auswirkungen der MEA-Szenarien auf die globalen Waldflächen und Ökosysteme beschrieben, um dann anhand von zwei Beispielen die Ausweitung landwirtschaftlicher Anbauflächen und die sich daraus ergebenden Nutzungskonflikte zu

Tabelle 4

Erhöhung der Weltmarktpreise für Feldfrüchte unter drei Szenarienbedingungen im Jahr 2020 gegenüber einem Basisszenario

	Szenario 1: Starkes Bioenergiewachstum ohne Produktivitätszuwachs gegenüber Basisszenario	Szenario 2: Bioenergie aus Cellulose ohne Produktivitäts- zuwachs gegenüber Basisszenario	Szenario 3: Starkes Bioenergiewachstum mit Produktivitätszuwachs gegenüber Basisszenario und Bioenergie aus Cellulose
Maniok	+135 %	+89 %	+54 %
Mais	+41 %	+29 %	+23 %
Ölsaaten	+76 %	+45 %	+43 %
Zucker- rüben	+25 %	+14 %	+10 %
Zuckerrohr	+66 %	+49 %	+43 %
Weizen	+30 %	+21 %	+16 %

Quelle: Rosegrant et al. 2006, zit. nach Bringezu/Schütz 2008, S. 35

analysieren. Dies erfolgt anhand des Palmölanbaus in Indonesien sowie des Anbaus von Soja und Zuckerrohr in Brasilien (nach Bringezu/Schütz 2008, S. 35 ff.). Dabei sind vor allem Eingriffe in die Bestände natürlicher Ökosysteme wie tropischer Regenwald, Savannen und Grasländer zu nennen.

Globale Einschätzung der zukünftigen Konkurrenzen

Die Entwicklung der Waldflächen in den vier MEA-Szenarien ist gekennzeichnet durch Zunahmen in den Industrieländern und Abnahmen in den Entwicklungsländern. Auf globaler Ebene ergibt sich daraus in drei der vier MEA-Szenarien bis 2050 eine Abnahme der Waldflächen um 3 bis 4 Prozent gegenüber 2000, im Szenario „Order from Strength“ sogar eine Abnahme um 12 Prozent. Die Waldflächen in den Entwicklungsländern, die auf globaler Ebene durch eine Zunahme in den Industrieländern teilweise kompensiert wird, verringern sich bis 2050 (gegenüber 2000) um 300 bis 650 Mio. ha bzw. um 15 bis 32 Prozent. Der Hauptgrund für den Rückgang der Waldflächen ist die Ausdehnung der landwirtschaftlichen Anbauflächen (Bringezu/Schütz 2008, S. 17).

Auf regionaler Ebene wurden mithilfe von satellitenbasierten Messdaten und Feldbeobachtungen in den letzten Jahren Flächennutzungsänderungen beschrieben, die die in den MEA-Szenarien getroffenen Aussagen stützen. So wurden z. B. im brasilianischen Bundesstaat Mato Grosso zwischen 2001 und 2004 insgesamt 3,8 Mio. ha tropischer Regenwald vernichtet und zu 62 Prozent in Weideland sowie zu 13 Prozent in Ackerland⁴, größtenteils für den Sojaanbau, umgewandelt (Morton et al. 2006).

Generell wird in den Szenarien des Millennium Ecosystem Assessments davon ausgegangen, dass die Ökosysteme in ärmeren Ländern durch Entwaldung, globale Erwärmung, Intensivierung der landwirtschaftlichen Erzeugung sowie zunehmende Wasserentnahme und -belastungen bedroht sind und die Biodiversität sich vermindern wird. Durch den hohen Nahrungsmittelbedarf und die geringeren Ertragssteigerungen sind vor allem im Szenario „Order from Strength“ alle Länder der Welt betroffen. Lediglich im Szenario „Adapting Mosaic“ werden Biodiversitätsverluste durch proaktives Ökosystemmanagement vermieden (Bringezu/Schütz 2008, S. 39).

Brennpunkte von Umweltproblemen in den MEA-Szenarien sind (Bringezu/Schütz 2008, S. 39):

- Tropische Regenwälder, Savannen und Grasländer werden durch Ausweitung von Anbauflächen in natürliche Ökosysteme zerstört (stark in „Order from Strength“). Das würde den Trends der Entwicklungen in den Brennpunkten Südostasien (Indonesien) und Brasilien entsprechen.
- Süßwasserressourcen werden durch zunehmende Wasserentnahme zur Bewässerung landwirtschaftlicher

Anbauflächen, und damit potenziell auch für Energiepflanzen, beeinträchtigt (v. a. in „Global Orchestration“ und „Order from Strength“). Die Zerstörung natürlicher Ökosysteme führt hier zu Störungen des regionalen Wasserkreislaufes mit möglichen Rückwirkungen auf dessen Verfügbarkeit für die landwirtschaftliche Produktion.

- Biodiversitätsverluste lokal und global resultieren aus Habitatverlusten in terrestrischen Ökosystemen, v. a. durch Landnutzungsänderungen, die wiederum in der Ausweitung landwirtschaftlicher Anbauflächen ihre wichtigste Ursache haben (hoch in „Order from Strength“, weniger in „Adapting Mosaic“).
- Generell die stärksten negativen Effekte bei den Umweltwirkungen werden im Szenario „Order from Strength“ resultieren, bedingt durch die Ausweitung von Anbauland, geringe Ertragssteigerungen, hohes Bevölkerungswachstum, einem reaktiven Ökosystemmanagement, geringer Technologieentwicklung und Handelsbeschränkungen.

Brennpunkt Palmölanbau in Indonesien

In Südostasien (Malaysia und Indonesien) war in den vergangenen Jahrzehnten die Ausweitung der Palmölplantagen eine Hauptursache der Regenwaldzerstörung (Hooijer et al. 2006; UNEP 2006). Dies erfolgte teilweise trotz gesetzlicher Vorgaben, welche die Rodung tropischer Regenwälder für den Palmölanbau untersagten (Glastra et al. 2002). Palmölproduzenten bevorzugten den Anbau auf gerodeten Waldflächen anstelle ungenutzter landwirtschaftlicher Flächen, weil diese weniger Dünger benötigten und durch die Holznutzung höhere Gewinne versprachen (Clay 2004).

In der Vergangenheit wurde Palmöl aus Indonesien vorwiegend für Ernährungszwecke verwendet und war zu mehr als 90 Prozent für den europäischen Markt bestimmt. Die Anbaufläche in Indonesien wuchs von 600 000 ha 1985 auf etwa 6 Mio. ha an und soll in Zukunft um weitere 20 Mio. ha erweitert werden. Diese Fläche entspräche in etwa der restlichen Regenwaldfläche Indonesiens. In Malaysia und Indonesien sehen Entwicklungspläne eine verstärkte Produktion von Palmöl und Biodiesel mit Blick auf den wachsenden Bedarf in Europa, USA und China vor. Neue Biodieselanlagen werden teilweise mithilfe ausländischer Investoren errichtet und sind auch auf den Export nach USA und Europa ausgerichtet.

Wegen der schwindenden Fläche von Tieflandregenwald werden zunehmend sumpfige Torfgebiete in Palmölplantagen umgewandelt. Hierzu wird der Torfboden entwässert und damit Kohlenstoff freigesetzt, der dort seit 5 000 bis 10 000 Jahren gebunden war. Die Entwässerung des Torfs vergrößert das Risiko für Brände. Waldbrände wurden in der Vergangenheit auch vorsätzlich entfacht um die Entwicklung des Palmölanbaus in Indonesien voranzutreiben. In der Studie von Hooijer et al. (2006) wurde die CO₂-Freisetzung aus entwässerten Torfböden in Südostasien im Mittel mit 632 Mio. t pro Jahr (Mt/a) einge-

⁴ Die Differenz zu 100 Prozent entfällt auf Flächen, welche nicht in die Produktion genommen wurden oder unterhalb der Erfassungsgrenze lagen.

schätzt (zwischen 355 und 874 Mt/a). Zusätzlich wurden in den Jahren 1997 bis 1999 geschätzte 1 400 Mt/a CO₂-Emissionen durch Torfbrände verursacht. Die resultierenden Gesamtemissionen aus Torfböden von ca. 2 000 Mt/a entsprachen etwa 8 Prozent der globalen CO₂ Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Indonesien war damit der drittgrößte Emittent globaler Treibhausgase (nach USA und China).

Indonesien beherbergt die größten Torfwälder weltweit, die etwa 10 Prozent der Landesfläche bedecken (etwa 20 Mio. ha). Ihre Vegetation ist einzigartig und bislang noch nicht vollständig erforscht. Fortgesetzte Entwaldung wird zu erheblichen Biodiversitätsverlusten führen. Ein drastisches Beispiel ist die zunehmende Vernichtung des Lebensraumes des Orang-Utans auf Borneo durch die Brandrodung von Regenwald für Palmölplantagen (Aldhous 2004; Siegert 2004; UNEP 2007b).

Brennpunkt Brasilien

In Brasilien fand in den vergangenen Jahren ein Ausweitung der Anbauflächen von Zuckerrohr zur Zucker- und Ethanolherzeugung und von Soja statt: Von 2000 bis 2005 stieg die Fläche für Zuckerrohr um 20 Prozent, die für Soja sogar um 69 Prozent (nach Daten der FAO). Der Ausbau des Zuckerrohranbaus durch große Monokulturen ging vor allem auf Kosten von Weideland (extensiv genutzte Savannen oder Grasländer) und Anbauflächen kleiner Betriebe mit unterschiedlichen Kulturen (Nastari 2005). Das Weideland für Rinder wurde auf neue Flächen verlagert, oft gerodete Regenwaldflächen (Coelho 2005). Die Situation in Brasilien ist somit stark durch Verdrängungseffekte (synonym: indirekte Landnutzungsänderungen, Kap. V.4.4) gekennzeichnet.

In den letzten Jahren wurden über 50 Prozent der Zuckerrohrernte Brasiliens – 2,75 Mio. von 5,5 Mio. ha – für die Produktion von Ethanol genutzt, um etwa 40 Prozent der inländischen Nachfrage nach Nichtdieselmotoren zu decken (Kaltner et al. 2005). Die Gesamtfläche für Zuckerrohr würde demnach nicht ausreichen, um die aktuelle Nachfrage nach Nichtdieselmotoren in Brasilien zu bedienen. Da die Kraftstoffnachfrage von Schwellenländern wie Brasilien in Zukunft voraussichtlich weiter deutlich steigen wird (Worldwatch Institute 2006), können im Inland angebaute Biokraftstoffe diesen Bedarf (oder zusätzliche Nachfrage für den Export) nur dann erfüllen, wenn die Anbaufläche deutlich erweitert würde.

Um den Verbrauch von Dieselmotoren in Brasilien im Jahr 2020 (nach Kaltner et al. 2005) komplett mit Biodiesel aus Sojabohnen zu decken, müsste – bei einer Steigerung der Sojaerträge im selben Zeitraum um 25 Prozent – mit über 115 Mio. ha Sojaanbaufläche etwa das Doppelte der derzeitigen gesamten Ackerfläche von Brasilien mit rund 60 Mio. ha genutzt werden. Das Potenzial zur Ausdehnung der Anbaufläche für Sojabohnen von derzeit 23 Mio. ha wird auf rund 100 Mio. ha im Jahr 2020 eingeschätzt (Kaltner et al. 2005). Jüngere Entwicklungen zeigen, dass mehr und mehr Raffinerien für Biodiesel aus Sojaöl die Produktion aufnehmen, gebaut werden oder in Planung sind. Ölpflanzen wie Rizinus könnten einen Bei-

trag zur regionalen Versorgung leisten, und dies wird auch selektiv von der brasilianischen Regierung gefördert.

Die weiten Cerradoprärien in Brasiliens Zentralsüdregion stellen die vielleicht größte Fläche in der Welt zur Ausdehnung der landwirtschaftlichen Fläche dar (Worldwatch Institute 2006). Schon heute dehnen sich große Sojaplantagen in den ehemals bewaldeten Savannengebieten aus, was zu schweren ökologischen Schäden führt (Global Nature Fund 2007). Das Cerrado ist eine artenreiche und sensible Ökoregion und die Heimat der Hälfte der endemischen Arten Brasiliens (die nirgendwo sonst auf der Erde vorkommen) sowie eines Viertels seiner bedrohten Arten. Ein Ausbau der landwirtschaftlichen Produktion in die komplexen Ökosysteme der Region würde zu irreversiblen Umweltschäden führen (Global Nature Fund 2007; Kaltner et al. 2005).

Das Cerrado ist nicht das einzige bedrohte brasilianische Ökosystem. Im Südwesten des Landes wurde der Bau von Ethanolanlagen entlang des oberen Río Paraguay genehmigt (Global Nature Fund 2007), der durch das Pantanal fließt, eines der weltweit größten Feuchtgebiete. Mit der Erweiterung der Verkehrsinfrastruktur in Richtung der Amazonasregion kann zudem erwartet werden, dass der Anbau von Soja und Zuckerrohr in sensible Bereiche vordringt, in denen er derzeit wirtschaftlich nicht rentabel ist (Kaltner et al. 2005).

Für die mit der Ausweitung des Zuckerrohr- und Sojaanbaus bewirkten direkten und indirekten Flächennutzungsänderungen auf Kosten natürlicher Waldgebiete werden insbesondere die Auswirkungen auf den globalen Klimawandel diskutiert. Es steht derzeit kein Modell zur Verfügung, mit dem die Auswirkungen der Entwaldung und Änderungen in der Landnutzung auf den Klimawandel untersucht werden können. Sicher ist jedoch, dass die Zerstörung des Waldes zu starken Veränderungen des hydrologischen Zyklus in der gesamten Amazonasregion führen wird, mit der Folge der irreversiblen Zerstörung von Ökosystemen und dem Verlust von biologischer Vielfalt. Der brasilianische Regenwald beheimatet ein Fünftel der weltweiten Biodiversität, darunter mindestens 427 Säugetierarten, 1 294 Vogelarten, rund 3 000 Fischarten, 2,5 Millionen Insektenarten und 40 000 Pflanzenarten. Viele dieser Arten sind endemisch, kommen also z. B. nur im Amazonasgebiet vor, einige sind noch nicht einmal bestimmt worden (WWF 2006).

2. Entwicklungspfade auf nationaler Ebene

Mögliche zukünftige Entwicklungswege der Energiepflanzenutzung in Deutschland (aufbauend auf den globalen MEA-Szenarien) werden im Folgenden beschrieben und die damit verbundenen Nutzungskonkurrenzen analysiert. Im Kapitel III.2.1 werden zunächst die Ausgangslage und die Vorgehensweise beschrieben. Die Szenarien und die Annahmen für die Energiepflanzenutzung in Deutschland werden im Kapitel III.2.2 vorgestellt und begründet. Die Ergebnisse der Modellrechnungen – d. h. vor allem der sich aus den Szenarien ergebende Flächenbedarf – werden im Kapitel III.2.3 behandelt.

Vergleichend werden anschließend zwei Business-as-usual-Szenarien (BAU-Szenarien) zur Entwicklung der Biomassenutzung aus landwirtschaftlichem Anbau für Nichternährungs Zwecke in Deutschland vorgestellt (Kap. III.2.4). Schließlich werden zusammenfassend im Kapitel III.2.5 die Konkurrenzen und ihre Wirkungen diskutiert. Dieses Kapitel beruht wesentlich auf dem Gutachten des Wuppertal-Instituts für Klima, Umwelt, Energie (Bringezu/Schütz 2008).

2.1 Ausgangslage und Vorgehensweise

Ausbauziele für die Bioenergienutzung sind durch eine Reihe von Beschlüssen auf europäischer und deutscher Ebene festgelegt (Kap. III.1.2 u. TAB 2007b). Die EU-Kommission hat zum Ausbau der Energieerzeugung aus Biomasse im Dezember 2005 den europäischen Biomasseaktionsplan vorgelegt. Dieser stellt eine Konkretisierung des Ziels der Europäischen Union (EU), den Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch bis 2010 auf 12 Prozent zu steigern, dar. Bioenergie soll mit 8 Prozent den größten Anteil dazu besteuern. Als Ziel für den Biokraftstoffanteil am Gesamtkraftstoffverbrauch wurde 5,75 Prozent bis 2010 festgelegt. Außerdem sind die Mitgliedstaaten der EU aufgefordert, nationale Biomasseaktionspläne zu erstellen (BMELV 2009a).

Mit den Beschlüssen des Europäischen Rates vom 9. März 2007 ist als verbindliches Ziel ein Beitrag der erneuerbaren Energien von 20 Prozent EU-weit für das Jahr 2020 festgelegt worden. Weiterhin ist eine EU-weite Reduktion des Gesamtenergiebedarfs um 20 Prozent und ein Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Transporte von 10 Prozent (energetisch) bis zum Jahr 2020 vereinbart worden. Im Ratsbeschluss wird aus-

drücklich festgehalten, dass das 10 Prozent-Ziel für Biokraftstoffe nur dann einen verbindlichen Charakter hat, wenn die Erzeugung nachhaltig erfolgt und Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation kommerziell zur Verfügung stehen (BMELV 2009a; EU 2009).

Die damalige Bundesregierung hatte auf der Klausurtagung des Kabinetts in Meseberg am 23. August 2007, aufbauend auf den Vorgaben des Europäischen Rates vom März 2007, u. a. folgende Ziele beschlossen (BMELV 2009a, S. 3):

- Der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch soll bis 2020 auf 30 Prozent gesteigert werden.
- Der Anteil der Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch soll bis zum Jahr 2020 auf 7 Prozent Nettotreibhausgasminderung (entspricht rund 12 Prozent energetisch) erhöht werden.
- Der Anteil der Wärme aus erneuerbaren Energien soll auf 14 Prozent bis 2020 steigen.

Aus den Eckpunkten des in Meseberg verabschiedeten „Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramms“ und aus der Leitstudie des Bundesumweltministeriums ergeben sich die in der Tabelle 5 zusammengestellten Ziele, die auf eine Verdoppelung des Bioenergieanteils in Deutschland bis 2020 hinauslaufen. Der nationale Biomasseaktionsplan für Deutschland geht davon aus, dass die erforderliche Biomassemenge theoretisch aus heimischen Quellen gedeckt werden kann, dass aber die heute schon erheblichen Importe von Bioenergeträgern u. a. aus Schwellen- und Entwicklungsländern weiter zunehmen werden.

Tabelle 5

Heutige Biomassenutzung und Ausbauziele der Bundesregierung

	2007		2020	
	erneuerbare Energien insgesamt	davon Bioenergie	erneuerbare Energien insgesamt „Meseburg“	davon Bioenergie gemäß „Leitstudie 2008“
Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Primärenergieverbrauch	6,7%	4,9%	16%	11,0%
Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Endenergieverbrauch (Strom, Wärme, Kraftstoffe)	8,6%	6,2%	18%	10,9%
Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Stromverbrauch	14,2%	3,9%	mindestens 30%	8,0%
Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Endenergieverbrauch für Wärme	6,6%	6,1%	14%	9,7%

Quelle: BMU/BMELV 2009a, S. 10

Der sich aus diesen Ausbauzielen ergebende Flächenbedarf wird mithilfe von zwei BAU-Szenarien im Kapitel III.2.4 analysiert. Zunächst wird aber ein breiterer zukünftiger Entwicklungsspielraum untersucht. Dabei wird davon ausgegangen, dass die bisherigen politischen Festlegungen noch erhebliche Gestaltungsmöglichkeiten (z. B. hinsichtlich der Frage Importe) beinhalten, die Ausbaustrategien sich zukünftig verändern können und durch globale Entwicklungen beeinflusst werden.

Aus den globalen MEA-Szenarien wurden dazu entsprechende Szenarien für Deutschland (im Folgenden auch als MEA-D-Szenarien bezeichnet) abgeleitet. Damit wird unterstellt, dass parallel zur globalen Entwicklung sozio-ökonomischer und politischer Rahmenbedingungen sich eine entsprechende Politikgestaltung zur Bioenergie- und Energiepflanzennutzung in Deutschland entwickelt. Es wurden in Orientierung an den zuvor geschilderten Charakteristika der vier globalen MEA-Szenarien (Kap. III.1.2) eigene Annahmen zur Ausgestaltung der Szenarien „Global Orchestration“, „Order from Strength“, „Adapting Mosaic“ und „TechnoGarden“ für Deutschland (MEA-D) im Jahre 2020 hergeleitet (Tab. 6).

Im Mittelpunkt stehen dabei Annahmen zur Energiepflanzennutzung in Deutschland im Jahr 2020, differenziert nach Biokraftstoffen und Energiepflanzen zur Strom- und Wärmeenergiegewinnung. Für die nationale Ebene war es nicht möglich, mittels ökonomischer Modellberechnungen aus den globalen Rahmendaten die zukünftige Entwicklung der Energiepflanzennutzung zu bestimmen. Deshalb wurde ein Satz konsistenter Annahmen für die MEA-D-Szenarien entwickelt. Die Annahmesetzungen werden im folgenden Kapitel III.2.2 vorgestellt und begründet.

Auf dieser Basis wird die für die Energiepflanzennutzung in den Szenarien erforderliche globale Flächennutzung, differenziert nach inländischem und ausländischem Anteil, im Jahr 2020 bestimmt (Kap. III.2.3). Weiterhin wurden die erforderlichen Flächen im In- und Ausland für Ernährung sowie für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe auf Basis der bundesdeutschen MEA-Szenarien für 2020 berechnet. Der Flächenbedarf für Energiepflanzen, Biomasse zur stofflichen Nutzung und Biomasse zur Ernährung ergibt den gesamten globalen Flächenbedarf Deutschland für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren im Jahr 2020. Die Berechnungen erfolgten auf Basis eines am Wuppertal Institut entwickelten Modells (Wuppertal Institut et al. 2008). Maßgebend ist hier die Nettokonsumfläche (Bringezu/Schütz 2008, S. 47).

Mit Nettokonsumfläche wird die landwirtschaftliche Anbaufläche bezeichnet, die tatsächlich erforderlich ist, um ein Produkt aus nachwachsenden Rohstoffen mit der entsprechenden Menge zu erhalten. Zum Beispiel wird dabei der Erzeugung von Biodiesel nur der Anteil der Anbaufläche von Raps zugerechnet, der sich nach Aufteilung der Produktmengen für die Kraftstoff- bzw. Futtermittelproduktion ergibt; ein weiterer Anteil der Anbaufläche von Raps wird dann der Tierproduktion zugeordnet (z. B. 40 Prozent Öl aus Rapssaat zur Biodieselherstellung und

60 Prozent Ölpressekuchen aus Rapssaat für die Tierfütterung). Dagegen wird mit Bruttoproduktionsfläche die landwirtschaftliche Anbaufläche bezeichnet, die real erforderlich ist, um nachwachsende Rohstoffe mit der entsprechenden Menge unabhängig von der weiteren Nutzung bereit zu stellen. Zum Beispiel wird dabei die Anbaufläche von Raps vollständig der Erzeugung von Biodiesel zugerechnet, wie dies z. B. in den Datensätzen der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe der Fall ist (FNR 2006).

2.2 Ableitung von Rahmendaten aus den MEA-Szenarien

Die Szenarien für Deutschland (MEA-D-Szenarien) zeichnen sich durch folgende grundlegende Charakteristika aus (Tab. 6):

- Im Szenario „Global Orchestration“ (GO) bedingt eine global weiter gehende Liberalisierung der Ökonomie, dass sich die Energiepflanzennutzung in Deutschland wesentlich an der Wirtschaftlichkeit orientiert, wobei steigende Energiepreise begünstigend wirken. Die landwirtschaftlichen Ertragssteigerungen sind mit jährlich 1,6 Prozent in diesem Szenario am höchsten, bedingt durch hohes Wirtschaftswachstum und hohe Investitionen mit forciertem technischem Wandel. Für den ausländischen Anbau werden vereinfachend in allen Szenarien jeweils die gleichen Ertragssteigerungen wie in Deutschland angenommen. Durch höhere Produktivität in der Tierproduktion wird weniger Grünland benötigt, sodass für den Betrachtungszeitraum eine Abnahme der Grünlandfläche um 4 Prozent angenommen wird. Die Ernährungsmuster verändern sich nicht wesentlich, sodass der Inlandsverbrauch an tierischen Nahrungsmitteln unverändert bleibt. Mit der zunehmenden Öffnung der internationalen Agrarmärkte wird angenommen, dass die deutsche Agrarwirtschaft ihre Nettoexporte an Nahrungsmitteln aufgrund von Wettbewerbsvorteilen steigern kann und es zu einer Verdoppelung der Trendentwicklung kommt.
- Das Szenario „Order from Strength“ (OS) ist durch Handelsbeschränkungen zwischen Wirtschaftsblöcken gekennzeichnet. Bei der Energiepflanzennutzung spielen Ziele der Versorgungssicherheit eine wichtige Rolle. Die wirtschaftliche Entwicklung und der technische Fortschritt sind hier deutlich geringer, sodass jährliche Ertragssteigerungen von nur 0,8 Prozent erreicht werden. Durch einen ebenfalls geringeren Produktivitätsfortschritt in der Tierproduktion verringert sich die Grünlandfläche nur um 2 Prozent. Der Inlandsverbrauch an tierischen Nahrungsmitteln bleibt wieder unverändert. Aufgrund der zunehmenden Abschottung der Wirtschaftsräume wird angenommen, dass der Nettoexport von Nahrungsmitteln auf dem derzeitigen Niveau verbleibt, also sich nicht entsprechend der bisherigen Trendentwicklung weiter erhöht.
- Das Szenario „Adapting Mosaic“ (AM) folgt einer regionalen und sozial-ökologischen Orientierung, mit einer angepassten Nutzung von Energiepflanzen. Er-

Tabelle 6

Rahmendaten der Szenarien für Deutschland (MEA-D-Szenarien), Zieljahr 2020

	„Global Orchestration“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
Grundausrichtung der Szenarien	Liberalisierung der Ökonomie, Energiepflanzen- nutzung wesentlich nach Wirtschaftlich- keit (starke Energie- preissteigerung)	Handelsbeschränkun- gen zwischen Wirt- schaftsblöcken, Energiepflanzen- nutzung für Vorsorgungs- sicherheit	regionale und sozialökologische Orientierung, angepasste Nutzung von Energiepflanzen	globale Handelsaus- richtung und Orientie- rung auf moderne Umwelttechnologien, Energiepflanzen- nutzung im Rahmen möglichst effizienten Klimaschutzes
Ertragssteigerung in D (% pro Jahr)	1,6	0,8	0,8	1,2
Ertragssteigerung global (% pro Jahr)	1,6	0,8	0,8	1,2
Grünlandfläche (Veränderung ge- samt in Prozent)	-4	-2	0	-2
Inlandsverbrauch tierische Nahrungsmittel	unverändert	unverändert	Reduktion (auf DGE Werte)	unverändert
deutscher Netto- export von Nahrungsmitteln (Veränderung der Importe u. Exporte)	Verdoppelung der Trendentwicklung	unveränderter Ausgangswert	Halbierung der Trendentwicklung	Trendentwicklung
stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in D	wie BAU-Szenario	wie BAU-Szenario	wie BAU-Szenario	wie BAU-Szenario und Biopolymere

Quelle: Bringezu/Schütz 2008, S. 50

neuerbare Energien aus heimischen Ressourcen werden in diesem Szenario bevorzugt. Der technische Wandel ist relativ niedrig, wodurch die jährlichen Ertragssteigerungen ebenfalls bei 0,8 Prozent liegen. Die Grünlandfläche bleibt unverändert, weil aufgrund der ökologischen Orientierung der Umbruch von Grünland verboten wird. Entsprechend der Grundausrichtung des Szenarios wird eine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten angenommen: Der inländische Verbrauch tierischer Nahrungsmittel verringert sich auf Werte nach Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE), d. h. um rund 30 Prozent gegenüber 2004 (Busch 2008). Mit der Tendenz zur Regionalisierung wird beim deutschen Nettoexport von Nahrungsmitteln angenommen, dass eine Halbierung der Trendentwicklung stattfindet.

– Das Szenario „TechnoGarden“ ist geprägt durch globale Handelsausrichtung und Orientierung auf moderne Umwelttechnologien. Die Energiepflanzennutzung verfolgt das Ziel, einen möglichst effizienten Klimaschutz zu erreichen. Entsprechend der allgemeinen Entwicklung sind die Investitionen in den Züchtungsfortschritt relativ hoch, sodass eine jährliche Ertragssteigerung von 1,2 Prozent erzielt werden kann. Die Grünlandfläche nimmt wie im Szenario „Order from Strength“ bis 2020 um 2 Prozent ab. Der Inlandsverbrauch an tierischen Nahrungsmitteln bleibt unverändert. Der deutsche Nettoexport von Nahrungsmitteln folgt dem Trend, bedingt durch das Zusammenwirken einerseits der zunehmenden Öffnung internationaler Märkte und andererseits der Betonung der Energiepflanzennutzung im Rahmen der

Klimaschutzstrategie. Mit der Entwicklung moderner Umwelttechnologien in diesem Szenario wird unterstellt, dass bei der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe eine Produktion von Biopolymeren aus Weizenstärke (auf Basis der Studie von Wuppertal Institut et al. 2008) erfolgt. In den drei anderen Szenarien dagegen wird eine Business-as-usual-Entwicklung der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe (Kap. III.2.4) unterstellt.

Bei der Veränderung der Grünlandfläche gegenüber dem Status quo im Jahr 2004 wurde jeweils eine Umwidmung dieser Grünflächen in Anbaugebiet angenommen. Beim Import und Export von Nahrungsmitteln sind die Basis der Variationen die linearen Trends der Mengenentwicklungen (in t) im wiedervereinigten Deutschland von 1991 bis 2004 (Wuppertal Institut et al. 2008).

Die Annahmen für die Faktoren Ertragssteigerung, Veränderung der Grünlandfläche, Inlandsverbrauch tierische Nahrungsmittel, Entwicklung des deutschen Nettoexports von Nahrungsmitteln sowie die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe prägen das inländische Flächenpotenzial für Energiepflanzen.

Annahmen zur Energiepflanzennutzung

Aufbauend auf den Grundaussagen der MEA-D-Szenarien wurden spezifische Annahmen zur Erzeugung von Strom- (und Wärme) und zur Biokraftstoffnutzung auf der Basis von Energiepflanzen hergeleitet.

Bei Strom (und Wärme) aus Energiepflanzen sind die Szenarien im Jahr 2020 durch variierende Anteile der Energiepflanzen an der gesamten Stromversorgung (Stromverbrauch 2020 nach der Leitstudie 2007 des DLR für das BMU; Nitsch 2007) sowie durch unterschiedliche Herkunft und Konversionswege (Rapsöl und Energiepflanzen für Biogas aus inländischem Anbau, Palmöl von Anbauflächen im Ausland) gekennzeichnet (Tab. 7):

– Im Szenario „Global Orchestration“ wird die staatliche Förderung der Energiepflanzennutzung im Laufe der Zeit zunehmend durch einen rentablen Einsatz ohne Förderung abgelöst. Die Wirtschaftlichkeit wird durch stark steigende Energiepreise erreicht. Es wird angenommen, dass unter diesen Bedingungen der Anteil der Energiepflanzen an der gesamten Stromversorgung auf 5 Prozent im Jahr 2020 gesteigert werden kann. Der Anteil liegt damit aber niedriger als die Zielgröße im nationalen Biomasseaktionsplan (Tab. 5), wobei dort unter Bioenergie auch die Nutzung von Rest- und Abfallstoffen fällt. Der Stromanteil aus Energiepflanzen wird zu 15 Prozent aus Rapsöl in BHKW, zu 55 Prozent aus Palmöl in BHKW und zu 30 Prozent aus Biogas aus Energiepflanzen gedeckt. Aufgrund einer Liberalisierung von Agrarmärkten in diesem Szenario und der niedrigeren Produktionskosten für Bioenergieträger in tropischen Entwicklungs- und Schwellenländern wird damit angenommen, dass somit nur 45 Prozent der energetischen Versorgung über Energiepflanzen aus inländischem Anbau erfolgt. Dieses Szenario ist weiterhin

durch eine Schwerpunktverschiebung von den Biokraftstoffen hin zur Strom- und Wärmenutzung gekennzeichnet, da diese eine höhere Wirtschaftlichkeit hat. Die Ertragsentwicklung der Energiepflanzen verläuft hier parallel zur allgemeinen Ertragssteigerung, weil letztere im Szenario schon hohe Steigerungsraten aufweist und die Bedeutung der Energiepflanzen in Deutschland (und der EU) relativ gering ist, sodass sich besondere Züchtungsanstrengungen zu Energiepflanzen nicht lohnen.

- Das Szenario „Order from Strength“ ist von zunehmenden Handelsbeschränkungen zwischen großen Wirtschafts- und Freihandelszonen gekennzeichnet; entsprechend wird auch der Energiepflanzeneinsatz aus inländischer Erzeugung durch Außenschutz und EEG-Regelungen geschützt, sodass 90 Prozent des Stromanteils aus Energiepflanzen aus inländischem Anbau stammt. Insgesamt wird ein 6 Prozent-Anteil von Energiepflanzen an der gesamten Stromversorgung angenommen. Davon werden 10 Prozent aus Rapsöl in BHKW, 10 Prozent aus Palmöl in BHKW und 80 Prozent aus Biogas aus Energiepflanzen gewonnen. In diesem Szenario wird der Schwerpunkt mehr auf die Biokraftstoffe gelegt (s. u.), im Rahmen der generellen Zielsetzung, die Abhängigkeit vom Import fossiler Energieträger zu verringern. Entsprechend dem geringen Wirtschaftswachstum und des langsamen technischen Fortschritts in diesem Szenario wird eine durchschnittliche Ertragsentwicklung für Energiepflanzen unterstellt.
- Im Szenario „Adapting Mosaic“ verdoppelt sich bis 2020 nahezu der Anteil von Energiepflanzen an der gesamten Stromversorgung auf 6,5 Prozent. Dies entspricht dem Mittelwert der beiden BAU-Szenarien (Kap. III.2.4) und liegt etwas unter der Zielgröße im nationalen Biomasseaktionsplan (Tab. 5, Kap. III.2.1). Entsprechend der regionalen Ausrichtung dieses Szenarios stammen 100 Prozent der Energiepflanzen aus inländischem Anbau. Die genutzten Produktlinien sind dabei zu 20 Prozent Rapsöl in BHKW und zu 80 Prozent Biogas aus Energiepflanzen. Da der technische Fortschritt allgemein und der Züchtungsfortschritt in diesem Szenario eher langsam verlaufen, werden für die Energiepflanzen keine erhöhten Ertragssteigerungen angenommen.
- Das Szenario „TechnoGarden“ ist durch eine ambitionierte Klimaschutzstrategie gekennzeichnet. Entsprechend wird ein starker Ausbau der Erzeugung von Strom- (und Wärme) aus Energiepflanzen gefördert. Am Ende des Betrachtungszeitraums soll ein 10 Prozent-Anteil von Energiepflanzen an der gesamten Stromversorgung erreicht sein. Aufgrund der höheren CO₂-Reduktionspotenziale (gegenüber Biokraftstoffen) wird in diesem Szenario die Stromversorgung auf der Basis von Energiepflanzen stärker ausgebaut als derzeit von der Bundesregierung vorgesehen. In der Logik der Orientierung auf moderne Umwelttechnologien wird im Szenario auch ein Schwerpunkt auf die Züchtung von Energiepflanzen gelegt. Dies drückt

Tabelle 7

Energiepflanzennutzung der Szenarien für Deutschland (MEA-D-Szenarien), Zieljahr 2020

	„Global Orchestration“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
Strom (u. Wärme) aus Energiepflanzen (% der Stromver- sorgung)	5	6	6,5 (wie BAU-Szenario)	10
davon inländische Erzeugung (in %)	45	90	100	80
Schwerpunkte Energiepflanzen u. Konversion	Energiemix: 15 % Rapsöl, 55 % Palmöl, 30 % Biogas aus Energiepflanzen	Energiemix: 10 % Rapsöl, 10 % Palmöl, 80 % Biogas aus Ener- giepflanzen	Energiemix: 20 % Rapsöl, 0 % Palmöl, 80 % Biogas aus Ener- giepflanzen	Energiemix: 10 % Rapsöl, 20 % Palmöl, 70 % Biogas aus Ener- giepflanzen
Ertragsentwicklung	normaler Ertrag	normaler Ertrag	normaler Ertrag	doppelter Ertrag
gesetzliche Biokraftstoffquote (%)	keine	12	5	10
inländischer Biokraftstoff anteil (% des gesamten Kraft- stoffverbrauchs)	1	10	4	3
importierter Biokraftstoffanteil (% des gesamten Kraftstoffver- brauchs)	4	2	1	7
Anteil BtL an der inländischen Bio- kraftstoffherzeugung (%)	0	0	11	22

Quelle: Bringezu/Schütz 2008, S. 51

sich in der Annahme einer Verdoppelung des Ertrages für Energiepflanzen aus.

Bei den zukünftigen Biokraftstoffanteilen wurde als Referenzwert der Kraftstoffverbrauch auf Basis von Mineralölen sowie die Anteile von Diesel und Benzin daran im Jahr 2020 nach EWI/Prognos 2007 zugrunde gelegt. Die Annahmen zu Biokraftstoffen für die MEA-D-Szenarien sind (Tab. 7):

- Im Szenario „Global Orchestration“ wird bis zum Jahr 2020 die gesetzliche Biokraftstoffquote abgeschafft, entsprechend der Grundausrichtung des Szenarios. Gleichzeitig wird angenommen, dass auch ohne Quotenregelung ein Biokraftstoffanteil von 5 Prozent am gesamten Kraftstoffverbrauch in 2020 gehalten wer-

den kann. Entsprechend dem Abbau von Außenschutz und der Kostenvorteile werden 80 Prozent der Biokraftstoffe importiert, d. h. 4 Prozent des gesamten Kraftstoffverbrauchs sind Biokraftstoffe aus ausländischem Anbau. Aufgrund der reaktiven Umweltpolitik werden bei der Entwicklung und Kommerzialisierung von BtL-Verfahren keine ausreichenden Fortschritte erzielt, sodass keine BtL-Produktion stattfindet.

- Das Szenario „Order from Strength“ beinhaltet eine gesetzliche Biokraftstoffquote von 12 Prozent im Jahr 2020, entsprechend der derzeitigen Zielvorstellung der Bundesregierung. Im Sinne der Versorgungssicherheit stammen davon 10 Prozent Biokraftstoffanteil aus inländischem Anbau und 2 Prozent Biokraftstoffanteil

werden importiert. Aufgrund des relativ langsamen technischen Fortschritts in diesem Szenario findet keine BtL-Produktion statt.

- Dem Szenario „Adapting Mosaic“ wird eine gesetzliche Biokraftstoffquote von 5 Prozent zugeordnet. Diese leichte Rücknahme resultiert aus der regionalen und sozial-ökologischen Orientierung des Szenarios, welche eine stärkere Ausrichtung der Energiepflanzennutzung im Bereich Strom und Wärme nahe legt. Im Einklang mit einem Rückgang des globalen Handels stammen 4 Prozent Biokraftstoffanteil aus inländischem Anbau und 1 Prozent aus Importen. BtL-Technologien befinden sich am Ende des Betrachtungszeitraums in der kommerziellen Einführung, die Produktion von BtL macht dementsprechend 11 Prozent der inländischen Biokraftstoffherzeugung aus (basierend auf dem BAU-I-Szenario, Kap. III.2.4).

Aus der Klimaschutzorientierung des Szenarios „TechnoGarden“ ergibt sich, dass neben dem starken Ausbau der Energiepflanzennutzung im Bereich Strom und Wärme auch Biokraftstoffe verstärkt genutzt werden sollen. Eine gesetzliche Biokraftstoffquote von 10 Prozent wird angenommen. Dabei kommen 3 Prozent Biokraftstoffanteil aus inländischem Anbau und 7 Prozent aus Anbau im Ausland. Der hohe Importanteil ist mit den offenen Märkten begründet und unterstellt, dass die importierten Biokraftstoffe aus nachhaltiger Produktion bezogen werden können. Der Einstieg in BtL-Biokraftstoffe geht hier schneller voran, sodass die Produktion von BtL 22 Prozent der inländischen Biokraftstoffherzeugung ausmacht (basierend auf dem BAU-II-Szenario).

Die relativen Anteile einzelner Biokraftstoffe und ihrer Agrarrohstoffbasis wurden in allen Szenarien wie in den BAU-Szenarien (Kap. III.2.4) berechnet. Diese umfassen Bioethanol aus Anbau im Inland (aus Getreide), Bioethanol aus Importen (aus Zuckerrohr), Pflanzendiesel aus Anbau im Inland (Rapsöl als Direktkraftstoff, Biodiesel aus Raps und BtL aus Energiepflanzen) sowie Pflanzendiesel aus Importen (Biodiesel aus Soja, Biodiesel aus Palmöl und BtL aus Energiepflanzen) (Bringezu/Schütz 2008, S. 49).

2.3 Landwirtschaftlicher Flächenbedarf in den MEA-D-Szenarien

Im Folgenden wird dargestellt, wie sich die vier MEA-D-Szenarien auf die landwirtschaftliche Flächennutzung auswirken. Die Ergebnisse der Modellrechnungen beschreiben dabei die globale Flächenbeanspruchung Deutschlands im Jahr 2020 (Tab. 8). Im Jahr 2004 (Status quo) benötigte Deutschland insgesamt ca. 20,6 Mio. ha Fläche global für seinen Konsum agrarischer Waren. Im Vergleich dazu wird in drei der vier MEA-D-Szenarien weniger Fläche beansprucht. Während beim Szenario „Adapting Mosaic“ der Unterschied zum Istzustand noch recht knapp ausfällt (19,8 Mio. ha), beträgt die Flächenforderung im Szenario „TechnoGarden“ 17,3 Mio. ha, im Szenario „Global Orchestration“ sogar nur 12,1 Mio. ha bzw. 41 Prozent weniger als beim Status quo. Lediglich im Szenario „Order from Strength“ wird Deutschland in 2020 mit 25,3 Mio. ha deutlich mehr globale landwirtschaftliche Fläche beanspruchen als im Jahr 2004. Hier tritt eine Zunahme der globalen Flächenbeanspruchung um 23 Prozent auf (Bringezu/Schütz 2008, S. 52).

Tabelle 8

Szenarienberechnung der globalen Flächenbelegung Deutschlands für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren im Jahr 2020 in den vier MEA-D-Szenarien (Nettokonsumfläche in Mio. ha)

Nutzungsbereiche	Ist 2004	„Global Orchestration“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
tierische Ernährung	12,53	6,89	13,77	8,27	9,18
pflanzliche Ernährung	6,61	3,63	7,27	8,41	4,84
Biokraftstoffe	0,59	0,57	1,94	0,75	1,32
Strom/Wärme aus Energiepflanzen	0,03	0,59	1,44	1,61	1,03
nachwachsende Rohstoffestoffliche Nutzung	0,83	0,42	0,84	0,84	0,95
gesamte Flächenbeanspruchung für inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren	20,59	12,10	25,26	19,86	17,32

Quelle: Bringezu/Schütz 2008, S. 53 (Beträge gerundet)

Die relativ geringe Flächenbeanspruchung Deutschlands 2020 bei einer Entwicklung, wie sie das auf Liberalisierung und Globalisierung der Wirtschaft angelegte MEA-D-Szenario „Global Orchestration“ beschreibt, ist vor allem darauf zurückzuführen, dass hohe Ertragssteigerungen zugrunde gelegt wurden, ein relativ gedämpfter Ausbau der Energiepflanzenutzung erfolgt, und ein relativ großer Anteil von hoch ertragreichem Palmöls am Energiepflanzenmix zur Strom-/Wärmeerzeugung eingesetzt wird (Bringezu/Schütz 2008, S. 52).

Die hohe Flächeninanspruchnahme im MEA-D-Szenario „Order from Strength“, einer Entwicklung mit eingeschränkten internationalen Handelsbeziehungen, wird durch relativ geringe Ertragssteigerungen, eine hohe Biokraftstoffquote von 12 Prozent (der höchsten aller vier Szenarien) und einem geringen Anteil von Palmöl am Energiepflanzenmix zur Strom-/Wärmeerzeugung verursacht (Bringezu/Schütz 2008, S. 52).

Eine regional angepasste Entwicklung gemäß dem MEA-D-Szenario „Adapting Mosaic“ würde die globalen Flächenerfordernisse gegenüber der Ausgangssituation nicht wesentlich verändern. Einerseits tragen geringe Ertragssteigerungen und der fehlende Anteil von importiertem Palmöl am Energiepflanzenmix zur Strom-/Wärmeerzeugung tendenziell zu größeren Flächenerfordernissen bei. Andererseits führen ein verminderter Konsum tierisch basierter Nahrungsmittel, eine niedrige Biokraftstoffquote von 5 Prozent und der Anteil von BtL-Kraftstoff auf der Basis ertragreicher Energiepflanzen zu einer Dämpfung der globalen Flächenbeanspruchung (Bringezu/Schütz 2008, S. 52).

Bei einer an Technologieentwicklung und Klimaschutz orientierten Entwicklung wie im MEA-D-Szenario „TechnoGarden“ tragen relativ hohe Ertragssteigerungen und ein hoher Anteil von BtL am Biokraftstoffmix tendenziell zu verminderten Flächenerfordernissen bei. Dem stehen jedoch hohe Anteile von Energiepflanzen sowohl zur Strom-/Wärmegewinnung als auch zur Biokraftstoffherstellung entgegen, sowie ein relativ geringer Anteil von Palmöl am Energiepflanzenmix zur Strom-/Wärmeerzeugung. Bei den gewählten Annahmen kommt es in der Summe zu einer Abnahme der globalen Flächenbelegung Deutschlands (Bringezu/Schütz 2008, S. 52).

Der jeweils größte Anteil am globalen Flächenbedarf Deutschlands im Jahr 2020 entfällt in allen Szenarien auf Ernährung (81 bis 87 Prozent), wobei deren relativer Beitrag jedoch gegenüber 2004 (93 Prozent) zurückgeht. In drei Szenarien macht tierisch basierte Ernährung den individuell höchsten Beitrag (53 bis 57 Prozent gegenüber 61 Prozent in 2004) aus, nur im Szenario „Adapting Mosaic“ sind die Anteile für pflanzliche Ernährung und tierisch basierte Ernährung mit jeweils 42 Prozent an globalen Flächenbedarf ausgeglichen. Dies ist eine direkte Wirkung des geringen Konsums tierischer Nahrungsmittel (Bringezu/Schütz 2008, S. 52 f.).

Biokraftstoffe tragen zu 5 Prozent im MEA-D-Szenario „Global Orchestration“, 8 Prozent in „Order from Strength“, 4 Prozent in „Adapting Mosaic“ und 8 Prozent in „TechnoGarden“ zum globalen Flächenbedarf

Deutschlands 2020 bei. Der Beitrag von Energiepflanzen zur Strom-/Wärmegewinnung beträgt 5 Prozent in „Global Orchestration“, 6 Prozent in „Order from Strength“, 8 Prozent in „Adapting Mosaic“ und 6 Prozent in „TechnoGarden“. Insgesamt ergeben die Szenarienrechnungen, dass die Non-Food-Verwendungen landwirtschaftlicher Biomasse in Deutschland 2020 13 bis 17 Prozent ausmachen, gegenüber 7 Prozent des globalen Flächenbedarfs Deutschlands in 2004 (Bringezu/Schütz 2008, S. 53).

Damit ist allen Szenarien gemeinsam, dass nachwachsende Rohstoffe bei der landwirtschaftlichen Flächennutzung an Bedeutung gewinnen. Während heute bei der inländischen Flächennutzung die energetische Nutzung und innerhalb der energetischen Nutzung bei der inländischen und der globalen Flächenbeanspruchung die Biokraftstoffe eindeutig im Vordergrund stehen (Kap. II.2), wird in allen Szenarien der Flächenbedarf insgesamt für die stoffliche Nutzung langsamer wachsen als der für energetische Nutzungen. Bei der energetischen Nutzung kommt es in den Szenarien wiederum zu deutlichen Verschiebungen: Der relative Anteil der Biokraftstoffe an der globalen Flächenbelegung sinkt generell, bleibt aber in den Szenarien „Order from Strength“ und „TechnoGarden“ noch vorherrschend, macht im Szenario „Global Orchestration“ rund die Hälfte der Energiepflanzenfläche aus, während im Szenario „Adapting Mosaic“ über zwei Drittel auf Strom/Wärme aus Energiepflanzen entfallen.

Der jeweilige Anteil der im Ausland erforderlichen Anbaufläche für die einzelnen Nutzungsbereiche und für den inländischen Konsum landwirtschaftlich basierter Waren insgesamt (Tab. 9) zeigt die Importabhängigkeit. Beim Szenario „Global Orchestration“ ist diese mit einem Anteil ausländischer Flächen von insgesamt 28 Prozent in 2020 am geringsten und reduziert sich gegenüber der heutigen Situation. Im Szenario „Order from Strength“ ist der Anteil ausländischer Flächen mit 53 Prozent am höchsten, und bei „Adapting Mosaic“ und „TechnoGarden“ mit 45 Prozent bzw. 41 Prozent etwas weniger stark ausgeprägt (Bringezu/Schütz 2008, S. 54).

Der relativ geringe Anteil im Ausland belegter Fläche im MEA-D-Szenario „Global Orchestration“ resultiert in erster Linie aus hohen Ertragssteigerungen bei relativ niedrigem Ausbau der Energiepflanzenutzung. Hier könnte ein hoher Anteil der inländischen landwirtschaftlichen Nutzfläche (ca. 8,2 Mio. ha) für den Ausbau von Exporten bereitgestellt werden (Bringezu/Schütz 2008, S. 54). Dies entspricht der Ausrichtung des Szenarios, die deutschen Wettbewerbsvorteile im Bereich Nahrungsmittel zu nutzen.

Der hohe Anteil im Ausland belegter Fläche im MEA-D-Szenario „Order from Strength“ steht zunächst im scheinbaren Widerspruch zur generellen Ausrichtung des Szenarios, die Abhängigkeit von Importen zu verringern. Sie ist jedoch bedingt durch geringe Ertragssteigerungen und die hohen Ausbauziele für die Energiepflanzenutzung aus inländischem Anbau. Es wird deutlich, dass eine forcierte energetische Nutzung von Biomasse, die von inländischer Anbaufläche stammt, durch verstärkte Lebensmittelimporte ausgeglichen werden muss (Bringezu/Schütz 2008, S. 55).

Die gleichbleibende ausländische Flächenbelegung im MEA-D-Szenario „TechnoGarden“ wird bedingt durch höhere Ertragssteigerungen im Allgemeinen und insbesondere bei Energiepflanzen zur Strom-/Wärmegewinnung aus inländischem Anbau (doppelter Ertrag gegenüber „Global Orchestration“, „Order from Strength“, „Adapting Mosaic“). Gegenläufige Faktoren bei „TechnoGarden“ sind ein zusätzlicher inländischer Flächenbedarf für Biopolymere gegenüber einem verminderten inländischen Flächenbedarf für Biokraftstoffe durch relativ hohe Anteile von ertragreichem BtL (Bringezu/Schütz 2008, S. 55).

Schließlich wird noch der Frage nachgegangen, wie sich die Entwicklungen in den MEA-D-Szenarien auf die globale Flächenbeanspruchung pro Einwohner (in Deutsch-

land) auswirken. Nach der Bevölkerungsprognose des Statistischen Bundesamtes (Destatis 2006) werden 2020 ca. 80,7 Mio. Menschen in Deutschland leben, gegenüber 82,5 Mio. im Jahr 2004. Im Ausgangsjahr 2004 bestand eine globale Beanspruchung von 2 496 m² landwirtschaftlicher Fläche (Anbau land) pro Person (Bringezu/Schütz 2008, S. 52). Deutschland liegt damit genau im weltweiten Durchschnitt der pro Kopf verfügbaren Anbaufläche (Kap. III.1.4).

Für das Jahr 2020 ergeben sich zwischen den MEA-D-Szenarien deutliche Unterschiede: Pro Person werden 2020 zwischen 1 500 m² (MEA-D-Szenario „Global Orchestration“) und 3 131 m² (MEA-D-Szenario „Order from Strength“) globale Anbaufläche für den Konsum agrarischer Waren beansprucht (Abb. 6). Die MEA-D-

Tabelle 9

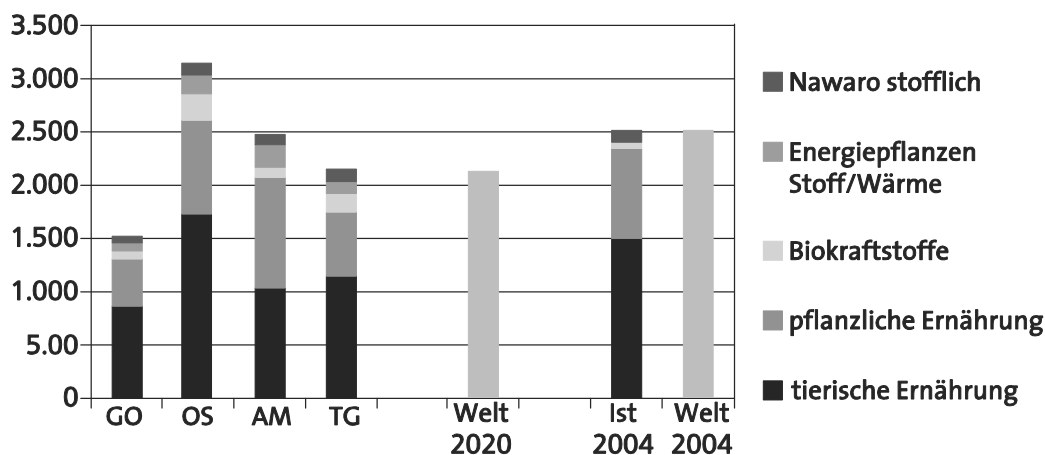
Anteile der im Ausland belegten Fläche an der globalen Flächenbelegung Deutschlands für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren im Jahr 2020 in den vier MEA-D-Szenarien (in Prozent)

Nutzungsbereiche	Ist 2004	„Global Orchestration“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
tierische Ernährung	28	22	59	48	38
pflanzliche Ernährung	41	30	63	53	45
Biokraftstoffe	25	76	13	16	64
Strom/Wärme aus Energiepflanzen	0	22	2	0	5
nachwachsende Rohstoffliche Nutzung	64	59	59	59	59
Anteil der im Ausland belegten Flächen für inländischen Konsum aller landwirtschaftlichen Waren	41	28	53	45	41

Quelle: Bringezu/Schütz 2008, S. 55

Abbildung 6

Globaler Flächenbedarf Deutschlands pro Kopf für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren 2020 in den vier MEA-D-Szenarien sowie Vergleich mit Weltdurchschnitt (in m² pro Person, Nettokonsumfläche)



Quelle: Bringezu/Schütz 2008, S. 54

Szenarien „Adapting Mosaic“ und „TechnoGarden“ liegen mit 2 461 bzw. 2 146 m² pro Person dazwischen (Bringezu/Schütz 2008, S. 52).

Pro Kopf der Weltbevölkerung werden 2020 ca. 2 000 m² Anbauland zur Verfügung stehen, die Unterschiede zwischen den globalen MEA-Szenarien sind gering (Kap. III.1.4). Bei einer technologiebetonten Entwicklung mit globaler Ausrichtung wie im MEA-D-Szenario „TechnoGarden“ würde Deutschland 2020 mit seinem Konsum landwirtschaftlicher Waren im Schnitt des dann global pro Kopf verfügbaren Anbaulandes liegen. Eine regional angepasste Entwicklung wie im MEA-D-Szenario „Adapting Mosaic“ würde in Deutschland einen etwas höheren Flächenbedarf pro Kopf hervorrufen. Bei einer auf Wirtschaftsräume fokussierten Entwicklung wie im MEA-D-Szenario „Order from Strength“ würde sogar um rund 50 Prozent mehr Anbauland pro Person benötigt als im Weltschnitt verfügbar. Dagegen würde eine ökonomisch global ausgerichtete Entwicklung wie im MEA-D-Szenario „Global Orchestration“ einen um rund 30 Prozent gegenüber dem Weltschnitt deutlich geringeren Flächenbedarf Deutschlands in 2020 bewirken, und somit Raum schaffen für einen Beitrag zur Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung mit veränderten Ernährungsgewohnheiten. Voraussetzung hierfür ist vor allem eine deutliche Steigerung der Hektarerträge (bzw. auch der Produktivitäten in nachgelagerten Produktionsprozessen) sowie ein moderater Anteil der Energiepflanzennutzung (Bringezu/Schütz 2008, S. 53 f.).

2.4 Vergleich mit Business-as-usual-Szenarien

Im Gegensatz zu den MEA-D-Szenarien, die den denkbaren zukünftigen Entwicklungsraum aufzeigen, werden in diesem Kapitel zwei Business-as-usual-Szenarien (BAU-Szenarien) vorgestellt, die die unter den Anfang 2008 gegebenen Rahmenbedingungen zu erwartende Größenordnung (und eine gewisse Bandbreite) der Mengenentwicklung nachwachsender Rohstoffe in den wichtigsten energetischen und stofflichen Einsatzbereichen bis zum Jahr 2030 aufzeigen (Wuppertal Institut et al. 2008). Diese Szenarien basieren auf einschlägigen Marktstudien sowie zusätzlichen Recherchen, und berücksichtigen die Umsetzung der bestehenden rechtlichen Regelungen und politischen Zielvorgaben zum Einsatz von Biomasse.

Das BAU-I-Szenario soll eine konservativ-realistische Einschätzung liefern, das BAU-II-Szenario ebenfalls eine realistische, aber gegen BAU-I leicht erhöhte Entwicklung der Non-Food-Verwendungen. Die Spannweite zwischen BAU-I und BAU-II soll den Entwicklungskorridor abbilden, der sich bei Fortdauer der derzeitigen wirksamen Rahmenbedingungen und Trends für das jeweilige Segment nachwachsender Rohstoffe ergibt. Dabei wurden preisliche Verknappungseffekte über die Flächenkonkurrenz zwischen den verschiedenen nachwachsenden Rohstoffen und zwischen diesen und der Nahrungsmittelproduktion nicht berücksichtigt. Daher sind die BAU-

Szenarien nicht als Prognosen zu interpretieren (Bringezu/Schütz 2008, S. 56).

Der Fokus der BAU-Szenarien liegt auf Anbaubiomasse auf landwirtschaftlichen Flächen, für die ein primär zurechnender Flächenbedarf entsteht. Die Nutzung von Abfall- und Reststoffen (z. B. Gülle) oder landwirtschaftlichen Erntenebenprodukten wie Stroh sind zwar Bestandteile von Energieszenarien und wirken sich positiv im Hinblick auf die Einsparung fossiler Energie und die Minderung von Treibhausgasen aus. Da sie als Nebenprodukte oder Abfälle bzw. Reststoffe gelten, werden sie nicht als primär flächenrelevant angesehen und gehen somit nicht in die Flächenberechnung ein (Bringezu/Schütz 2008, S. 56).

Die Steigerung der landwirtschaftlichen Hektarproduktivitäten bis zum Jahr 2030 wurde auf Basis von Expertenbefragung eingerechnet (Wuppertal Institut et al. 2008). Diese Steigerungsraten liegen deutlich unter den Werten, die in vorherigen Potenzialstudien angenommen wurden (basierend auf Fritsche et al. 2004), die als Grundlage der Ausbauziele der Bundesregierung dienten. Beispielsweise wird in den BAU-Szenarien eine Ertragssteigerung von 1,5 Prozent pro Jahr für Raps entsprechend Einschätzungen von UFOP-Experten, gegenüber 1,9 bis 2,4 Prozent nach Fritsche et al. (2004), zugrunde gelegt, oder 1,2 Prozent für Getreide entsprechend Einschätzung der FAL gegenüber 1,8 bis 2,2 Prozent (Bringezu/Schütz 2008, S. 57). Die Annahmen zu den zukünftigen Ertragssteigerungen haben erhebliche Auswirkungen auf die inländischen Flächenpotenziale, wie schon im Rahmen der MEA-D-Szenarien diskutiert.

Im Hinblick auf die seitens des BMU im April 2008 festgelegten neuen Zielsetzungen zur nationalen Biokraftstoffquote von 12 bis 15 Prozent (energetisch) bis 2020 (BMU 2008a) liegt das BAU-I-Szenario mit einer Biokraftstoffquote von 13,8 Prozent energetisch im Zielkorridor. Mit einer Biokraftstoffquote von 19,1 Prozent energetisch bildet das BAU-II-Szenario den oberen Entwicklungsrahmen ab, der bei Weiterverfolgung des früheren Meseberg-Ziels von 17 Prozent (energetisch) zu erwarten gewesen wäre (Bringezu/Schütz 2008, S. 57).

Die Nutzung von Energiepflanzen zur Verstromung in Deutschland betrifft Rapsöl und Palmöl sowie Anbaubiomasse in Form von Energiemais, -getreide und -gräsern. Hierbei entspricht die in den BAU-Szenarien angenommene Entwicklung für Energiemais, -getreide und -gräser weitgehend den Annahmen im Leitszenario des BMU. Die Annahmen zum Einsatz pflanzlicher Öle in BHKW wurden entsprechend des sprunghaften Anstiegs der Verwendung von Palmöl in der jüngeren Vergangenheit (IE 2007b) in den BAU-Szenarien angepasst (Wuppertal Institut et al. 2008 nach Bringezu/Schütz 2008, S. 57 f.).

Die Mengenentwicklungen zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe wurden nach Einschätzungen von Marktentwicklungspotenzialen des Fraunhofer Institut UMSICHT (Wuppertal Institut et al. 2008) oder der Studie von Meo Consulting Team et al. 2006 angenommen.

Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf in den BAU-Szenarien

Die bisherige Entwicklung der Nutzung nachwachsender Rohstoffe läuft auf eine deutliche Erhöhung der Nutzung von Biokraftstoffen der sogenannten 1. Generation hinaus. Während der globale landwirtschaftliche Flächenbedarf für die stoffliche Verwendung nachwachsender Rohstoffe 2004 noch bei fast 60 Prozent des gesamten Flächenbedarfs für nachwachsende Rohstoffe lag und bis 2006 auf ein Drittel sank, wird dieser Anteil in den BAU-Szenarien 2030 bei rund 20 Prozent liegen (Bringezu/Schütz 2008, S. 58).

Der globale landwirtschaftliche Flächenbedarf Deutschlands für nachwachsende Rohstoffe insgesamt (Nettokonsumfläche) steigt deutlich an, auf 5,97 Mio. ha im Jahr 2020 im BAU-I-Szenario und erhöht sich in diesem Szenario nochmals auf 7,26 Mio. ha bis 2030 (Tab. 10). Der Flächenbedarf im BAU-II-Szenario ist nur geringfügig höher. Dies entspricht fast zwei Drittel der dann im Inland verfügbaren Fläche für Ackerland und Dauerkulturen. Tatsächlich wird in den BAU-Szenarien dieser Flächenbedarf im Jahr 2030 zu zwei Dritteln bis annähernd drei Vierteln im Ausland gedeckt (Bringezu/Schütz 2008, S. 58).

In den BAU-Szenarien liegt damit die globale Flächenbelegung für Biokraftstoffe deutlich über der in allen MEA-D-Szenarien (Kap. III.2.3). Die niedrigeren Anteile der Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch (niedrigere Biokraftstoffquote) in den MEA-D-Szenarien sind der entscheidende Grund. Ein anderer Biokraftstoffmix (z. B. hoher Anteil der Importe im Szenario „Global Orchestration“) ist teilweise ebenfalls ursächlich.

Dagegen ist der globale Flächenbedarf für Strom und Wärme aus Energiepflanzen in den BAU-Szenarien etwa gleich hoch wie im MEA-D-Szenario „TechnoGarden“, in den beiden Szenarien „Order from Strength“ und „Adapting Mosaic“ aber deutlicher höher (Tab. 8). Dies liegt daran, dass in diesen beiden Szenarien entsprechend ihrer grundsätzlichen Ausrichtung fast ausschließlich

bzw. nur Energiepflanzen aus inländischer Produktion genutzt werden.

Alleine die schon gegenwärtig hauptsächlich verwendeten Biokraftstoffe Pflanzenöl (aus Raps), Biodiesel (aus Raps, Palmöl und Soja) und Bioethanol (aus Getreide und Zuckerrohr) machen einen Großteil der Flächenzunahme von 2006 bis 2030 unter BAU-Bedingungen aus, zusammen 55 Prozent bei BAU-I-Szenario bzw. 50 Prozent bei BAU-II-Szenario (Bringezu/Schütz 2008, S. 59).

Globaler Flächenbedarf pro Kopf für den Konsum aller landwirtschaftlicher Waren in Deutschland

Die BAU-Entwicklungen bedeuten eine erhebliche Ausweitung des globalen Flächenrucksacks von Deutschland. Betrachtet wird wieder die Nettokonsumfläche (Kap. III.2.1). Die Flächenbelegung für den Konsum aller landwirtschaftlichen Waren (aus inländischer Erzeugung plus Einfuhren minus Ausfuhren) in Deutschland steigt von ca. 2 500 m² pro Person im Jahr 2004 in den BAU-Szenarien auf 2 800 bis 2 900 m² pro Person im Jahr 2030 (Abb. 7). Sie liegt damit fast so hoch wie im MEA-D-Szenario „Order from Strength“ im Jahr 2020.

Die BAU-Szenarien bedeuten, dass die globale Flächeninanspruchnahme Deutschlands deutlich die im Schnitt 2030 weltweit verfügbare agrarisch genutzte Fläche (hauptsächlich Ackerfläche) von ca. 2 000 m² pro Person (Kap. III.2.3) übersteigen wird (Bringezu/Schütz 2008, S. 61). Im Vergleich zeigt das MEA-D-Szenario „Global Orchestration“ eine deutlich geringere Flächeninanspruchnahme Deutschlands im Vergleich zur globalen Entwicklung des pro Kopf verfügbaren Anbaulandes. Die deutsche Flächeninanspruchnahme kann mit der globalen Entwicklung auch bei einer ambitionierten Klimaschutzstrategie unter Einschluss der Energiepflanzenutzung Schritt halten, wenn das Gewicht stärker auf die Erzeugung von Strom und Wärme aus Energiepflanzen gelegt wird und weitere günstige Bedingungen erfüllt sind, wie sie dem MEA-D-Szenario „TechnoGarden“ zugrunde liegen.

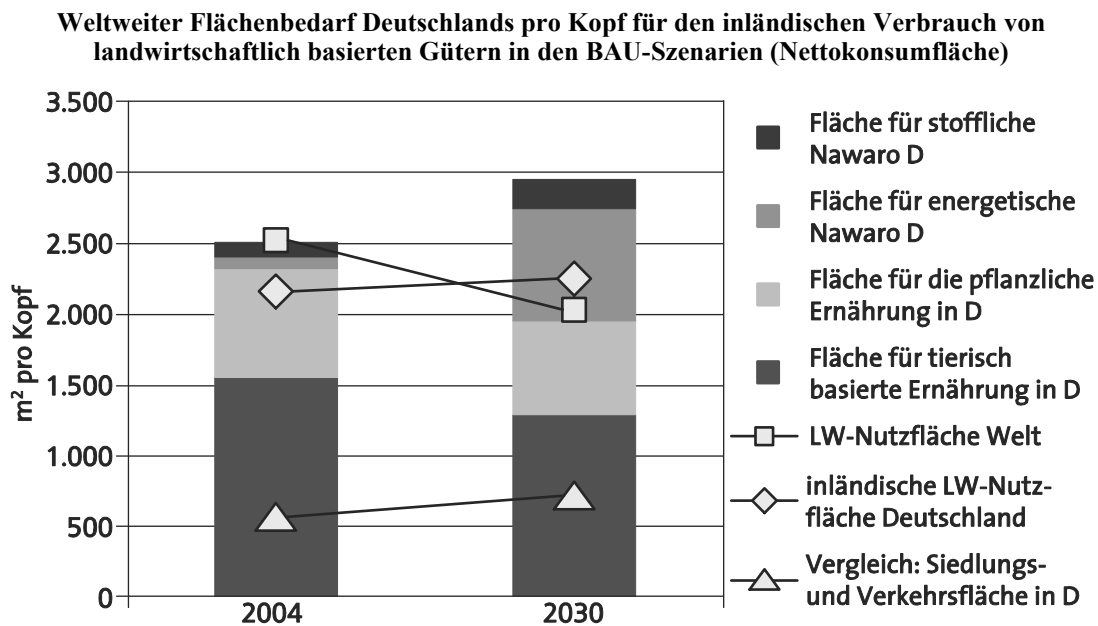
Tabelle 10

Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf Deutschlands für nachwachsende Rohstoffe in den BAU-Szenarien (in Mio. ha, Nettokonsumfläche)

	2004	2006	2020	2020	2030	2030
	Istsituation	Istsituation	BAU-I	BAU-II	BAU-I	BAU-II
energetische Nutzung	0,63	1,87	4,84	5,42	5,88	6,25
stoffliche Nutzung	0,83	0,92	1,13	1,27	1,38	1,56
nachwachsende Rohstoffe insgesamt	1,46	2,79	5,97	6,69	7,26	7,81

Quelle: nach Bringezu/Schütz 2008, S. 59

Abbildung 7



Anmerkung: ca. 2 800 m² pro Person im BAU-I-Szenario, ca. 2 900 m² pro Person im BAU-II-Szenario

Quelle: Wuppertal Institut et al. 2008

In den BAU-Szenarien kann die inländische Nachfrage nach Biokraftstoffen 2030 auf die Fläche bezogen nur zu etwa einem Fünftel durch inländische Produktion gedeckt werden. Die Konsequenz sind steigende Importe und eine Ausweitung der global in Anspruch genommenen Fläche. Eine Entwicklung entsprechend der BAU-Szenarien bedeutet, dass Deutschland deutlich zu einem erhöhten Druck zur Ausweitung der globalen Anbaufläche (und den damit verbundenen Umweltbelastungen) beitragen würde (Bringezu/Schütz 2008, S. 61 f.).

Nach anderen Untersuchungen (EEA 2006; Schönleber et al. 2007) sind die Flächenpotenziale zum Anbau von energetischer Biomasse auch in der EU-27 begrenzt. Nur einige wenige EU-Mitgliedsländer (vor allem Deutschland, Frankreich, Spanien) könnten den potenziellen Energiebeitrag zur Erreichung der Energieziele der EU-27 bis 2020 erzeugen. Mehr als die Hälfte der Mitgliedsstaaten kann bis 2010 ihre nationalen Zielvorgaben, z. B. im Kraftstoffbereich einen Beimischungsanteil von 5,75 Prozent an Biokraftstoffen, nicht aus eigener Erzeugung abdecken. In vielen Ländern (u. a. Großbritannien, Italien, Griechenland) reicht das Flächenpotenzial weder zur Selbstversorgung noch zur Energiebereitstellung aus, d. h., in diesen Ländern bleibt eine starke Abhängigkeit sowohl in der Energie- als auch Nahrungsmittelversorgung aus Drittländern bestehen (Bringezu/Schütz 2008, S. 62).

2.5 Konkurrenzen und ihre Wirkungen

Die Szenarienanalysen für Deutschland zeigen die komplexen Zusammenhänge auf, die die zukünftige Ausprägung von Flächen- und Nutzungskonkurrenzen beeinflus-

sen werden. Während die Business-as-usual-Szenarien eine zukünftige Erhöhung des globalen Flächenbedarfs Deutschlands und somit eine Verschärfung von Nutzungskonkurrenzen ergeben, zeigen die MEA-D-Szenarien einen erheblichen Entwicklungs- und Gestaltungsraum auf, der auch eine Abmilderung von Konkurrenzen ermöglicht.

Die wichtigsten Punkte, die die Entwicklung von Flächen- und Nutzungskonkurrenzen beeinflussen, sind:

Höhere Produktivität in der Landwirtschaft, und insbesondere steigende Erträge in der Pflanzenproduktion, sind eine wesentliche Voraussetzung für den weiteren Ausbau der Energiepflanzennutzung, ohne dass Flächenkonkurrenzen verschärft werden. Die in verschiedenen Studien zugrundegelegten Ertragssteigerungen weisen erhebliche Unterschiede auf. Wie die Szenarienanalysen zeigen, sind zukünftige Ertragssteigerungen keine unabhängige Größe und nicht nur vom technischen Fortschritt abhängig, sondern auch von gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen und Investitionen in den Sektor Landwirtschaft bestimmt. Anstelle des Versuchs einer möglichst guten Vorhersage ist daher von einem Korridor zukünftiger Ertragssteigerungen auszugehen. Die starke Schwankung der Agrarpreise der letzten Zeit und die aktuelle Finanz- und Wirtschaftskrise wird zumindest kurzfristig auch landwirtschaftliche Investitionen erschweren und dämpfend auf die Ertragsentwicklung wirken.

Hohe Ertragssteigerungen bedeuten eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Bodennutzung und mildern die Flächenkonkurrenz, können aber dadurch zu verschärften Nutzungskonkurrenzen um Umweltgüter führen. Dies

wird im Rahmen der regionalen Analysen genauer untersucht (Kap. III.3).

Die zukünftige Entwicklung der Flächenkonkurrenz wird nicht nur von der allgemeinen Ertragsentwicklung (insbesondere im Nahrungs- und Futtermittelanbau) beeinflusst, sondern auch von den Ertragssteigerungen im Energiepflanzenanbau. In den Szenarien wird dies durch entsprechende Annahmen berücksichtigt. Die Züchtung von Energiepflanzen, als eine wesentliche Grundlage für Ertragssteigerungen, steht allerdings noch relativ am Anfang. Ziel ist, in möglichst kurzer Zeit geeignetes Sortenmaterial aus einem möglichst breiten Artenspektrum zur Verfügung zu stellen. Ergänzend sind geeignete Fruchtfolgen zu entwickeln, die Nahrungs- und Futtermittelproduktion einerseits und Energiepflanzenproduktion andererseits harmonisch miteinander verbinden. Die Züchtung konzentriert sich auf Energiepflanzen der 2. Generation, die in Mitteleuropa als Ganzpflanzen auf absehbare Zeit vor allem zur Biogasproduktion verwendet werden sollen. Massenwüchsige Pflanzenarten wie Mais, Sorghum und Sonnenblume werden für eine Ganzpflanzennutzung züchterisch dahingehend bearbeitet, dass sie möglichst die volle Vegetationszeit mit vegetativem Wachstum ausnutzen. Ein maximaler Biomassertrag stellt bei den meisten landwirtschaftlichen Arten ein grundsätzlich neues Zuchtziel dar. Eher im Stadium einer Vision befinden sich Energiepflanzen der sogenannten dritten Generation, die neben hohen Massenerträgen spezielle Inhaltsstoffe ausbilden und direkt in den „Bioraffinerien“ der Zukunft stofflich und energetisch verwertet werden sollen. Für eine thermische Nutzung kommen dagegen vor allem mehrjährige, verholzte Pflanzen wie Kurzumtriebspappeln oder -weiden infrage. Eine züchterische Bearbeitung schnellwachsender Baumarten findet derzeit in Deutschland allerdings kaum statt (ausführlich in TAB 2007b, S. 68 ff.).

Hohe Importe von Bioenergieträgern bewirken eine günstigere Entwicklung bei der globalen Flächenbeanspruchung Deutschlands, weil Bioenergieträger beispielsweise auf der Basis von Palmöl oder Zuckerrohr eine deutlich höhere Flächenproduktivität aufweisen. Mit der gleichen landwirtschaftlichen Fläche kann so ein höherer Bioenergiebeitrag erreicht werden. Voraussetzungen für eine Entwicklung mit hohen Importanteilen sind, dass der teilweise bestehende Außenschutz der EU abgebaut wird und dass in der deutschen Ausbaustrategie (bzw. Förderpolitik) auf Biokraftstoffe und stationäre Nutzungen mit importierbaren Bioenergieträgern (z. B. BHKW mit Palmölnutzung) gesetzt wird. Da global ein erheblicher Druck zur Ausweitung landwirtschaftlicher Nutzflächen besteht (Kap. III.1.4), ist hier die entscheidende Frage, ob für den entsprechenden Bioenergieträgerimport eine zusätzliche Beanspruchung natürlicher Ökosysteme (z. B. Regenwälder) verhindert werden kann. Dies soll durch Zertifizierungen erreicht werden. Inwieweit mit Zertifizierungen diese Zielsetzungen erreicht werden kann, wird im Kapitel V untersucht.

Eine Konzentration auf die inländische Erzeugung von Bioenergieträgern (siehe MEA-D-Szenario „Order from

Strength“) verhindert nicht automatisch einen Beitrag zur globalen Verschärfung der Flächenkonkurrenz, weil dies zu einer Verdrängung inländischer Nahrungs- und Futtermittelerzeugung führen kann. Dies gilt insbesondere unter Bedingungen wie niedrigen Ertragssteigerungen und hohen Ausbauzielen bei der Bioenergienutzung. Damit wird die Zielsetzung, einen Beitrag zur Versorgungssicherheit bei Energiebereitstellung zu leisten, durch größere internationale Abhängigkeiten bei der Nahrungsmittelversorgung konterkariert.

Eine entsprechende globale Entwicklung mit zunehmendem Außenschutz zwischen Wirtschaftsräumen, sowie daraus folgendem geringen Wirtschaftswachstum, langsamer Produktivitätssteigerung in der Landwirtschaft und hoher Bevölkerungszunahme, führt auf globaler Ebene zur stärksten Ausweitung landwirtschaftlicher Flächen (Kap. III.1). Eine entsprechende deutsche und europäische Politikgestaltung zur Energiepflanzenutzung würde damit unter diesen Bedingungen die Flächenkonkurrenz mit der Nahrungsmittelerzeugung besonders verschärfen.

Die Aussage verschiedener Studien zu Bioenergiepotenzialen und Ausbaustrategien (TAB 2007b) wird bestätigt, dass mit der Erzeugung von Strom und Wärme aus Energiepflanzen höhere Energiepotenziale erschlossen, respektive eine geringere Flächenkonkurrenz bewirkt wird, als mit der Nutzung von Biokraftstoffen. Ein sehr starker Ausbau der Erzeugung von Strom und Wärme aus Energiepflanzen, bei einer gleichzeitig relativ hohen Biokraftstoffquote von 10 Prozent, führt zu einer Abnahme der globalen Flächenbeanspruchung Deutschlands in der Größenordnung der globalen Flächenverfügbarkeit pro Person im Jahr 2020, wenn insgesamt günstige Rahmenbedingungen gegeben sind (MEA-D-Szenario „TechnoGarden“). Im Gegensatz dazu führt eine Schwerpunktsetzung auf Biokraftstoffe zukünftig zu einer Erhöhung des globalen Flächenbedarfs Deutschlands (BAU-Szenarien und MEA-D-Szenario „Order from Strength“). Dies gilt unabhängig davon, ob im Wesentlichen ein inländischer Anbau der Biokraftstoffe erfolgt oder zunehmend Biokraftstoffe importiert werden.

Zukünftige Veränderungen der Ernährungsweisen, und insbesondere die Entwicklung des Fleischkonsums, beeinflussen den landwirtschaftlichen Flächenbedarf Deutschlands erheblich (siehe MEA-D-Szenario „Adapting Mosaic“). Eine Verminderung des Verbrauchs tierischer basierter Nahrungsmittel auf ein Niveau, wie es von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung empfohlen wird, würde einen Nettoeinspareffekt von bis zu 500 m² pro Kopf beim globalen Flächenbedarf Deutschlands für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren bewirken (Bringezu/Schütz 2008, S. 77).

In der Vergangenheit hat eine Steigerung des deutschen Nahrungsmittelexports stattgefunden. Wenn sich diese Entwicklung in der Zukunft fortsetzen würde, und wirtschaftliche Rahmenbedingungen eine international konkurrenzfähige deutsche Nahrungsmittelproduktion begünstigen, dann wird der Spielraum für Energiepflanzenutzungen in Deutschland geringer. Es kann eine zunehmende Konkurrenz zwischen dem Anbau von

nachwachsenden Rohstoffen und dem für Nahrungsmittel- exporte erwartet werden.

3. Entwicklungspfade auf regionaler Ebene

Zur Analyse von Flächen- und Ressourcennutzungskonkurrenzen und entsprechenden Wirkungszusammenhängen auf regionaler Ebene wurden wiederum die vier Szenarien des Millennium Ecosystem Assessments (MEA) genutzt, um Annahmen für entsprechende regionale Szenarien (im folgenden MEA-R-Szenarien genannt) abzuleiten und deren Auswirkungen mithilfe eines regionalen Ressourcennutzungsmodells abzubilden. Dabei werden drei exemplarische Regionen untersucht, die sich durch einheitliche Agrarstrukturen und naturräumliche Gegebenheiten auszeichnen. Zunächst werden die Vorgehensweise (Kap. III.3.1) und die Ableitung von Rahmendaten aus den MEA-Szenarien kurz beschrieben. Die Entwicklung der regionalen Ressourcennutzung unter den Szenarienbedingungen wird in Kapitel III.3.3 beschrieben. Abschließend werden die ermittelten Konkurrenzen und ihre Wirkungen diskutiert (Kap. III.3.4). Dieses Kapitel be ruht wesentlich auf dem Gutachten des Leibniz-Instituts für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) und des Instituts für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus der Humboldt-Universität zu Berlin (Grundmann/Kimmich 2008). Eine ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise, die Zusammenstellung aller Annahmensetzungen für die MEA-R-Szenarien sowie die vollständigen Ergebnisse der Simulationsberechnungen für die Szenarien sind im Onlineanhang dokumentiert.

3.1 Vorgehensweise

Im Zentrum steht die Analyse und Diskussion möglicher zukünftiger Entwicklungen der Flächen- und Ressourcennutzungskonkurrenzen auf regionaler Ebene. Die zugrundegelegten Annahmen basieren wiederum auf den MEA-Szenarien (Kap. III.1.3), die mögliche globale Entwicklungen und Triebkräfte beschreiben. Aus den globalen MEA-Szenarien werden ökonomische Rahmenbedingungen wie Wirtschaftswachstum und Entwicklung der Agrar- und Energiemärkte, Geschwindigkeit des technologischen Wandels, ökologische Entwicklungen sowie politisch gestaltete und gesellschaftliche Anforderungen wie beispielsweise rechtliche Rahmenbedingungen abgeleitet (Kap. III.3.2). Diese Einflussfaktoren wirken auf die Regionen innerhalb Deutschlands ein und führen dort zu Änderungen der Ressourcennutzung. Die Wirkungszusammenhänge auf regionaler Ebene werden mit einem Ressourcennutzungsmodell abgebildet. Eine Beschreibung des Modells enthält der Onlineanhang. Dieses Modell bildet die Produktionsseite ab und bestimmt das zukünftige Angebot an Lebensmitteln sowie für stoffliche und energetische Verwertungen. Die landwirtschaftliche Produktion wird für die Regionen als betriebswirtschaftliche Einheiten entsprechend den Marktpreisen ökonomisch optimiert. Aus den szenarioabhängigen Rahmenbedingungen und der entsprechenden regionalen Ressourcennutzung resultieren ökonomische und ökologische Folgewirkungen. Diese Simulationsergebnisse zur

regionalen Wirtschaftlichkeit, zu Humusbilanzen und Emissionen in den regionalen Szenarien (im Folgenden auch als MEA-R-Szenarien bezeichnet) sind Ziel der Analyse (Grundmann/Kimmich 2008, S. 4 f.).

Das Ressourcennutzungsmodell wurde für drei für die landwirtschaftliche Nutzung in Deutschland repräsentative Regionen eingesetzt. Damit sollen unterschiedliche Auswirkungen des Bioenergieausbaus auf die Flächen- und Ressourcennutzungskonkurrenz entsprechend den regionalen Ressourcenausstattungen abgebildet werden. Es wurden eine intensive Ackerbauregion, eine Region mit Verbundbetrieben und eine Region mit intensiver Tierhaltung gewählt (Grundmann/Kimmich 2008, S. 12 f.):

- Als intensive Ackerbauregion wurden die Lößböden zwischen Braunschweig und Hildesheim gewählt, die durch hohe Ertragsleistungen auf sehr guten Böden und eine nur geringe Bedeutung der Viehhaltung gekennzeichnet sind.
- Charakteristisch für die Region Soltau-Fallingb. sind Verbundbetriebe auf sandigen Heiden (westlicher Teil der Lüneburger Heide), entsprechend niedrige Ertragsleistungen auf leichten Böden und einer durchschnittlichen Intensität der Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung. Bodenbedingt haben der Grünlandanteil und die Ackerfläche unter Beregnung in dieser Region einen hohen Stellenwert.
- Eine intensive Tierhaltung auf Sand- und Moorstandorten kennzeichnet die Regionen Emsland und Grafschaft Bentheim. Die von schwachen Ertragsleistungen gekennzeichneten Böden werden vorwiegend für die Mais- und Kartoffelproduktion für die regionstypische Veredlung verwendet. Der Anteil der Viehhaltung, insbesondere von Geflügel, und dem entsprechenden Futterbau nimmt weiterhin zu.

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Entwicklung der regionalen Modellbetriebe durch ökonomische Kriterien bestimmt wird und aus den Veränderungen des Angebots keine Rückkopplungen auf den entsprechenden Märkten resultieren. Die quantitative Modellierung stellt somit ein vereinfachtes Abbild eines Untersuchungsgegenstandes dar (Grundmann/Kimmich 2008, S. 14).

3.2 Ableitung von Rahmendaten aus den MEA-Szenarien

Die detaillierten Parameter (von Preisen für Saatgut bis zum Arbeitszeitaufwand einzelner Ernteverfahren), die das Ressourcennutzungsmodell erfordert, konnten nicht unmittelbar aus den im MEA verfügbaren Daten übernommen werden, da ein Großteil der Annahmen und Ergebnisse nur in qualitativer Form vorliegt und nicht ohne weiteres von der globalen Ebene auf die regionale Ebene übertragen werden kann (Grundmann/Kimmich 2008, S. 7). Daher waren umfangreiche quantitative Parameterfestlegungen (Annahmensetzungen) für die Rahmendaten erforderlich, die im Onlineanhang dokumentiert sind. Im Folgenden wird nur die Grundausrichtung der Rahmendaten vorgestellt.

Rahmendaten für das MEA-R-Szenario „Global Orchestration“

Ein sehr starkes Wirtschaftswachstum mit forciertem technologischem Wandel, hohen Investitionen in Humankapital, hohem Energieverbrauch und intensiven Produktionsweisen kennzeichnen das Szenario „Global Orchestration“. In den Regionen Deutschlands findet durch den Abbau der Marktinterventionen und Handelsbeschränkungen zunehmend eine Anpassung an die internationalen Agrarmärkte statt. Ein aktives Umweltmanagement mit der Förderung von Umwelttechnologien wird nicht betrieben. Die Förderung erneuerbarer Energien durch EEG, Energiepflanzenprämien und Beimischung zu Kraftstoffen wird auf dem Stand von 2008 beibehalten. Stilllegungsflächen werden aufgrund steigender Nachfrage abgeschafft und die Produktion bis auf die Grenzstandorte ausgeweitet (Grundmann/Kimmich 2008, S. 31).

Rahmendaten für das MEA-R-Szenario „Order from Strength“

Das Szenario „Order from Strength“ ist gekennzeichnet von zunehmender Grenzziehung zwischen den großen Wirtschafts- und Freihandelszonen. Das Wirtschaftswachstum im globalen Norden fällt deutlich niedriger aus als im Szenario „Global Orchestration“. Das niedrige Wirtschaftswachstum im Süden verursacht dort ein starkes Bevölkerungswachstum. Die Investitionen in physisches und Humankapital entwickeln sich auf einem mittleren Niveau, der technische Fortschritt ist gering, insbesondere auch im Bereich der Umwelttechnologien, da eine reaktive Strategie in Bezug auf ökologische Entwicklungen vorherrscht. Der Energieverbrauch wird im Norden mit gleichbleibender Intensität fortgeführt, jedoch mit Fokus auf eine heimische Energieversorgung. Die Förderung erneuerbarer Energien durch EEG, Energiepflanzenprämien und Beimischung zu Kraftstoffen wird auch in diesem Szenario auf dem Stand von 2008 beibehalten. Stilllegungsflächen werden abgeschafft und die leicht steigende Nachfrage nach Agrarrohstoffen für Lebensmittel, stoffliche und energetische Nutzung durch bilaterale Handelsabkommen gesichert. Grünland wird nur in geringem Maße umgebrochen (Grundmann/Kimmich 2008, S. 36).

Rahmendaten für das MEA-R-Szenario „Adapting Mosaic“

Ein adaptives Management sozioökologischer Systeme steht im Zentrum des Szenarios „Adapting Mosaic“. Das Vertrauen in globale Organisationen nimmt ab und die Governancestrukturen werden zunehmend dezentralisiert. Eine Regionalisierung der Wirtschaftsbeziehungen findet statt, die zu Einschränkungen des globalen Handels führt. Kommunikation und Erfahrungsaustausch zwischen Regionen führen aber zur Übernahme erfolgreicher Strategien. Das Wirtschaftswachstum und die Investitionen in physisches und Humankapital sind zu Beginn vergleichbar mit dem Szenario „Order from Strength“ und steigen dann ab 2020 deutlich an. Insgesamt ist der technologi-

sche Wandel relativ niedrig. Erneuerbare Energien aus heimischen Ressourcen werden in diesem Szenario bevorzugt (Grundmann/Kimmich 2008, S. 40).

Rahmendaten für das MEA-R-Szenario „TechnoGarden“

Die technologischen Entwicklungen und insbesondere die Umwelttechnologien sind elementarer Bestandteil im Szenario „TechnoGarden“ mit seiner umweltbezogenen proaktiven Ausrichtung. Die zusätzliche globale Handelsausrichtung und die Ausdifferenzierung von Verfügungsrechten führen in diesem Szenario zu starkem Wirtschaftswachstum. Hohe Investitionen in physisches Kapital, die Steigerung der Energieeffizienz und ein Schwerpunkt auf erneuerbaren Energien prägen dieses Szenario. Gleichzeitig beinhaltet nur dieses Szenario eine Klimapolitik mit CO₂-Handel und Emissionsgrenzen. Biotechnologie, aber auch Multifunktionalität und Diversifizierung spielen im Agrarbereich eine wichtige Rolle (Grundmann/Kimmich 2008, S. 44 f.).

3.3 Regionale Ressourcennutzung in den Szenarien

In diesem Kapitel werden die mit dem Ressourcennutzungsmodell ermittelten Flächennutzungen sowie die daraus resultierenden ökologischen und ökonomischen Wirkungen vorgestellt, die sich aus den MEA-R-Szenarien ergeben. Die Szenarienergebnisse werden getrennt für die drei Regionen behandelt. Im Onlineanhang sind die detaillierten Ergebnisse für die Flächenanteile aller angebauten Kulturen sowie für die ökologischen und ökonomischen Wirkungen dieser Flächennutzungen dokumentiert.

Region mit Ackerbaubetrieben auf Lössböden

Diese Region zeichnet sich durch sehr ertragreiche Böden mit intensiv wirtschaftenden Ackerbaubetrieben aus. Vorwiegend werden Getreide/Stroh, Zuckerrüben und Energieraps produziert. Die Simulation mit den getroffenen Annahmen in den MEA-R-Szenarien ergibt die in Tabelle 11 dargestellte Flächennutzung in der Region.

Im oberen Teil der Tabelle werden die Gesamtfläche und die Flächennutzung für die Erzeugung von Energie und von Lebensmitteln (einschließlich Futtermittelanbau) aufgelistet, im unteren Teil die resultierende Energiebiomasse für die Nutzungswege Biogas, Biodiesel, Bioethanol 1. Generation und BtL/Ethanol 2. Generation. Die erste Spalte stellt die Istsituation 2005 dar, die über eine statistische Erhebung erfolgte. Gegenübergestellt ist die Modellvariante für das Jahr 2004, die auf Basis der Daten von 2005 validiert wurde. Die folgenden Spalten stellen jeweils die Szenarienergebnisse mit einer mittelfristigen Perspektive (Jahr 2020) dar (Grundmann/Kimmich 2008, S. 49). Die Ergebnisse für eine langfristige Perspektive (Jahr 2050) sind nur im Onlineanhang dokumentiert. In der Region mit intensivem Ackerbau bleibt bei der Flächennutzung die Nahrungsmittelproduktion in allen MEA-R-Szenarien dominierend. Lediglich im MEA-R-

Tabelle 11

**Flächennutzung und Bioenergieträgerproduktion in einer Region mit intensivem Ackerbau
in den MEA-R-Szenarien**

	Ist	Modell	„Global Orchestra- tion“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
	2005	2004	2020	2020	2020	2020
<i>Anbauflächen (1 000 ha)</i>						
Lebensmittel	108,9	104,4	126,6	125,1	104,0	112,0
Energie	0,9	5,4	5,9	1,4	6,6	14,3
Gesamtfläche	120,5	120,5	132,5	126,5	120,5	132,5
<i>Bioenergieträger (1 000 t)</i>						
Biogas	–	53,4	55,4	53,4	160,3	53,4
Biodiesel	–	14,9	26,6	1,6	16,4	69,2
Bioethanol 1. Generation	–	0	0	0	0	0
BtL/Ethanol 2. Generation	–	–	39,0	38,4	109,9	18,3

Quelle: Grundmann/Kimmich 2008, S. 50 (Beträge gerundet)

Szenario „TechnoGarden“ ist ein spürbarer Anstieg der Fläche für die Energiepflanzenproduktion zu verzeichnen, die aber auf einem niedrigen Niveau verbleibt.

Die ökologischen und ökonomischen Folgewirkungen der Land- und Ressourcennutzung werden in Tabelle 12 dar-

gestellt. Die Humusbilanz für die Gesamtregion in t und die Humusbilanz in kg/ha folgt aus den ackerbaulichen Verfahren und der Fruchtfolgengestaltung. Ein positiver Wert entspricht einer positiven Humusbilanz. Die entsprechende Menge verbleibt im Boden. Die klimawirksa-

Tabelle 12

**Ökologische und ökonomische Wirkungen der Landnutzung (Ackerbau) in einer Region
mit intensivem Ackerbau in den MEA-R-Szenarien**

	Modell	„Global Orchestra- tion“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
	2004	2020	2020	2020	2020
Humusbilanz (t)	41.729	65.006	51.415	39.782	57.301
Humusbilanz (kg/ha)	346	491	406	330	432
Treibhausgase (t)	604.125	740.235	742.169	553.470	540.490
Versauerungspotenzial (t)	1.709	2.021	2.070	1.551	1.458
Überdüngungspotenzial (t)	6.136	8.398	7.371	5.830	5.806
Sommersmog (t)	58	68	70	52	51
Erlöse (Mio. Euro)	209	210	284	243	171
Kosten (Mio. Euro)	-151	-171	-179	-144	-149
Gewinnbeitrag (Mio. Euro)	58	39	106	99	22

Quelle: Grundmann/Kimmich 2008, S. 51

men Treibhausgase werden entsprechend einer Gewichtung in CO₂-Äquivalenten aus CO₂, CH₄ und N₂O berechnet. Das Versauerungspotenzial wird auf der Grundlage von Emissionen (HCL, H₂S, SO₂, NO_x, HF) erfasst. Die Standorteigenschaften, insbesondere die Empfindlichkeit, wird nicht berücksichtigt. Das Überdüngungspotenzial (NO_x, NH₃, N) sowie der Sommersmog (CO, CH₄, NMVOC) werden ebenfalls ausgewiesen. Zuletzt wird der regionale Gewinnbeitrag des Ackerbaus, resultierend aus der Summe von Kosten und Erlösen, erfasst (Grundmann/Kimmich 2008, S. 51).

Im MEA-R-Szenario „Global Orchestration“ konzentriert sich der Anbau zunehmend auf Weizen und Gerste. Der Zuckerrübenanbau geht, resultierend aus einer liberalisierten Zuckermarktordnung, deutlich zurück. Da die Preisentwicklungen nach einer Quotenaufhebung jedoch relativ schwer abzuschätzen sind, ist auch die Entwicklung der Anbaufläche mit hoher Unsicherheit verbunden. Grundsätzlich entsteht jedoch eine zunehmende Konkurrenz mit der Zuckerrohrproduktion, die komparative Kostenvorteile aufweist. Der Anteil des Energierapses wird langfristig verdoppelt, insgesamt nimmt die für Energie zur Verfügung gestellte Fläche zu. Insbesondere die für BtL bzw. Ethanol der 2. Generation verfügbare Biomasse aus Getreidestroh wird zu einem bedeutenden Faktor. Insgesamt nimmt die ökologische Belastung zu, wie insbesondere an den Emissionswerten zu erkennen ist. Schließlich sinkt der Gewinn mittelfristig etwas (Grundmann/Kimmich 2008, S. 51).

Das MEA-R-Szenario „Order from Strength“ führt ebenfalls zu einer Konzentration auf Weizen- und Gersteanbau, integriert zusätzlich jedoch den Zuckerrübenanbau. Die für Energie verfügbare Fläche nimmt nicht bedeutend zu und durch die geringen Ertragsentwicklungen steigt die für Energie verfügbare Biomasse nur im Konversionsbereich BtL an, im Fall von Raps geht sie sogar deutlich zurück. Dieses Szenario erhöht die ökologische Belastung merklich, gleichzeitig kann der Gewinn mittelfristig stark gesteigert werden (Grundmann/Kimmich 2008, S. 51).

Das MEA-R-Szenario „Adapting Mosaic“ zeigt ebenfalls einen Schwerpunkt auf Weizen und Gerste, gleichzeitig wird jedoch ein gewisser Teil der für Lebensmittel verfügbaren Fläche dem Energiepflanzenanbau zugeführt. Insgesamt werden so spürbare Mengen an Biomasse für die Biogaskonversion und für BtL bereitgestellt. Energieraps wird in diesem Szenario mittelfristig nur in geringer Menge angebaut. Die Humusbilanz bleibt in dieser Region weiterhin positiv, nimmt jedoch langfristig deutlich ab. Die Emissionen sind in diesem Szenario niedrig und gleichzeitig werden die Kosten reduziert und hohe Gewinne erzielt (Grundmann/Kimmich 2008, S. 51).

Das MEA-R-Szenario „TechnoGarden“ stellt einen relativ hohen Flächenanteil für Energieraps zur Verfügung. Eine Verlagerung des Getreideanbaus zu Weizen und Hafer findet statt. Durch die Ausweitung der Ackerbauflächen und den Wegfall der Stilllegung kann der Energiepflanzenanbau ausgeweitet werden, ohne die für Lebensmittel verfügbaren Flächen zu reduzieren. Insge-

samt wird in diesem Szenario bei einem entsprechenden Ausbau der Konversionskapazitäten für Bioenergie auch das Angebot an Biomasse erhöht. Die ökologische Belastung geht zurück. Der Gewinnbeitrag halbiert sich mittelfristig (Grundmann/Kimmich 2008, S. 52).

Region mit Verbundbetrieben auf sandigen Böden

Diese Region ist durch Verbundbetriebe auf sandigen Böden und eine entsprechend diversifizierte Produktion gekennzeichnet. Die Simulation mit den getroffenen Annahmen in den MEA-R-Szenarien ergibt die in Tabelle 13 dargestellte Flächennutzung und Produktion von Bioenergieträgern. Die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen fasst Tabelle 14 zusammen.

In dieser Region ergeben sich für die MEA-R-Szenarien sehr unterschiedliche Entwicklungen. Während in den Szenarien „Global Orchestration“ und „Order from Strength“ die Anbaufläche für Nahrungsmittel ausgedehnt wird und die Energiepflanzenfläche sich nur begrenzt erhöht, erfolgt in den Szenarien „Adapting Mosaic“ und insbesondere in „TechnoGarden“ eine deutliche Verringerung der Nahrungsmittelfläche, während die Fläche für Energiepflanzen massiv ausgedehnt wird.

Im MEA-R-Szenario „Global Orchestration“ ist ein deutlicher Ausbau von Futtermais und Futtergerste zu erkennen, der auf einem weiteren Ausbau der Viehhaltung in den Betrieben beruht. Der Kartoffelanbau wird deutlich gesteigert, während der Anbau von Raps für Energie konstant bleibt. Der Anteil der Energiepflanzen nimmt langfristig leicht zu. Durch den Ausbau der Gesamtfläche kann jedoch die Flächennutzung für Lebensmittel gesteigert werden und für die Energieproduktion zusätzliche Flächen, unter anderem durch den Einbezug der Stilllegungsflächen, genutzt werden. Der Ausbau resultiert aus dem Flächenanteil der Getreideganzpflanzensilage (Getreide-GPS) und dem Energiemais für die Biogasproduktion (Grundmann/Kimmich 2008, S. 53).

Aus der für das MEA-R-Szenario 2050 insgesamt ermittelten Biomasse für Dieseltreibstoffe wird ersichtlich, dass durch die Ertragssteigerungen bei gleichem Flächenanteil eine deutliche Angebotsausweitung resultieren kann. Durch die stark intensivierte Ressourcennutzung verschlechtert sich die bereits negative Humusbilanz weiter, durch die Aufhebung der Restriktionen entsprechend Cross Compliance auch über die Maximalbeträge hinaus. Die Emissionen werden deutlich intensiver. Der Gewinn kann gesteigert werden (Grundmann/Kimmich 2008, S. 54).

Das MEA-R-Szenario „Order from Strength“ führt bereits mittelfristig zu einer Verdreifachung der Energierapsflächen, durch die geringe Ertragssteigerung resultiert hieraus gleichzeitig eine Verdreifachung der für Diesel verfügbaren Biomasse. Futtermais-, Körnermais- und Futtergersteanbau bleiben auf einem konstanten Niveau für die Viehhaltung erhalten. Energiemais- und Energieweizenanbau beginnen eine Rolle zu spielen. Hierdurch erlangt der Anteil der Flächen zur energetischen Nutzung eine merklich höhere Bedeutung wie in „Global

Tabelle 13

**Flächennutzung und Bioenergieträgerproduktion in einer Region mit Verbundbetrieben
in den MEA-R-Szenarien**

	Ist	Modell	„Global Orchestra- tion“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
	2005	2004	2020	2020	2020	2020
<i>Anbauflächen (1.000 ha)</i>						
Lebensmittel	53,7	48,2	61,3	54,1	42,0	37,5
Energie	2,1	7,6	7,0	11,4	13,9	30,5
Gesamtfläche	62,3	62,3	68,5	71,7	62,3	68,5
<i>Bioenergieträger (1.000 t)</i>						
Biogas	–	210,4	315,6	210,4	631,3	1.025,4
Biodiesel	–	10,1	2,6	28,1	0	38,0
Bioethanol 1. Generation	–	0	0	781	0	0
BtL/Ethanol 2. Generation	–	512,0	93,3	96,2	33,3	0

Quelle: Grundmann/Kimmich 2008, S. 53 (Beträge gerundet)

Tabelle 14

**Ökologische und ökonomische Wirkungen der Landnutzung (Ackerbau)
in einer Region mit Verbundbetrieben
in den MEA-R-Szenarien**

	Modell	„Global Orchestra- tion“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
	2004	2020	2020	2020	2020
Humusbilanz (t)	-4.400	-6.776	-4.769	-3.115	-5.140
Humusbilanz (kg/ha)	-71	-99	-73	-50	-75
Treibhausgase (t)	214.764	272.177	286.409	176.556	187.966
Versauerungspotenzial (t)	740	909	967	572	562
Überdüngungspotenzial (t)	1.640	2.234	2.357	1.321	1.395
Sommersmog (t)	23	29	30	19	19
Erlöse (Mio. Euro)	102	132	137	110	108
Kosten (Mio. Euro)	-87	-105	-108	-76	-80
Gewinnbeitrag (Mio. Euro)	15	26	29	34	28

Quelle: Grundmann/Kimmich 2008, S.

Orchestration“. Die für Biogas verfügbare Biomasse verdreifacht sich langfristig. Der Lebensmittelanbau kann dennoch leicht ausgebaut werden. Auch geht die Stilllegungsfläche in der Ackerkulturnutzung auf. Die Humusbilanz wird bis fast an die Grenzwerte für den Humusentzug ausgedehnt, Emissionen nehmen zu, ebenso können die Gewinnbeiträge verbessert werden (Grundmann/Kimmich 2008, S. 54).

Im MEA-R-Szenario „Adapting Mosaic“ reduziert sich der Futterbau, während der Energiepflanzenanteil deutlich ausgebaut wird. Energieraps spielt hier jedoch keine Rolle. Für Bioethanol wird langfristig ein hoher Anteil an Biomasse durch Sudangras bereitgestellt, der überwiegende Teil der Biomasse steht jedoch für Biogas zur Verfügung. Die Gesamtfläche wird in diesem Szenario nicht ausgeweitet, es findet keine Flächenverlagerung von Grünland statt. Da gleichzeitig auch die Stilllegungsfläche als ökologische Naturschutzfläche umgewidmet wird, geht die für Lebensmittel verfügbare Fläche deutlich zurück. Die Humusbilanz richtet sich gemäß den gesteigerten Vorschriften (entsprechend den getroffenen Annahmen) nach den Grenzen. Die Emissionen gehen zurück und der Gewinnbeitrag wird deutlich gesteigert (Grundmann/Kimmich 2008, S. 55).

Das MEA-R-Szenario „TechnoGarden“ führt über den starken Ausbau der Konversionskapazitäten für Biogasanlagen auch zu einem erheblichen Ausbau der Energiepflanzenflächen. Die Getreide-GPS und Energiemais, aber auch der Energieraps werden deutlich ausgebaut.

Gegenüber 2004 führt dies im Jahr 2050 zu einer Verzehnfachung der verfügbaren Biomasse. Gleichzeitig bleibt die Tierhaltung bestehen, wie die Flächen für Futtermais und -gerste verdeutlichen. Dies geht jedoch zulasten des Roggen- und Kartoffelanbaus. Die Humusbilanz bleibt negativ, die Emissionen verringern sich und der Gewinnbeitrag steigt (Grundmann/Kimmich 2008, S. 55).

Region mit intensiver Tierhaltung auf Sand- und Moorstandorten

Charakteristisch für diese Region sind Betriebe mit intensiver Tierhaltung auf Sand- und Moorstandorten. Die Futterproduktion nimmt entsprechend eine herausragende Stellung ein. Die Simulation mit den getroffenen Annahmen in den MEA-R-Szenarien ergibt die in Tabelle 15 dargestellte Flächennutzung und Bioenergieproduktion. Die ökologischen und ökonomischen Folgewirkungen sind in Tabelle 16 zusammengefasst.

In der Region mit intensiver Tierhaltung bestehen ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen den MEA-R-Szenarien mit reaktiver Umweltpolitik (Szenarien „Global Orchestration“ und „Order from Strength“) und denen mit proaktiver Umweltpolitik (Szenarien „Adapting Mosaic“ und „TechnoGarden“), allerdings weniger stark ausgeprägt als in der Region mit Verbundbetrieben. In den beiden ersten Szenarien wird die Fläche für die Nahrungsmittelproduktion ausgedehnt. In den beiden anderen Szenarien sinkt dagegen die Nahrungsmittelfläche durch die Ausdehnung des Energiepflanzenbaus.

Tabelle 15

Flächennutzung und Bioenergieträgerproduktion in einer Region mit intensiver Tierhaltung in den MEA-R-Szenarien

	Ist	Modell	„Global Orchestration“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
	2005	2004	2020	2020	2020	2020
<i>Anbauflächen (1.000 ha)</i>						
Lebensmittel	110,3	103,0	124,7	118,5	91,1	85,5
Energie	0,5	7,8	6,6	6,9	18,9	26,5
Gesamtfläche	119,4	119,4	131,4	125,4	119,4	131,4
<i>Bioenergieträger (1.000 t)</i>						
Biogas	–	210,0	315,0	210,0	706,9	1.075,3
Biodiesel	–	8,9	1,3	9,3	10,6	14,4
Bioethanol 1. Generation	–	0	0	0	0	0
BtL/Ethanol 2. Generation	–	7,7	48,6	35,9	8,7	9,7

Quelle: Grundmann/Kimmich 2008, S. 56 (Beträge gerundet)

Tabelle 16

**Ökologische und ökonomische Wirkungen der Landnutzung (Ackerbau) in einer Region
mit intensiver Tierhaltung in den MEA-R-Szenarien**

	Modell	„Global Orchestra- tion“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
	2004	2020	2020	2020	2020
Humusbilanz (t)	240	1.721	1.086	-3.763	-8.890
Humusbilanz (kg/ha)	2	13	9	-32	-68
Treibhausgase (t)	519.937	704.761	615.789	461.654	479.329
Versauerungspotenzial (t)	1.606	2.198	1.876	1.411	1.400
Überdüngungspotenzial (t)	4.155	5.704	4.879	3.760	3.910
Sommersmog (t)	53	71	62	47	47
Erlöse (Mio. Euro)	422	581	525	442	467
Kosten (Mio. Euro)	-214	-278	-247	-209	-224
Gewinnbeitrag (Mio. Euro)	208	303	278	233	244

Quelle: Grundmann/Kimmich 2008, S. 56

Die Region zeichnet sich durch den Anbau von Futtermitteln und (Stärke-)Kartoffeln aus und ist somit auf die Veredlung in der Tierhaltung ausgerichtet. Im MEA-R-Szenario „Global Orchestration“ wird dieser Schwerpunkt fortgeführt, wenn auch eine Verlagerung auf Kartoffelanbau und Körnermais stattfindet. Lediglich für die Biogas-konversion wird Biomasse in Form von Energiemais und Getreide-GPS angebaut und aus dem Getreideanbau fällt eine bedeutende Menge Stroh für die BtL-Konversion an. Durch den Anbau von Kartoffeln und Körnermais wird die Humusbilanz sehr stark gesteigert, gleichzeitig nehmen jedoch auch die Emissionen drastisch zu. Der Gewinn kann für diese Region in „Global Orchestration“ stark gesteigert werden (Grundmann/Kimmich 2008, S. 55).

Im MEA-R-Szenario „Order from Strength“ entstehen keine deutlichen Anbauswerpunkte: Kartoffeln, Mais, Weizen, Roggen und Gerste werden in der Fruchtfolge berücksichtigt. Für die Bioenergiegewinnung werden in etwa gleich viele Flächen wie in „Global Orchestration“ bewirtschaftet, durch die langsamere Ertragsentwicklung führt dies jedoch zu einem deutlich geringeren Angebot an Biomasse für Biogas und BtL. Das Szenario zeigt ähnliche Tendenzen wie „Global Orchestration“ in Bezug auf Humusbilanz, Emissionen und Gewinnbeiträge auf, jedoch in abgeschwächter Form (Grundmann/Kimmich 2008, S. 57).

Im MEA-R-Szenario „Adapting Mosaic“ geht die Futtermittelproduktion zulasten des Energiepflanzenanbaus deutlich zurück, ein Anbauswerpunkt entsteht in der Futtermittelproduktion bei Gerste. Durch den Erhalt der

Stilllegungsflächen und den Schutz des Grünlands geht somit die insgesamt für Lebensmittel verfügbare Fläche zurück. Durch die Biomasseproduktion kann die Energiegewinnung aus Biomasse deutlich ausgebaut werden. Die Humusbilanz verschlechtert sich in diesem Szenario deutlich, es gehen jedoch auch die Emissionen deutlich zurück. Der Gewinn steigt nur leicht (Grundmann/Kimmich 2008, S. 57).

Das MEA-R-Szenario „TechnoGarden“ führt mittel- und langfristig zu einem Ausbau des Kartoffelanbaus. Durch die sinkenden Preise der Agrarrohstoffe bei gleichzeitig leicht steigenden Betriebsmittelpreisen können einige Flächen nicht mehr bewirtschaftet werden. Der Ausbau der Konversionskapazitäten führt zu einer Verlagerung zur Energiepflanzenproduktion, durch die die Biomassegewinnung aus Getreide-GPS und Energiemais drastisch gesteigert werden kann. Der Energierapsanbau verliert langfristig an Bedeutung. Eine negative Humusbilanz bei abnehmenden Emissionen und einem mäßigen Anstieg der Gewinnbeiträge kennzeichnet die ökologischen und ökonomischen Folgewirkungen in „TechnoGarden“ (Grundmann/Kimmich 2008, S. 57).

3.4 Konkurrenzen und ihre Wirkungen

Die Analyse der in den Szenarien auftretenden Konkurrenzsituationen erfolgt anhand von zehn Kriterien (Tab. 17 u. 18). Die Bewertung der Kriterien erfolgt anhand der Veränderung in den MEA-R-Szenarien für das Jahr 2050 gegenüber dem Modellergebnis für das Ausgangsjahr 2004. Es wird die jeweilige Verbesserung

bzw. Verschlechterung des Parameters abgebildet. Die Wertung „0“ zeigt an, dass keine Veränderung eintritt. Die Wertungen „-“ und „+“ stehen für eine mäßige Verschlechterung bzw. Verbesserung (Veränderung von bis zu 25 Prozent). Die Wertungen „--“ und „++“ werden bei einer deutlichen Verschlechterung bzw. Verbesserung vergeben (Veränderung von über 25 Prozent und bis zu 50 Prozent), die Wertungen „---“ und „+++“ bei einer sehr starken Verschlechterung bzw. Verbesserung (Veränderung von über 50 Prozent) (Grundmann/Kimmich 2008, S. 58).

Eine Veränderung der Konkurrenzbeziehung zwischen der Lebensmittel- und der Bioenergieproduktion besteht im Fall steigender oder fallender Flächenanteile für die Lebensmittelproduktion und einer jeweils entgegengesetzten Entwicklung des Flächenanteils für den Energiepflanzenanbau. Auf die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe entfallen in den MEA-R-Szenarien keine nennenswerten Flächenanteile, weshalb diese hier nicht weiter betrachtet werden (Grundmann/Kimmich 2008, S. 58).

In Bezug auf die energetische Nutzung von Biomasse weisen die Simulationsergebnisse in den meisten MEA-R-Szenarien und Regionen auf eine deutliche Verschiebung der Flächenkonkurrenz hin (Tab. 17). In den Szenarien „Global Orchestration“ und „Order from Strength“ zeigt sich eine Stärkung der Nahrungsmittelproduktion, in zwei Regionen bei gleichzeitiger Verringerung der Fläche für Energiepflanzen. Nur in der Region mit Verbundbetrieben wird auch die Energiepflanzenfläche ausgeweitet. Bei den Szenarien „Adapting Mosaic“ und „TechnoGarden“ dagegen verschärft sich durchweg die Flächenkonkurrenz. Hier verringert sich die Anbaufläche für Nahrungsmittel, während der Energiepflanzenanbau sehr stark erhöht wird. Eine Ausnahme bildet die Ackerbauregion im Szenario „TechnoGarden“, wo keine Verschärfung der Flächenkonkurrenz eintritt, weil auch die Fläche für den Nahrungsmittelanbau sich etwas erhöht. Damit wird deutlich, dass die Flächenkonkurrenz zwi-

schen Nahrungs- und Bioenergieproduktion in den Szenarien unterschiedlich stark auftritt.

Keine Verschiebung der Flächenkonkurrenz zwischen der Nahrungsmittel- und der Bioenergieproduktion tritt lediglich in der Region mit Verbundbetrieben in den MEA-R-Szenarien „Global Orchestration“ und „Order from Strength“, sowie in der Region mit intensivem Ackerbau im MEA-R-Szenario „TechnoGarden“ auf. In diesen Regionen und Szenarien führen Ertrags- und Effizienzsteigerungen, die vorrangige Nutzung der Reststoffe Gülle und Stroh sowie Anbauflächenausweitungen zu einer Abschwächung der Konkurrenzen zwischen dem Energiepflanzenanbau und der Nahrungsmittelproduktion.

Auch die angenommene Nutzung der Stilllegungsflächen und Umwandlung von Grünlandflächen für den Ackerbau in den MEA-R-Szenarien „Global Orchestration“ und „TechnoGarden“ tragen zur Verminderung des Konkurrenzdrucks bei, führen jedoch zu einer zunehmenden Konkurrenz mit Ökosystemdienstleistungen wie Wasserreinigung oder Humuserhalt, die über diese Flächen erbracht werden (Grundmann/Kimmich 2008, S. 60).

In allen MEA-R-Szenarien und Regionen tritt ein starker Anstieg des regional erwirtschafteten Gewinnbeitrags in der Landwirtschaft ein (Tab. 18). Es bestehen jedoch zwischen den Regionen und den Szenarien Unterschiede, die anhand der Klasseneinteilungen nicht vollständig erkennbar sind. Die geringsten prozentualen Anstiege sind beim Gewinnbeitrag in der Region mit intensiver Tierhaltung zu verzeichnen, in der es lediglich im Szenario „Global Orchestration“ zu einem starken Gewinnbeitragsanstieg kommt (Grundmann/Kimmich 2008, S. 60).

Günstige Voraussetzungen für einen Anstieg der regionalen Wärme- und Stromerzeugung, gemessen an dem Anteil der mit Biogaspflanzen bewirtschafteten Flächen, bieten in allen Regionen insbesondere die MEA-R-Szenarien „Adapting Mosaic“ und „TechnoGarden“. Die für das Szenario „Order from Strength“ angenommenen Bedingungen lösen keinen Anstieg der Wärme- und Stromproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen aus. Für Regio-

Tabelle 17

Entwicklung der Flächenkonkurrenz nach Regionen in den MEA-R-Szenarien

Kriterium	Regionen	„Global Orchestration“		„Order from Strength“		„Adapting Mosaic“		„TechnoGarden“	
		Nahrung	Energie	Nahrung	Energie	Nahrung	Energie	Nahrung	Energie
Änderung der Flächennutzung für Nahrungsmittel und Bioenergie	Ackerbau	++	-	++	---	-	+++	+	+++
	Verbund	++	+	+	++	--	+++	--	+++
	Tierhaltung	++	-	+	--	-	+++	-	+++

Quelle: Grundmann/Kimmich 2008, S. 59

Tabelle 18

Entwicklung der weiteren Kriterien nach MEA-R-Szenarien und Regionen

Kriterium	Regionen	„Global Orchestra- tion“	„Order from Strength“	„Adapting Mosaic“	„Techno Garden“
Wirtschaftlichkeit (Gewinnbeitrag)	Ackerbau	+++	+++	+++	++
	Verbund	+++	+++	+++	+++
	Tierhaltung	+++	+++	++	+++
Wärme- und Stromerzeugung aus Biogas	Ackerbau	0	0	+++	+++
	Verbund	+++	0	+++	+++
	Tierhaltung	+++	0	+++	+++
Erzeugung von Kraftstoffen der 1. Generation	Ackerbau	+++	---	---	+++
	Verbund	++	+++	---	+++
	Tierhaltung	---	-	+++	---
Erzeugung von Kraftstoffen der 2. Generation	Ackerbau	+++	+++	+++	+++
	Verbund	+++	+++	--	---
	Tierhaltung	+++	+++	+++	---
Humusabbau	Ackerbau	--	--	++	--
	Verbund	---	-	+++	--
	Tierhaltung	---	---	+++	+++
Emission von Treibhausgasen	Ackerbau	++	++	-	-
	Verbund	+++	+++	--	-
	Tierhaltung	+++	++	--	-
Versauerungspotenzial	Ackerbau	++	++	-	-
	Verbund	+++	++	--	--
	Tierhaltung	+++	++	--	-
Überdüngungspotenzial	Ackerbau	+++	++	-	-
	Verbund	+++	+++	--	--
	Tierhaltung	+++	++	--	-
Smogbildungspotenzial	Ackerbau	++	++	-	-
	Verbund	+++	++	--	--
	Tierhaltung	+++	++	--	--

- : Abnahme; + : Zunahme; 0 : Delta = 0 %; +/- : Delta <= 25 %; +/- : 25 % <= Delta <= 50 %; +++/--- : Delta >= 50 %

Quelle: Grundmann/Kimmich 2008, S. 59

nen mit Verbundbetrieben und intensiver Tierhaltung bietet das Szenario „Global Orchestration“ einen gewissen Anreiz zur Ausdehnung der Wärme- und Stromgewinnung aus Energiepflanzen (Grundmann/Kimmich 2008, S. 60).

Bei der Erzeugung von Kraftstoffen der 1. Generation, welche an dem Aufkommen von Rapssaat und Ethanolgetreide gemessen wird, treten erhebliche Unterschiede zwischen den Szenarien und Regionen auf. Negative Entwicklungen zeichnen sich bei dieser Sparte in Regionen mit intensivem Ackerbau in den MEA-R-Szenarien „Order from Strength“ und „Adapting Mosaic“ ab. In Regionen mit intensiver Tierhaltung kommt es sogar in drei Szenarien zu Einbußen bei der Produktion von Kraftstoffen der 1. Generation, nämlich in den Szenarien „Global Orchestration“, „Order from Strength“ und „TechnoGarden“. Am günstigsten entwickelt sich die Produktion von Kraftstoffen der 1. Generation in der Region mit Verbundbetrieben mit Anstiegen in drei von vier betrachteten Szenarien (Grundmann/Kimmich 2008, S. 60 f.).

Die Potenziale für die Produktion von Kraftstoffen der 2. Generation, welche von dem Massenaufkommen an Stroh abgeleitet werden, sind in nahezu allen Regionen und Szenarien positiv. Verminderte Potenziale treten in den MEA-R-Szenarien „TechnoGarden“ und „Adapting Mosaic“ für die Region mit Verbundbetrieben sowie in dem Szenario „TechnoGarden“ für die Region mit intensiver Tierhaltung auf. Dies ist vor allem auf die verschärften Anforderungen hinsichtlich Humusabbau und Emissionen in den Szenarien „Adapting Mosaic“ und „TechnoGarden“ zurückzuführen (Grundmann/Kimmich 2008, S. 61).

Eine Zunahme des Abbaus von Humuskohlenstoff ist in vier der zwölf regionalen Szenariensituationen zu verzeichnen. Eine hohe prozentuale Zunahme des Humusabbaus tritt in allen Regionen im MEA-R-Szenario „Adapting Mosaic“ auf. Ein verstärkter Humusabbau ist außerdem im MEA-R-Szenario „TechnoGarden“ in der Region mit intensiver Tierhaltung zu beobachten (Grundmann/Kimmich 2008, S. 61).

Alle weiteren die Umweltverträglichkeit betreffenden Kriterien weisen eindeutig zuordenbare Tendenzen für die unterschiedlichen Szenarien auf. Zu einer starken bis sehr starken Erhöhung des Potenzials von Treibhausgasemissionen, der Versauerung, der Überdüngung und der Smogbildung kommt es in allen Regionen in den MEA-R-Szenarien „Global Orchestration“ und „Order from Strength“. Im Gegensatz hierzu zeichnen sich in den verbleibenden Szenarien „Adapting Mosaic“ und „TechnoGarden“ in allen Regionen deutliche Verbesserungen bei den ökologischen Bewertungskriterien ab (Grundmann/Kimmich 2008, S. 61).

Im MEA-R-Szenario „Global Orchestration“ ist tendenziell zu erkennen, dass der Anteil des Energiepflanzenanbaus gegenüber dem Ausbau der Flächen für die Lebensmittelproduktion langfristig an Bedeutung verliert. Lediglich in der Region mit Verbundbetrieben verzeichnet der Flächenanteil mit Energiepflanzen einen leichten

Anstieg, was auf eine fortwährende Versorgung bereits bestehender Konversionsanlagen mit Biomasse zurückzuführen ist. Einer stärkeren Verdrängung des Energiepflanzenanbaus wirkt in diesem Szenario die Ausweitung der landwirtschaftlich bewirtschafteten Fläche sowie der Intensivierung der Produktion entgegen. In der Region mit intensivem Ackerbau nimmt der Flächendruck auch aufgrund des Rückgangs im Zuckerrübenanbau ab. Dieser Rückgang ist auf die im Zuge der Globalisierung sinkenden Preise für Zuckerrüben durch die Quotenaufhebung bzw. der damit abnehmenden Wettbewerbsfähigkeit des Zuckerrübenanbaus zurückzuführen. Alle global handelbaren Rohstoffe werden im Szenario „Global Orchestration“ entsprechend den komparativen Kostenvorteilen angebaut. Demzufolge spezialisieren sich die Regionen auf die Produktion weniger Güter und differenzieren sich weiter aus zu Marktfruchtregionen und Tierhaltungsregionen. Es ist ein starker Anstieg der Produktion von Nahrungsmitteln zu erkennen. Mit zunehmender internationaler Arbeitsteilung erfolgt in den betrachteten Regionen eine Spezialisierung auf die Nahrungsmittelproduktion, entsprechend den komparativen Kostenvorteilen der deutschen Landwirtschaft (Grundmann/Kimmich 2008, S. 61 f.).

Das MEA-R-Szenario „Order from Strength“ zeichnet sich durch einen markanten Rückgang der Anbaufläche mit Energiepflanzen in den auf Tierhaltung und Ackerbau spezialisierten Regionen aus, bei gleichzeitigem Anstieg der Anbaufläche für Nahrungs- und Futtermittel. Vor dem Hintergrund einer Ausweitung der gesamten Anbaufläche deuten diese Trends auf klare Wettbewerbsvorteile zu Gunsten der Nahrungsmittelproduktion, und zu einer Verdrängung bzw. Verlust von Konkurrenzfähigkeit beim Energiepflanzenanbau. Die Folge ist eine Verringerung des Aufkommens an Biomasse für die Energiegewinnung, mit Ausnahme der Rohstoffe für Kraftstoffe der 2. Generation. Auffällig ist der Anstieg der Rohstoffproduktion für die Biodieselgewinnung bei gleichzeitiger Stagnation der Biogasgewinnung in der Region mit Verbundbetrieben. Dies ist damit zu erklären, dass der zunehmende Konkurrenzdruck im Szenario zu einer deutlichen Intensivierung der Flächennutzung führt. Nichtsdestotrotz wird zur Sicherung der Energieversorgung in diesem Szenario ein verstärkter Import von fossilen und regenerativen Energieträgern erforderlich, der neben den negativen ökologischen Folgen des Szenarios für die Regionen in Deutschland auch auf Kosten der natürlichen Ressourcen in den Herkunftsländern geht. Positiv zu sehen ist der verminderte Humusabbau in allen Regionen. Als negative ökologische Folgen dieses Szenarios sind zunehmende Treibhausgasemissionen sowie ein deutlicher Anstieg des Gefährdungspotenzials durch Versauerung, Überdüngung und Sommersmogbildung zu erkennen. Diese Effekte weisen in Verbindung mit einem deutlichen Anstieg der Gewinnbeiträge auf ausgeprägte Zielkonflikte zwischen den Zielkriterien Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit in diesem Szenario hin (Grundmann/Kimmich 2008, S. 62).

Das MEA-R-Szenario „Adapting Mosaic“ ist von Nutzungskonkurrenzen zwischen dem Energiepflanzenan-

bau und dem Nahrungspflanzenanbau geprägt. Allerdings sprechen in diesem Szenario die Wettbewerbsvorteile für eine Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus zulasten der Produktion von Nahrungsmitteln. Mittel- wie langfristig nehmen die Flächenanteile für die Nahrungsmittelerzeugung in den Regionen ab. Dafür wird die Fläche mit Energiepflanzen in den Regionen ausgedehnt. Anzumerken ist jedoch, dass sich in diesem Szenario die Entwicklungen vor dem Hintergrund eines Rückgangs der bewirtschafteten landwirtschaftlichen Fläche sowie gesteigener Umweltschutzanforderungen vollzieht, was zu einer erheblichen Verschärfung der Konkurrenz um knappe Ressourcen beiträgt. Von der Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus profitieren in diesem Szenario vor allem Biogas und Kraftstoffe der 2. Generation. Bei den Kraftstoffen der 1. Generation tritt nur in der Region mit intensiver Tierhaltung ein Anstieg der Flächenanteile auf. Ein besonderes Merkmal des Szenarios „Adapting Mosaic“ ist die gleichzeitige Verbesserung bei den Kriterien zur Umweltverträglichkeit und zur Wirtschaftlichkeit. Veranschaulicht wird damit in diesem Szenario, dass unter bestimmten Rahmenbedingungen Synergieeffekte zwischen den Zielen Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit zum Tragen kommen. Eine in dem Szenario gegebene Voraussetzung hierfür ist jedoch die Steigerung der Effizienz in der Nutzung der Ressourcen bzw. ein Rückgang der Aufwendungen bei gleichbleibender oder sogar steigender Produktion (Grundmann/Kimmich 2008, S. 62 f.).

Eine Strategie der Verbesserung von Ressourcennutzungseffizienzen liegt auch dem MEA-R-Szenario „TechnoGarden“ zugrunde. Allerdings wird hier auf eine verstärkte Technifizierung und Intensivierung in der Produktion und Ressourcennutzung gesetzt. Im Ergebnis führt dies aber nur teilweise zu einer Lösung der Konkurrenzproblematik zwischen der Energiepflanzen- und der Nahrungsmittelproduktion. Dazu ist anzumerken, dass in diesem Szenario ein nominaler Rückgang der Preise für Nahrungsmittelprodukte angenommen wird. Dies wirkt sich zum Nachteil der Nahrungsmittelproduktion aus. Die beiden Sparten Energie- und Nahrungsmittelproduktion weisen gleichzeitige Zunahmen nur bei Ausdehnung der landwirtschaftlichen Ackerfläche in Regionen mit intensivem Ackerbau auf. Dagegen nimmt die Anbaufläche für Nahrungsmittel in Regionen mit Verbundbetrieben und mit intensiver Tierhaltung ab. Von der Ausdehnung der Energiepflanzenanbaufläche profitieren insbesondere Biogasanlagen zur Wärme- und Stromproduktion sowie Anlagen zur Biodieselproduktion. Die Rohstoffgrundlage für Kraftstoffe der 2. Generation erfährt in den Regionen mit intensiver Tierhaltung und mit Verbundbetrieben eine Verknappung. Dagegen verbessert sich die Rohstoffversorgungslage für Anlagen der 2. Generation in der Region mit intensivem Ackerbau, was auf eine Intensivierung der Getreideproduktion und ein erhöhtes Aufkommen an Stroh als Kuppelprodukt zurückzuführen ist. Gleich dem MEA-R-Szenario „Adapting Mosaic“ tritt auch im MEA-R-Szenario „TechnoGarden“ eine gleichzeitige Verbesserung der Umweltverträglichkeit sowie der Gewinnsitua-

tion in der Landwirtschaft ein (Grundmann/Kimmich 2008, S. 63).

4. Fazit

Die zukünftige Entwicklung von Nutzungskonkurrenzen zwischen der Energiepflanzenerzeugung auf der einen Seite und der Nahrungs- und Futtermittelproduktion sowie dem Schutz natürlicher Ökosysteme auf der anderen Seite ist in komplexer Weise von zahlreichen sozioökonomischen Rahmenbedingungen abhängig. Politisch festgelegte Ausbauziele und Förderstrategien zu Bioenergie und Energiepflanzennutzung sind dabei nur ein Faktor unter vielen. Die Flächenkonkurrenz fördernde und dämpfende Faktoren wirken jeweils in spezifischer Weise zusammen, nur fördernde bzw. senkende alleine treten nicht auf.

Globale Ebene

Auf globaler Ebene wird es in den nächsten Jahrzehnten voraussichtlich zu einer Ausweitung des Anbaulandes (Ackerland und Dauerkulturen) kommen. Die durch die wachsende Weltbevölkerung bedingte steigende Nahrungsmittelnachfrage ist die wesentliche Ursache. Die Zunahme der landwirtschaftlichen Fläche ist u. a. mit bedeutenden Verlusten an Biodiversität in artenreichen Ökosystemen und relevanten Freisetzen von Treibhausgasen verbunden.

In Abhängigkeit von den sozioökonomischen Rahmenbedingungen wird diese Ausweitung allerdings unterschiedlich stark ausfallen. Eine Entwicklung mit starkem ökonomischen Wachstum und hohen Investitionen im Agrarsektor (wie im MEA-Szenario „Global Orchestration“) bewirkt einerseits eine starke Steigerung der Erträge und andererseits einen zunehmenden Konsum tierischer Nahrungsmittel mit entsprechendem Flächenbedarf für die Futtermittelproduktion. In der Summe wird dennoch erwartet, dass unter diesen Bedingungen der Druck zur landwirtschaftlichen Flächenausdehnung am geringsten bleibt. Somit bleibt auch Spielraum zum Ausbau der Energiepflanzennutzung.

Bei einer Entwicklung mit einer zunehmenden Abschottung der Wirtschaftsräume, geringem Wirtschaftswachstum und einem niedrigen Investitionsniveau im Agrarsektor (wie im Szenario „Order from Strength“) wird ein starkes Bevölkerungswachstum bei gleichzeitig schwachen Ertragszuwächsen erwartet. Als Folge wird die stärkste Ausweitung der landwirtschaftlichen Flächen bestimmt, insbesondere auf Kosten von Waldflächen in den Entwicklungs- und Schwellenländern. Ein Ausbau der Energiepflanzennutzung würde hier die Nutzungskonkurrenzen besonders verschärfen.

Ein starker Ausbau der Energiepflanzennutzung ist jedoch nicht automatisch mit einer besonders hohen Anbauflächenausweitung verbunden. Im Rahmen einer weltweit verfolgten ambitionierten Klimaschutzpolitik wäre ein deutlicher Ausbau der Energiepflanzennutzung möglich (wie im MEA-Szenario „TechnoGarden“ beschrieben), wenn eine hohe Steigerung der landwirtschaftlichen

Erträge und der Effizienz von Konversionsverfahren einschließlich der Entwicklung hoch ertragreicher Energiepflanzennutzungen gewährleistet werden kann.

Die MEA-Szenarien zeigen auf, dass die pro Kopf der Weltbevölkerung zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Anbaufläche von derzeit rund 0,25 ha auf etwa 0,2 ha im Jahr 2050 zurückgehen wird. Damit wird deutlich, dass eine erhebliche Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität in den nächsten Jahrzehnten notwendig ist, damit die Ertragssteigerungen mit dem Bevölkerungswachstum Schritt halten.

Die Entwicklung der Flächenproduktivität auf globaler Ebene ist deshalb eine entscheidende Größe, die den Spielraum für eine zunehmende Energiepflanzennutzung bestimmt, ohne dass Nutzungskonkurrenzen zusätzlich verschärft werden. Die Abschätzung der zukünftig erzielbaren Ertragssteigerungen ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Dies wird noch dadurch verstärkt, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf die global verfügbaren Anbauflächen und die zukünftige Ertragsentwicklung einen bedeutenden Unsicherheitsfaktor darstellen.

Die Szenarien zeigen unterschiedliche Einschätzungen, in welchem Umfang deutlich steigende Energiepreise zur Wirtschaftlichkeit der Energiepflanzennutzung führen werden (MEA-Szenario „Global Orchestration“ und GEO4-Szenario „Markets First“). Eine starke globale Ausweitung des Energiepflanzenanbaus aufgrund zunehmender Wirtschaftlichkeit, ohne klimapolitische Flankierung, ist daher unsicher.

Es gibt nur wenige Untersuchungen, die den Beitrag der steigenden Biokraftstofferzeugung zum Anstieg der Weltmarktpreise für Agrarprodukte und Nahrungsmittel in den letzten Jahren untersuchen, und diese kommen zu sehr unterschiedlichen Einschätzungen. Grundsätzlich gilt, dass nur ein kleiner Teil der Weltagrarproduktion international gehandelt wird; daher können sich auch begrenzte Einschränkungen des Angebots (z. B. durch Ernteausfälle infolge Trockenheit) und Steigerungen der Nachfrage (z. B. durch Einkommenszuwächse in Schwellenländern) relativ stark auf die Weltmarktpreise auswirken. Wenn durch politische Rahmensetzungen der Ausbau der Energiepflanzennutzung schneller erfolgt als freie Produktionskapazitäten bereitstehen, kann dies zum Preisanstieg beitragen, ohne dass die genaue Größenordnung quantifiziert werden kann.

Nationale Ebene

Für Deutschland zeigen die MEA-D-Szenarien, dass sich zukünftig die Flächenkonkurrenz sowohl verstärken als auch abschwächen kann, in Abhängigkeit von der Ausbaustrategie zur Energiepflanzennutzung und allgemeinen Rahmenbedingungen. Eine Fortsetzung des Trends der letzten Jahre bei der Energiepflanzennutzung und insbesondere die vorgesehenen Quoten für Biokraftstoffe würden allerdings zu einer spürbaren Erhöhung des weltweiten Flächenbedarfs pro Person für Deutschland (für den inländischen Verbrauch landwirtschaftlicher Waren)

führen, während gleichzeitig global die landwirtschaftliche Fläche pro Person abnimmt.

Hohe Ertragssteigerungen bei Nahrungs- und Futtermitteln führen zu mehr verfügbarer Fläche für den Energiepflanzenanbau und verringern den Konkurrenzdruck. Hohe Ertragssteigerungen bei Energiepflanzen ermöglichen einen höheren Beitrag zur Energieversorgung bei gleicher Fläche. Die Ertragsentwicklung ist von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung und den Investitionen im Sektor Landwirtschaft abhängig, kann aber zumindest teilweise auch durch forschungspolitische Förderung von Züchtung und landwirtschaftlichen Produktionstechniken und -systemen unterstützt werden.

Die zukünftige politische Gestaltung des Außenschutzes bei Bioenergieträgern entscheidet mit darüber, in welchem Umfang zukünftig Bioenergieträger importiert werden, da insbesondere Biokraftstoffe aus tropischen Ländern (Bioethanol aus Zuckerrohr, Biodiesel aus Palmöl) mit geringeren Kosten erzeugt werden können als in Deutschland. Einerseits führen hohe Importanteile aufgrund der höheren Flächenproduktivität zu einem geringen Flächenbedarf (MEA-D-Szenarien „Global Orchestration“ und „TechnoGarden“), andererseits stammen sie aus Regionen, wo natürliche Ökosysteme (insbesondere Regenwälder) schon bisher durch die Lebens- und Futtermittelerzeugung unter erheblichem Druck stehen.

Rahmenbedingungen, die eine Konzentration auf den Energiepflanzenanbau in Deutschland bewirken, lösen nicht automatisch das Problem der Flächenkonkurrenz. Wenn die zukünftigen Ertragssteigerungen niedrig ausfallen und gleichzeitig hohe Ausbauziele für die Energiepflanzennutzung festgelegt werden, führt dies zu einer Verdrängung eines Teils des Nahrungsmittelanbaus ins Ausland und damit indirekt zu einer Verschärfung der Flächenkonkurrenz auf globaler Ebene (MEA-D-Szenario „Order from Strength“).

Die Gestaltung der deutschen Förderpolitik entscheidet mit, welche Produktlinien der Energiepflanzennutzung zukünftig genutzt werden. Die verschiedenen Produktlinien der Energiepflanzennutzung unterscheiden sich in ihrem Flächenbedarf und ob sie auf eine inländische Erzeugung (wie z. B. bei Biogas) angewiesen sind. Die Szenarien mit einer stärkeren Gewichtung der Strom- und Wärmeerzeugung aus Energiepflanzen schneiden hinsichtlich der Konkurrenzentwicklung besser ab als die Szenarien mit einem Schwerpunkt auf Biokraftstoffen. Die BAU-Szenarien mit hohen Biokraftstoffquoten führen zu einer deutlichen Verschärfung der Flächenkonkurrenz.

In einigen Szenarien ist ein zunehmender – bis 2020 allerdings noch begrenzter – Anteil von Biokraftstoffen der sogenannten 2. Generation unterstellt worden. In Abhängigkeit von den benutzten Modellen wird eine BtL-Erzeugung aus Energiepflanzen (z. B. schnellwachsende Baumarten) bzw. aus Stroh (bei den regionalen Szenarien) angenommen. Ersteres würde die Flächenkonkurrenz abmildern, letzteres keine Konkurrenz um Flächen bedeuten.

Entscheidenden Einfluss auf die Flächenkonkurrenz hat die Gesamthöhe der Ausbauziele, also die Summe der zukünftigen Energiepflanzennutzungen für Strom, Wärme und Kraftstoffe. Es ist also eine integrierte Betrachtung notwendig. Begrenzte Ausbauziele insgesamt für die Energiepflanzennutzung tragen, in Abhängigkeit von den sonstigen Rahmenbedingungen, zu einem gleichbleibenden bzw. deutlich abnehmenden globalen Flächenbedarf Deutschlands bei (MEA-D-Szenarien „Adapting Mosaic“ bzw. „Global Orchestration“). Unter günstigen Voraussetzungen sind auch ambitionierte Ausbauziele möglich (MEA-D-Szenario „TechnoGarden“), ohne die Flächenkonkurrenz zu erhöhen. Neben der Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion sind auch zukünftige Wettbewerbssituationen zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu beachten.

Regionale Ebene

Auf regionaler Ebene bestehen zwischen den Agrarstandorten und Produktionsschwerpunkten deutliche Unterschiede. Die Szenarien, und damit die diesen zugrundeliegenden unterschiedlichen politischen Konzepte der Energiepflanzenförderung, führen in den untersuchten Regionen zu verschiedenen Entwicklungen der Energiepflanzennutzung. Während beispielsweise einige Regionen (z. B. Ackerbauregionen) tendenziell besser bei global orientierten Entwicklungen (MEA-R-Szenarien „Global Orchestration“ und „TechnoGarden“) abschneiden, ist für andere Regionen (z. B. mit intensiver Tierhaltung) eine regional angepasste Entwicklung (MEA-R-Szenario „Adapting Mosaic“) von Vorteil beim Ausbau der Biokraftstoffherzeugung der sogenannten 1. Generation.

Die regionalen Analysen kommen zum Ergebnis, dass die Strom- und Wärmeerzeugung (aus Biogas) unter verschiedenen Rahmenbedingungen in allen untersuchten Regionen in den nächsten Jahrzehnten ausgebaut werden wird, teilweise erheblich. Eine Ausnahme bilden nur Rahmenbedingungen mit einer internationalen Abgrenzung von Wirtschaftsräumen (MEA-R-Szenario „Order from Strength“), wo es an Konkurrenzfähigkeit gegenüber der Nahrungsmittelproduktion mangelt und deshalb kein weiterer Ausbau erfolgt.

Bei den Biokraftstoffen der sogenannten 1. Generation (Biodiesel und Bioethanol) ist die zukünftige Entwicklung in den Regionen und den Szenarien sehr uneinheitlich, und beinhaltet teilweise einen Ausbau, aber teilweise auch eine Reduktion bis hin zur völligen Aufgabe. Beispielsweise wird nach den Szenarienanalysen in der Region mit intensiver Tierhaltung im MEA-R-Szenario „TechnoGarden“ (im Zieljahr 2050) die geringe Biodieselbereitstellung vollständig eingestellt und stattdessen die Biogaserzeugung erheblich ausgebaut (um das Zehnfache gegenüber dem Referenzjahr). Dagegen wird erwartet, dass die Erzeugung von Bioethanol unter den Bedingungen des Szenarios „Adapting Mosaic“ gute Chancen hat in zwei Regionen (Region mit intensivem Ackerbau und Region mit Verbundbetrieben).

Die Erzeugung von Biokraftstoffen der sogenannten 2. Generation hat unter allen betrachteten Rahmenbedingungen in Regionen mit intensivem Ackerbau gute Chancen, wenn sie auf der Nutzung von Stroh beruht. Bei den Regionen mit Verbundbetrieben und mit intensiver Tierhaltung gilt dies nicht für alle Szenarien. Inwieweit diese Potenziale realisiert werden können, hängt davon ab, wann die entsprechenden BtL-Technologien kommerziell verfügbar sind und ob Stroh als Rohstoffbasis technologisch nutzbar ist, was in den Szenarien als Annahme gesetzt wurde.

Konkurrenzen bestehen nicht nur um Flächen, sondern auch um landwirtschaftliche Nutzungsansprüche an die Umwelt. Umweltwirkungen der Landbewirtschaftung sind vor allem in den Bereichen Wasser, Nährstoffe, Emissionen sowie Vielfalt und Stabilität von Ökosystemen relevant. Diese Konkurrenzbeziehungen bestehen bei der Verwendung der Biomasse für Lebensmittel, für stoffliche Nutzungen und für die energetischen Nutzungswege. Für alle Regionen gilt, dass eine Abnahme der Flächenkonkurrenz durch Energiepflanzennutzung mit der Nahrungsmittelerzeugung (in den MEA-R-Szenarien „Global Orchestration“ und „Order from Strength“) gleichzeitig zu einer Verschlechterung bei verschiedenen Umweltindikatoren führt, also die Nutzungskonkurrenz mit Umweltgütern verschärft. Bilden sich also in Bezug auf die Berücksichtigung der Umwelt reaktive Politiken heraus, so müssen auf regionaler Ebene insbesondere die negativen Folgewirkungen für Emissionen berücksichtigt und präventive Maßnahmen ergriffen werden. Unter diesen Bedingungen gewinnt die umweltverträgliche Gestaltung des Energiepflanzenanbaus wie der landwirtschaftlichen Produktion insgesamt besondere Wichtigkeit (Kap. IV).

Ein weiteres Beispiel regionaler Differenzierung sind die Risiken eines Humusabbaus. Die Strohnutzung ist in einigen Regionen sinnvoll, da die Humusbilanz positiv ausfällt, während sie in anderen Regionen zu negativen Humusbilanzen führen kann. Insbesondere in der Region mit Verbundbetrieben stellt sich die Situation bei der Humusbilanz sowohl bei der Istsituation als auch bei unterschiedlichen zukünftigen Entwicklungen (in allen Szenarien) kritisch dar.

Einzelne regionale Nutzungssysteme, die Synergien zwischen den Ressourcen ermöglichen und die regulierenden Leistungen der Ökosysteme berücksichtigen, können allerdings auch die Konkurrenzen insgesamt abschwächen (beispielsweise die Region mit intensivem Ackerbau im MEA-R-Szenario „TechnoGarden“). Damit zeigt sich, dass bei einer Verringerung der Konkurrenz zwischen Nahrungsmittelerzeugung und Bioenergiegewinnung nicht zwangsläufig eine Verlagerung auf andere Nutzungskonkurrenzen erfolgen muss.

Die unterschiedlichen naturräumlichen Gegebenheiten, Produktionsschwerpunkte und Energiepflanzennutzungen in den Regionen erschweren eine einheitliche nationale Politik und erfordern regional angepasste Politiken, Förderungen und Projekte. Eine zentrale Frage aus regionaler Sicht ist dabei, wie und in wie weit sich die Regionen un-

abhängig von globalen und europäischen Rahmenbedingungen entwickeln und eine angepasste Energiepflanzenutzung bei unsicheren Rahmenbedingungen sicherstellen können.

Unabhängig von den regionalen Unterschieden sind die Nutzung von Kuppelprodukten und die Kaskadennutzung zu bevorzugen, also die Erzeugung von Bioenergie aus Abfall- und Reststoffen. Sie lösen keine Flächenkonkurrenzen aus und können außerdem zur Abmilderung von Nutzungskonkurrenzen mit Umweltgütern beitragen. Ein eingeführtes Instrument in diesem Sinne ist beispielsweise der Güllebonus im EEG.

IV. Umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion

Die Substitution fossiler Energieträger durch Biomasse kann zu einer klima- und umweltverträglicheren Gestaltung der Energieversorgung beitragen. Je nach Kulturpflanze, Anbauverfahren und Standort kann der Anbau von Energiepflanzen jedoch auch mit negativen Umweltauswirkungen verbunden sein. In Abhängigkeit von den Empfindlichkeiten des Standorts und der einstigen Flächennutzung können identische Energiepflanzen und Anbauverfahren zu unterschiedlichen Umwelteffekten führen. Die Folgen werden zudem vom Umfang und der Anordnung des Energiepflanzenanbaus in der Landschaft beeinflusst. Nachfolgend wird dargestellt, wie sich der Anbau von Energiepflanzen auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Luft/Klima, Tiere/Pflanzen und Landschaftsbild/Erholung auswirken und in welchen Bereichen es zu Beeinträchtigungen kommen kann (Kap. IV.2). Darauf aufbauend werden Ansatzpunkte für einen umweltverträgli-

chen Energiepflanzenanbau entwickelt (Kap. IV.3). In einem Exkurs werden mögliche Folgen des Klimawandels auf den Energiepflanzenanbau diskutiert (Kap. IV.4). Im Fazit (Kap. IV.5) werden schließlich die Ergebnisse dieses Kapitels zusammengefasst. Die Inhalte dieses Kapitels basieren auf dem Gutachten „Dimensionen einer umweltverträglichen Energiepflanzenproduktion“, das gemeinsam vom Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH, der Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich Wald und Umwelt, dem Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. und der Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung, erstellt wurde (Aretz et al. 2008).

1. Energiepflanzen und Anbauverfahren

In die Analyse werden die Kulturen einbezogen, die in Deutschland aktuell relevant sind oder es in der Zukunft werden könnten. Neben einzelnen Kulturen werden auch Artenmischungen (z. B. Leguminosen-Gras-Gemenge) sowie das Grünland betrachtet. Die Effekte des Anbaus eingeführter Energiepflanzen (Mais, Raps, Zuckerrüben, Getreide) können relativ gut abgeschätzt werden. Eine Beurteilung des Anbaus neuer Kulturen wie Sudangras, Miscanthus oder schnellwachsende Baumarten ist dagegen nur mit Vorbehalten möglich, weil hier nur wenig Anbauerfahrung vorliegt.

Zur Identifizierung kritischer Punkte beim Energiepflanzenanbau werden die ausgewählten Energiepflanzen (Tab. 19) anhand folgender Merkmale gruppiert:

- krautige (oberirdische Teile nichtverholzend, z. B. Miscanthus) und holzige Kulturen (schnellwachsende Baumarten),

Tabelle 19

Auswahl der betrachteten Energiepflanzen

	Kulturkategorie	Bestandsdauer
<i>krautige Kulturen</i>		
Ackergräser (z. B. Klee, Weidelgras)	Bestandskultur	annuell/mehnjährig**
Erbsen (Zwischenfrucht)	Bestandskultur	annuell
Getreide (z. B. Weizen, Roggen, Triticale)	Bestandskultur	annuell
Hanf	Bestandskultur	annuell
Kartoffeln	Reihenkultur	annuell
Mais	Reihenkultur	annuell
Miscanthus	Reihenkultur	mehnjährig (15–20 a)
Raps	Bestandskultur	annuell
Rüben	Reihenkultur	annuell
Rübsen (Zwischenfrucht)	Bestandskultur	annuell
Senf (Zwischenfrucht)	Bestandskultur	annuell
Sonnenblume	Reihenkultur	annuell
Sorghum-/Zuckerhirse (Sorghum bicolor)	Reihen-/Bestandskultur*	annuell

noch Tabelle 19

	Kulturkategorie	Bestandsdauer
Sudangras (<i>Sorghum sudanense</i>)	Reihen-/Bestandskultur*	annuell
Topinambur	Reihen-/Bestandskultur*	mehrfährig (< 5 a)
Artenmischungen (z. B. Leguminosen-Gras-Gemenge)	Bestandskultur	annuell, mehrjährig
Grünland	Bestandskultur	mehrfährig
<i>holzige Kulturen</i>		
Pappel (Balsam-/Schwarzpappelhybriden)	Reihenkultur	mehrfährig (< 20 a)
Robinie (bewurzelte Pflanzen)	Reihenkultur	mehrfährig (< 20 a)
Weide (vor allem <i>Salix viminalis</i> -Klone)	Reihenkultur	mehrfährig (< 20 a)

* abhängig von der Aussaat; verschiedene Reihenabstände bei der Aussaat möglich

** abhängig von der Kulturart und Fruchtfolgegestaltung

Quelle: Aretz et al. 2008, S. 4

- Bestands- und Reihenkulturen,
- annuelle, mehrjährige Kulturen und Dauerkulturen.

Die Umweltauswirkungen des Energiepflanzenanbaus hängen von den Eigenschaften der Kulturpflanze und vom Anbauverfahren ab. Die in Deutschland am weitesten verbreiteten Formen der Landbewirtschaftung sind der konventionelle und der integrierte Pflanzenbau sowie – in deutlich geringerem Umfang – der ökologische Landbau. Im ökologischen Landbau werden allerdings überwiegend Nahrungs- und Futtermittel und nur wenig Energiepflanzen (z. B. Klee- und Luzernegrass für die Biogaserzeugung) angebaut. Wegen des Verzichts auf Mineraldünger und synthetische Pflanzenschutzmittel kommt hier den Fruchtfolgen eine besondere Bedeutung zu (Steinmann/Tiedemann 2005). Sie unterscheiden sich von den relativ engen Fruchtfolgen des konventionellen Anbaus durch

- geringere Anbauanteile von Getreide, Raps und Mais,
- höhere Anbauanteile an Zwischenfrüchten,
- eine höhere Anzahl verwendeter Kulturarten sowie
- häufigere einjährige Stilllegungen (Freyer 2003).

Auch andere umweltverträglichere Verfahren wie der Anbau in erweiterten Fruchtfolgen, der Mischfruchtanbau oder das Zweikulturnutzungssystem sind prinzipiell für den Energiepflanzenanbau geeignet. Beim Mischfruchtanbau werden gleichzeitig verschiedene Pflanzenarten und -sorten auf einem Feld angepflanzt (TAB 2005a). Als Vorteile dieses Anbauverfahrens werden die im Durchschnitt höheren und stabileren Erträge genannt. Mischfruchtanbausysteme werden bevorzugt im Ökolandbau genutzt (Paulsen et al. 2007; Paulsen/Schochow 2007). Beim Zweikulturnutzungssystem werden innerhalb eines Jahres zwei Kulturen angebaut und geerntet. Durch dieses Anbauverfahren kann ein hoher Flächener-

trag realisiert werden (KTBL 2006a, S. 343). Es ist hauptsächlich auf Biogas- und thermische Konversionsverfahren ausgerichtet.

2. Kritische Punkte des landwirtschaftlichen Anbaus von Energiepflanzen

Der Anbau von Energiepflanzen kann negative Auswirkungen auf die Umwelt haben, wenn bei der Bewirtschaftung die standortspezifischen Empfindlichkeiten der Schutzgüter Boden, Wasser, Luft/Klima, Pflanzen/Tiere und Landschaftsbild/Erholung nicht ausreichend berücksichtigt werden. Die in Tabelle 20 dargestellten Wirkkomplexe beschreiben das Zusammenspiel der Empfindlichkeit des Schutzgutes und der Wirkung der landwirtschaftlichen Nutzung, die auch mehrere Schutzgüter betreffen kann.

2.1 Boden

Der Boden ist von zentraler Bedeutung für Mensch und Umwelt. Es ist nicht nur Basis für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Bioenergie, sondern auch Lebensraum für Flora und Fauna und Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. Darüber hinaus erfüllt der Boden dank seiner Filter-, Puffer- und Stoffwandlungskapazität zahlreiche ökologische Funktionen. Dazu gehören insbesondere die Bindung von Kohlenstoff, die Aufrechterhaltung des Wasser- und Nährstoffkreislaufs, der Um- und Abbau von (Schad-)Stoffen sowie die Bewahrung von genetischen Ressourcen.

Der landwirtschaftliche Anbau kann zu physikalischen, chemischen und biologischen Veränderungen im Boden und zu einer Beeinträchtigung seiner ökologischen Funktionsfähigkeit führen. Bodenerosion und -verdichtung sowie Humusabbau verringern die Fruchtbarkeit und natürliche Ertragsfähigkeit. Böden können sich zwar im Prinzip erneuern; da Neubildung und Regeneration aber

Tabelle 20

Schutzgüter und Wirkkomplexe

Schutzgut	Wirkkomplex
Boden	Bodenerosion durch Wind und Wasser Bodenverdichtung Veränderung des Humusgehalts Nährstoffaustrag Schadstoffaustrag
Wasser	Veränderung des Grundwasserdargebots Nährstoffaustrag Schadstoffaustrag
Luft und Klima	Veränderung des Mikro-, Lokal- und Regionalklimas Emissionen
Tiere und Pflanzen	Veränderung von Lebensräumen
Landschaftsbild und Erholung	Veränderung des Landschaftsbildes

Quelle: Schutzgüter nach BNatSchG, Wirkkomplexe nach Scheurlen et al. 2004; Jessel/Tobias 2002; Wiehe/Rode 2007

äußerst lange Zeiträume in Anspruch nehmen – 100 bis 400 Jahre pro cm Oberboden –, sind viele Schädigungen praktisch irreversibel (Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz 2000). Deshalb ist bei der Landbewirtschaftung darauf zu achten, die Böden in ihrem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand zu erhalten und sie vor Erosion, Verdichtung und Humusabbau zu schützen.

Erosion

Topografie, Klimabedingungen und Bodeneigenschaften sind ausschlaggebend dafür, ob ein Standort erosionsgefährdet ist oder nicht. Heftige Niederschläge, die auf steilen Hängen mit gefährdeten Böden niedergehen, können dort erhebliche Erosionsschäden verursachen. Bodenerosion durch Wind wird durch offene Landschaftsstrukturen und große Felder ohne Windschutz (z. B. Hecken) begünstigt.

Erosionsprozesse werden durch unsachgemäße Bodenbearbeitung und unzureichende vegetative Bodenbedeckung gefördert. Eine mechanische Bodenbearbeitung und ein fein krümeliges Saatbett, wie es beispielsweise für die Aussaat von Zuckerrüben erforderlich ist, begünstigen die Erosion (Scheurlen et al. 2004, S. 18; Wiehe/Rode 2007, S. 108 f.). Ebenfalls erosionsfördernd ist der Anbau von Reihenkulturen mit großen Pflanzabständen, langsamer Bestandsentwicklung und später Bodenbedeckung (Zuckerrüben, Mais u. Sonnenblumen). Der Anbau von Bestandskulturen wie Getreide, Raps und Faserhanf führt dagegen zu einem vergleichsweise guten Erosionsschutz (LWK NRW 2007b, S. 12; Scheurlen et al. 2004, S. 18 u. 25).

Mehrfährige Kulturen sowie Dauerkulturen, insbesondere Wiesen und Weiden, können den Boden weitestgehend vor Erosion schützen. Im Zweikulturnutzungssystem ist der Boden ganzjährig mit Vegetation bedeckt; dennoch kann während der zweimaligen Bestandsetablierung Erosion stattfinden.

Verdichtung

Die Bodenverdichtung ist ein komplexer physikalischer Prozess bei dem das Gefüge und Porensystem im Boden verformt wird. Hierdurch werden die Versorgungsleistungen (Luft, Wasser) für den Pflanzenbestand und die Ertragsfähigkeit verschlechtert. Des Weiteren werden die Regelungsfunktionen (Infiltration, Stoffverlagerung) und die Lebensraumfunktionen für Bodenorganismen beeinträchtigt. Zudem wird die Erosionsanfälligkeit des Bodens erhöht.

Beim Anbau von Energiepflanzen kann der Einsatz schwerer Maschinen und häufiges Befahren je nach Empfindlichkeit des Standorts und Witterung zu Bodenverdichtungen führen (Scheurlen et al. 2004, S. 19f). Beim Anbau von Hackfrüchten und Mais besteht ein erhöhtes Verdichtungsrisiko, da große Maschinen zum Einsatz kommen und die Ernte in Jahreszeiten mit hoher Bodenfeuchte erfolgt (Reinhardt/Scheurlen 2004; Scheurlen et al. 2004; von Haaren 2004, S. 59).

Der Anbau mehrerer Kulturen im Jahr (Zweikulturnutzungssystem, Zwischenfrüchte) kann durch die damit verbundenen häufigeren Maschineneinsätze pro Fläche ein erhöhtes Verdichtungsrisiko zur Folge haben. Bei

mehnjährigen Kulturen und Dauerkulturen nimmt die Anzahl der Bearbeitungsgänge mit steigender Kulturdauer und Umtriebszeit ab. Dennoch können durch den Einsatz schwerer Spezialerntemaschinen auch in Dauerkulturen (z. B. in Kurzumtriebsplantagen) Bodenverdichtungen auftreten (Emch et al. 2005). Bodenverdichtungen können durch eine Bearbeitung mit dem Pflug aufgehoben werden, allerdings werden dabei häufig nur die oberen Schichten gelockert. Unterhalb der Bearbeitungstiefe bildet sich eine verdichtete Sohle aus (Jessel/Tobias 2002, S. 272), die nur bedingt reversibel ist (Scheurlen et al. 2004, S. 19 f.; von Haaren 2004, S. 321).

Humusgehalt

Der Gehalt an organischer Bodensubstanz (Humus) ist ein Indikator für die Fruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit von Böden, da er Pflanzennährstoffe speichert (LWK NRW 2007a; Salzman/Rüter 2007, S. 354). Er kann je nach Klima, Bodenart und Wasserversorgung kleinräumig variieren. Der Humusgehalt prägt die meisten physikalischen, chemischen und biologischen Bodeneigenschaften (von Haaren 2004, S. 22). Darüber hinaus beeinflusst er das Wasserspeichervermögen, den pH-Wert, die Gefügestabilität und die Porosität des Bodens (LWK NRW 2007a; Oberholzer et al. 2006, S. 13 f.).

Die Energiepflanzenfruchtfolge bestimmt die nutzungsabhängigen Veränderungen im Humusgehalt (Tab. 21). Mais und Hackfrüchte sind stark humuszehrende Pflanzen, Körnerleguminosen und Artenmischungen dagegen humusmehrende Kulturen (Geier et al. 1998, S. 78; LWK NRW 2007a). Auslöser für den Humusabbau sind strukturzerstörende Bodenbearbeitungsmaßnahmen. Humusabbau infolge einer Bewirtschaftung findet vor allem auf organischen Böden wie Auen- und Moorstandorten

sowie auf erosionsgefährdeten Böden statt (von Haaren 2004, S. 157).

Ernterückstände (z. B. Getreide- und Rapsstroh) tragen zur Humusneubildung bei, wenn diese auf dem Feld verbleiben oder nach ihrer Nutzung (z. B. als Einstreu) wieder dorthin zurückkehren. Kulturen und Nutzungspfade mit eher geringen Ernterückständen (z. B. Ganzpflanzengetreide) tragen dagegen nicht zum Humuserhalt bei. Beim Anbau von Biogasmais wird die Humusneubildung durch die Ausbringung der ligninhaltigen Gärrückstände gefördert (Möller et al. 2006).

Das Zweikulturnutzungssystem kann zu einem verstärkten Humusabbau führen, insbesondere wenn zwischen den Kulturen eine Bodenbearbeitung mit dem Pflug notwendig ist (Böse 2007). Durch eine nichtwendende Bodenbearbeitung (z. B. durch Grubbern und Direkteinsaat) wird dagegen der Humusgehalt im oberen Bodenhorizont angereichert (Hofmann et al. 2003).

Unter Dauergrünland ist der Humusgehalt sehr hoch, da hier keine mechanische Bodenbearbeitung stattfindet. Wird Grünland in Ackerland umgewandelt, so vermindert dies die Humusmenge deutlich. Die Anpflanzung von schnellwachsenden Baumarten auf Ackerland hat aufgrund ihrer langen Nutzungsdauer (20 Jahre) einen positiven Effekt auf den Humusaufbau (Makeschin 1994). Geht der Anpflanzung ein Grünlandumbruch voraus, kann es in Abhängigkeit vom Anpflanzverfahren zu Humusverlusten kommen, die jedoch innerhalb der langen Nutzungsdauer ohne Bodenbearbeitung wieder ausgeglichen werden können (Rösch et al. 2007). Bei der Rekultivierung der Kurzumtriebsfläche (Beseitigung der Wurzelstöcke nach Aufgabe der Kurzumtriebsflächen durch ca. 40 cm tiefes Fräsen) findet allerdings wieder ein Humusabbau statt.

Tabelle 21

Kulturartspezifische Veränderung des Humusvorrats

Fruchtart	Veränderung des Humusvorrats (in kg Humuskohlenstoff pro ha u. Jahr)
Zuckerrübe	-760
Kartoffel	-760
Körner-, Silomais	-560
Getreide, Sonnenblume	-280
Zwischenfrüchte	+80 bis +200
Körnerleguminosen	+160
Ackergras, Leguminosen-Gras-Gemenge im Ansaatzjahr	+100 bis +400
Ackergras, Leguminosen-Gras-Gemenge je Hauptnutzungsjahr	+600

Quelle: LWK NRW 2008b nach Aretz et al. 2008, S. 51

2.2 Wasser

Der Anbau von Energiepflanzen kann Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und die Qualität von Grundwasser und Oberflächengewässer haben. Infolge des Klimawandels könnten in Deutschland die Trockenheit in den Sommermonaten und damit der Bewässerungsbedarf zunehmen (Kap. IV.4). Bislang werden allerdings nur Sonderkulturen, mit denen sich hohe Erlöse auf dem Nahrungsmittelmarkt erzielen lassen, bewässert. Der Energiepflanzenanbau kann nicht nur den Wasserhaushalt beeinflussen, sondern auch die Qualität des Grund- und Trinkwassers, da die Einzugsgebiete der Grundwassergewinnung größtenteils unter land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen liegen. Qualitätsmindernd wirken sich vor allem Dünge- und Pflanzenschutzmittel aus. Werden diese nicht von den Pflanzen aufgenommen oder abgebaut, können sie zu Veränderungen des Stoffhaushaltes und der biologischen Aktivitäten im Boden und in angrenzenden Ökosystemen führen. Vor allem Nitratverlagerungen können die Trinkwasserqualität beeinträchtigen und (zusammen mit Phosphor) zur Eutrophierung von Oberflächengewässern führen.

Veränderung des Grundwasserdargebots

Die Evapotranspiration von Energiepflanzen beeinflusst die Grundwasserneubildung. Übersteigt sie die Niederschlagsmenge, kommt es zur Grundwasserzehrung. Dies ist vor allem in niederschlagsarmen Regionen und auf Böden mit einem schlechten Wasserspeichervermögen relevant (Alsing 1992; Baeumer 1978). Stillgelegte oder brachliegende Flächen haben eine potenziell hohe Grundwasserneubildungsrate (Flade et al. 2003, S. 46 f.; Jessel/Tobias 2002, S. 189 ff.).

In Deutschland werden nur 3,1 Prozent der Landwirtschaftsfläche (entspricht 530 000 ha) bewässert (KTBL 2005). Die klimatische Entwicklung in Europa weist jedoch darauf hin, dass zukünftig mit mehr trockenen Sommern und einem Anstieg der Bewässerung zu rechnen ist. Dies würde auch den Energiepflanzenanbau betreffen, wenn Kulturen und Anbauverfahren mit hohem Wasserbedarf, wie das Zweikulturnutzungs- oder Mischfruchtensystem an wasserarmen Standorten zur Anwendung kommen (KTBL 2006a; Schittenhelm et al. 2007). Auch der Anbau von Zwischenfrüchten (z. B. Rotklee, Luzerne und Winterroggen) kann auf grundwasserfernen Sandböden wegen der Wasserknappheit an natürliche Grenzen stoßen und zu Wasserkonkurrenzen mit den Folgekulturen führen (LBP 2000; LLH 2005).

Der mehrjährige Anbau von Weiden und Pappeln führt zur Erhöhung der Wasserrückhaltung, die sich aus den verbesserten Bodeneigenschaften (Humusanreicherung) und der durchgängigen Bodenbedeckung ergibt (Kahle/Boelke 2004). Demgegenüber steht ein höherer Wasserbedarf der schnellwachsenden Baumarten im Vergleich zu einjährigen Kulturen mit negativen Folgen für die Grundwasserneubildung.

Nährstoff- und Pflanzenschutzmitteleintrag

Der Anbau von Energiepflanzen ist aufgrund der langfristigen finanziellen Absicherung über das EEG auf betriebswirtschaftlicher Ebene attraktiver als die Teilnahme an den mit öffentlichen Mitteln geförderten Agrarumweltmaßnahmen. Dies führt dazu, dass für den Umweltschutz wichtige Extensivnutzungen und Stilllegungsflächen verloren gehen. Insbesondere die Ausweitung des Energiemaisanbaus führt vielerorts zur Verdrängung von Winterkulturen und Zwischenfrüchten sowie zu einem vermehrten Umbruch von Grünland, wodurch die Nitrat- auswaschung begünstigt wird. Ertragreiche Energiemaisarten erfordern einen relativ hohen Einsatz von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln, wodurch zusätzliche Gefährdungen entstehen. Das Erreichen der Ziele der EU-Wasserrahmen-Richtlinie wird dadurch gegenüber der bereits jetzt schon schwierigen Situation weiter erschwert. Energiemais wird bereits heute in Anbauregionen mit langjähriger Ausbringung von Wirtschaftsdüngern als Problemkultur angesehen, da die langsame Bestandsentwicklung die Nährstoffaufnahme beschränkt und die Stickstoffmineralisation im Boden begünstigt ist. Der Zukauf an Gärsubstraten kann das Überangebot an organischen Nährstoffen insbesondere auf nahe zur Biogasanlage liegenden Flächen weiter erhöhen.

Raps kann aufgrund seines hohen Stickstoffaufnahmevermögens in der Jugendphase viel Stickstoff aufnehmen. Die nach der Rapserte zurückbleibenden Rückstände können allerdings zu einem erhöhten Stickstoffauswaschungsrisiko führen, wenn sie nicht von der Folgekultur aufgenommen werden. Zudem ist beim Rapsanbau der Pflanzenschutzmitteleinsatz aufgrund hoher Krankheits- und Schädlingsanfälligkeit beträchtlich. Eine Ausweitung der Mais- und Rapsanbaufläche läuft potenziell einer Verringering von Gewässerbelastungen zuwider.

Der Anbau schnellwachsender Baumarten verbessert den Gewässerschutz, weil der Nährstoffbedarf von holzigen Kulturen im Vergleich zu krautigen Energiepflanzen deutlich geringer ist und der anhaltende Nährstoffentzug zu niedrigen Nitratwerten im Sickerwasser führt (Burger 2004). Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ist bei den holzigen Dauerkulturen in der Regel auf die Etablierungs- und Rekultivierungsphase beschränkt (Kaltschmitt/Hartmann 2001, S. 59 f.; KTBL 2006b). Da diese nur ca. alle 20 Jahre erfolgt, ist die Schadstoffauswaschungsfahr ebenfalls gering.

2.3 Luft und Klima

Durch die landwirtschaftliche Flächennutzung, vor allem die Bodenbearbeitung und Ausbringung von Düngern, können Emissionen wie Kohlenstoffdioxid (CO₂), Ammoniak (NH₃) oder Distickstoffoxid (N₂O, „Lachgas“) freigesetzt werden. Durch Humusabbau infolge von z. B. Grünlandumbruch oder Kultivierung von Mooren wird das klimarelevante CO₂ in größeren Mengen freigesetzt (Rösch et al. 2007).

Vor allem die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern aber auch von mineralischen Stickstoffdüngern kann zu Emis-

sionen führen. Relevant sind hierbei zum einen Ammoniak, das während der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern freigesetzt wird, und zum anderen klimarelevantes Distickstoffoxid (N₂O, „Lachgas“), das während der mikrobiellen Umsetzung von Stickstoffdüngern im Boden gebildet wird. Entscheidend für die Art und Höhe der Emissionen ist dabei, welche Dünger in welcher Menge, zu welchem Zeitpunkt und mit welchem Verfahren ausgebracht werden. Dies gilt sowohl für Mineral- als auch Wirtschaftsdünger.

Da die N₂O-Emissionen mit der im Boden befindlichen Stickstoffmenge ansteigen, geht von Energiepflanzen mit hohem Stickstoffbedarf wie Raps und Mais ein höheres Risiko der N₂O-Freisetzung aus als von Kurzumtriebsplantagen. Durch den Verbleib von Ernteresten auf dem Acker kann es durch die Kohlenstoff- und Stickstoffanreicherung ebenfalls zur Bildung und Ausgasung von N₂O kommen (Leick 2003). Die Witterung und der Bodenzustand während und nach der Düngung spielen bei den N₂O-Emissionen eine wichtige Rolle, weil mit steigender Bodenfeuchte die Gefahr der N₂O-Freisetzung deutlich zunimmt. Mit der im Sinne des Nährstoffrecyclings wichtigen Rückführung von Gärrückständen aus der Biogasproduktion ist die Gefahr einer Erhöhung der Ammoniakemissionen verbunden, da der Rückstand bei hohem pH-Wert hohe Anteile an Ammoniumstickstoff in pflanzenverfügbarer Form enthält (Hege/Peretzki 2006, S. 162; Karpenstein-Machan 2005, S. 125 ff.).

Die Häufigkeit und Intensität der Bodenbearbeitung beeinflusst die Freisetzung von Emissionen. Tiefes Pflügen fördert den Stoffaustrag in die Luft. Beim Anbau von

mehrwährigen Energiepflanzen und Dauerkulturen wird infolge einer ganzjährigen Bodenbedeckung, eines geringen Düngerbedarfs und eines durchgängigen Nährstoffentzugs sowie einer verringerten Bodenbearbeitung das Emissionsrisiko reduziert (Hofmann et al. 2003; KTBL 2006b; Scholz et al. 2004).

2.4 Lebensräume für Flora und Fauna

Landwirtschaftliche Aktivitäten können zu einer Arten- und Biotopverarmung in der Agrarlandschaft führen, insbesondere wenn sie eine Verkleinerung, Entwertung oder Beseitigung naturnaher Biotope und die Intensivierung der ackerbaulichen Nutzung zur Folge haben. Der Grünlandumbruch stellt einen besonders schweren Eingriff in die Lebensraumgestaltung dar, denn das Grünland gehört zu den artenreichsten Ökosystemen Mitteleuropas und beherbergt über die Hälfte der in Deutschland vorkommenden Pflanzenarten (Geier et al. 1998, S. 145 ff.).

Energiepflanzen können zu einer Verringerung der Vielfalt an Lebensraumangebot für Fauna und Flora in der Agrarlandschaft führen, wenn sie auf umgebrochenem Grünland gepflanzt werden oder eine Intensivierung der Bewirtschaftung bedingen. Die Vielfalt wird darüber hinaus durch den Anbau nur weniger Kulturen mit einheitlichen Verfahren auf großen Ackerschlägen ohne Randstrukturen eingeschränkt. Selbstverträgliche Energiepflanzen (Tab. 22) sind besonders problematisch, da sie zu einer Verengung von Fruchtfolgen führen können. Je eingeschränkter die Vielfalt der Kulturen ist, umso anfälliger werden die Bestände für Krankheiten und Schäd-

Tabelle 22

Selbstverträglichkeiten von Energiepflanzen in Fruchtfolgen

Kulturkategorie	Kultur	selbstverträglich	nichtselbstverträglich	maximale Anbauanteile
Reihenkulturen	Kartoffeln		X	25–33 %
	Mais	X		25–50 %
	Miscanthus	X		–
	Rübe		X	25–33 %
	Sudangras	X		k.A.
	Topinambur	X		k.A.
	Zuckerhirse	X		k.A.
Bestandskulturen	Ackergräser (artenabhängig)	X	X (z. B. Rotklee)	k.A.
	Erbse		X	20–25 %
	Grünland	X		–
	Raps		X	25–33 %
	Roggen, Triticale	X		33–50 %
	Weizen		X	25–33 %

Quelle: nach KTBL 2006b; LWK NRW 2008a

linge. Dies wiederum erhöht den Bedarf an Pflanzenschutzmitteln, deren Einsatz negative Auswirkungen für die Artenvielfalt auf dem Schlag und in angrenzenden Biotopen hat.

Eine andere Gefahr für die Artenvielfalt resultiert aus dem Anbau gebietsfremder oder neuer Energiepflanzen. Einige dieser Arten können sich schnell verbreiten und dadurch ökologisch bedenklich werden. Invasive Arten, die sich nicht in das Ökosystem einfügen, gefährden durch Lebensraumveränderungen, Verdrängen heimischer Arten oder auch durch Hybridisierungen und Einkreuzen fremden genetischen Materials die natürliche Artenvielfalt.

Nicht zuletzt hängt die Artenvielfalt in der Agrarlandschaft auch vom Einsatz an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln ab. Energiepflanzenreihenkulturen haben einen höheren Bedarf und ein höheres Austragsrisiko als Bestands- oder Dauerkulturen und demzufolge ein höheres Gefährdungspotenzial. In Maisflächen finden sich deshalb deutlich niedrigere Artenzahlen als in Bestandskulturen wie Raps oder Winterweizen (Lips et al. 1999, S. 305 f.).

Ein Rückgang der Ackerbegleitflora hat Konsequenzen für die Fauna, insbesondere für Insekten und Vögel (Werner et al. 2000, S. 24 ff.). Unter den einjährigen Kulturen bieten Raps und Sonnenblumen Nahrung für blütenbesuchende Insekten (Scheurlen et al. 2004, S. 26). In Rapsfeldern findet sich auch eine hohe Anzahl und Dichte an Laufkäfern und Spinnen, darunter auch seltene Arten (Lips et al. 1999). Bei Mais und Hanf leben dagegen vor allem Arten ohne spezielle Standortansprüche. Kulturen mit später Bestellung und langsamer Bestandsentwicklung, wie Mais und Rüben, bieten schlechte Bedingungen für Feldvögel, da sie keine ausreichende Deckung und Nahrungsangebote während der Brutzeit bieten (Werner et al. 2000).

Werden heimische Energiepflanzen in Sorten- und Artenmischungen angebaut, können sie zur Erhaltung alter Kultursorten, Erweiterung enger Fruchtfolgen und Reduzierung des PSM-Einsatzes beitragen (KTBL 2006a). Ein Anbau von Zwischenfrüchten erhöht die Struktur- und Artenvielfalt in der Fruchtfolge und reduziert die Nähr- und Schadstoffeinträge in angrenzende Lebensräume (Frielinghaus 1997).

Die Artenvielfalt im Zweikulturnutzungssystem ist nach Graß/Scheffer (2005) höher als in herkömmlichen Anbausystemen. Durch die Nutzung der Ganzpflanze und den vorgezogenen Erntetermin können Unkräuter eher toleriert und es könnte auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verzichtet werden. Die vorgezogene Ernte, z. B. von Getreide zur Ganzpflanzensilage, kann allerdings mit der Brut- und Nestlingszeit von ackerbrütenden Vögeln zusammenfallen, wodurch Nester und Jungvögel von diesen Flächen verschwinden (Pölking et al. 2006).

Mehrjährige und Dauerkulturen können aufgrund ihrer minimalen Bewirtschaftung und langen Bestandsdauer eine positive Wirkung auf die Artenvielfalt haben und er-

möglichen neue Vegetations- und Biotopstrukturen mit veränderter Artenzusammensetzung (Lips et al. 1999, S. 306; Rode 2005). In Kurzumtriebsplantagen können sich vor allem in Anlagen mit Freiflächen und Alters- und Artenmischungen eine vielfältige krautreiche Begleitflora und ein erhöhtes Insektenaufkommen einstellen (Liese-bach et al. 1999; Scheurlen et al. 2004, S. 31). Aufgrund des veränderten Mikroklimas ähnelt die Artenvielfalt jedoch der von Wäldern (Sommervögel, Spinnen und Laufkäfer), während Offenlandarten zunehmend verschwinden (Burger 2006). Demzufolge sind in landwirtschaftlich geprägten Regionen positive Effekte auf die Vogeldiversität zu erwarten (Berg 2002), während in walddreichen Gebieten Kurzumtriebsplantagen eher zu einer Reduzierung der Vielfalt an Vogelarten führen. Die Gefahr der Veränderung angrenzender Lebensräume, insbesondere von Offenlandbiotopen, besteht vor allem bei der Anpflanzung invasiver Pflanzen (z. B. Robinie), die sich über Samen und Wurzelausläufer ausbreiten (Neo-Flora 2007).

Durch die Nutzung von eingekreuzten Hybridweiden und -pappeln besteht über die Verbreitung von Pollen in der Landschaft die Gefahr der unkontrollierten Hybridisierung zwischen den Arten. Eine Herabsetzung der innerartlichen Diversität ist die Folge. Die starke Verbreitung von hybriden Arten kann wiederum zur Verdrängung autochthoner Weiden- und Pappelarten führen. Als Folgewirkung können von den standortfremden Hybriden Veränderungen der Ökosysteme und Auswirkungen auf Flora und Fauna ausgehen (Barsig 2004; Seitz/Kowarik 2003).

2.5 Landschaftsbild und Erholung

Das Landschaftsbild wird maßgeblich geprägt von der anthropogenen Landnutzung. Im Allgemeinen haben Vielfalt an Ackerkulturen, artenreiche Bestände mit hohem Wildkrautbesatz, Mischkulturen und strukturreiche Landschaften positive Auswirkungen auf das Landschaftserleben. Monokulturen und kulturartenarme Ackerlandschaften tragen hingegen eher zur Verarmung des Landschaftsbildes bei.

Ob ein durch Energiepflanzen verändertes Landschaftsbild als Verfremdung der regionalen Eigenarten einer Landschaft oder Bereicherung des Landschaftsbildes wahrgenommen wird, hängt von verschiedenen Faktoren, wie dem Flächenumfang, der Bestandshöhe und der strukturellen Ausstattung der Landschaft ab (Rode et al. 2005). Der einheitliche Anbau weniger Energiepflanzen auf benachbarten Flächen kann zu einer visuellen Schlagvergrößerung mit negativen Auswirkungen auf das Landschaftsbild führen. Ein Umbruch von Grünland wird ebenfalls meist negativ wahrgenommen. Ein großflächiger Anbau hochwüchsiger dichtstehender Energiepflanzen wie *Miscanthus*, Mais oder Pappeln kann Sichtbeziehungen verstellen und das Landschaftsbild verfremden (Rode 2005; Wiehe/Rode 2007). In ausgeräumten, reliefarmen Landschaften können sie jedoch zur Strukturierung der Landschaft beitragen, wenn die Anpflanzung kleinflächig oder streifenförmig erfolgt und unterschiedli-

che Baumarten und Altersstrukturen sowie Randstrukturen aufweist (Liesebach et al. 1999). Allerdings wird die Ernte hoher Dauerkulturen, insbesondere wenn sie auf großen Flächenanteilen gleichzeitig durchgeführt wird, das Landschaftsbild abrupt ändern (Rode 2005; Rode et al. 2005, S. 139 ff.). Insbesondere in waldreichen Gebieten führt die Anlage von Kurzumtriebsplantagen auf Grünland durch Strukturverarmung und Homogenisierung zu einer Verarmung des Landschaftsbildes (Rösch et al. 2007).

2.6 Fazit

Welche Umweltwirkungen aus dem Anbau von Energiepflanzen resultieren, hängt von der Kulturpflanze und dem Anbauverfahren, den Empfindlichkeiten des Standorts gegenüber Bewirtschaftungsmaßnahmen und der räumlichen Ausprägung des Naturhaushaltes ab. Vom Energiepflanzenanbau sind Wirkungen auf alle Schutzgüter zu erwarten, je nach Kultur, Anbauverfahren und Standort können diese jedoch unterschiedlich ausfallen (Tab. 23).

Tabelle 23

Risiken der Wirkung von Energiepflanzenkulturen auf die Schutzgüter

Schutzgut	Boden			Wasser			Klima/Luft		Pflanzen/Tiere		Landschaftsbild/ Erholung
	Wirkkomplex	Wirkkomplex	Wirkkomplex	Wirkkomplex	Wirkkomplex	Wirkkomplex	Wirkkomplex	Wirkkomplex	Wirkkomplex		
Kultur	Erosion durch Wind und Wasser	Risiko der Verringerung des Humusgehalts	Verdichtung	Risiko der Verringerung der Grundwassersickerung	Nähr- und Schadstoffaustrag	Beeinflussung des Hochwasserschutzes	Veränderung des Mikro-, Lokal-, Regionalklimas	Emissionen	Veränderung von Lebensräumen	Veränderung der Biodiversität	Veränderung des Landschaftsbildes
Bestandskulturen	•	•	•	±	•	•	•	•	±	•	±
Reihenkulturen	●	●	●	±	●	●	±	●	±	•	±
mehnjährige/Dauerkultur	•	•	•	●	•	±	±	•	±	•	±
Dauergrünland	•	•	±	●	•	•	•	•	•	•	•
Zweikulturnutzung	•	●	●	●	±	±	±	±	±	±	•
Zwischenfrucht	•	±	±	•	•	•	•	±	•	•	•
Mischfruchtanbau			•	±	•			•	•	•	•
Restproduktnutzung		•	•		•			•			

● hohes Risiko; ● mäßiges Risiko; • geringes Risiko (positive Wirkung bei der Fruchtfolge); ± indifferentes Risiko
 Quelle: Aretz et al. 2008, S. 97

Anbauverfahren, die nicht an den Standort angepasst sind, können zu Beeinträchtigungen der Schutzgüter Boden, Wasser, Luft/Klima, Pflanzen/Tiere und Landschaftsbild/Erholung führen. Für die Beeinträchtigung der Umwelt entscheidend sind die Zahl der Arbeitsgänge, insbesondere der Bodenbearbeitung (Pflügen) sowie der Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinsatz und die Dauer der Bodenbedeckung. Demzufolge ist auch das Risiko negativer Umweltauswirkungen (Erosion, Humusschwund, Nähr- und Schadstoffaustrag, Emissionsfreisetzung, Veränderung von Lebensräumen) bei einjährigen Reinkulturen höher als bei mehrjährigen und Dauerkulturen (Tab. 23). Vorteilen der mehrjährigen Kulturen bei Erosion und Verdichtung, Nähr- und Schadstoffaustrag, Humuserhalt und Lebensraumfunktion steht eine erhöhte Verdunstungsleistung des Bestandes und eine geringere Grundwasserneubildung gegenüber.

Mit der Konzentration des Energiepflanzenanbaus auf nur wenige Kulturen in einer Region nimmt das Umweltgefährdungspotenzial zu. Insbesondere das Lebensraumbot für die Tier- und Pflanzenwelt und das Landschaftsbild werden verändert. Im Gegensatz dazu kann durch die Nutzung einer hohen Arten- und Sortenvielfalt auf einem Feld (Mischfruchtanbau, weite Fruchtfolge) oder in einer Region die Krankheitsresistenz und Selbstregulationsfähigkeit der Kulturen erhöht und der Pflanzenschutzmitteleinsatz verringert werden.

3. Ansatzpunkte eines umweltverträglichen Energiepflanzenanbaus

Der Energiepflanzenanbau wirkt auf mehrere Schutzgüter, die sich gegenseitig beeinflussen (Tab. 23). Hierdurch entsteht ein kompliziertes Wirkungsgefüge. Dieses Gefüge muss bei der Ableitung von Maßnahmen zur Verringerung von Risiken für einzelne Schutzgüter beachtet werden. Bewirtschaftungsmaßnahmen, die für ein bestimmtes Schutzgut von Nutzen sind, können einerseits positive und andererseits negative Auswirkungen auf andere Schutzgüter haben. Maßnahmen für einen umweltverträglichen Energiepflanzenanbau müssen deshalb standort- und regionsspezifisch zugeschnitten werden.

Nachfolgend werden die Möglichkeiten einer umweltverträglichen Ausgestaltung des Anbaus von krautigen und holzigen Kulturen dargestellt. Dabei wird auf die einzelnen Elemente der Anbauverfahren eingegangen: Standortbezogene Maßnahmen zum Boden- und Gewässerschutz und zur Erhalt der Biodiversität, Wahl der Kulturpflanze, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Saat, Düngung und Pflanzenschutz, Ernte und Reststoffverwertung.

3.1 Standortangepasste Maßnahmen

Die Umweltverträglichkeit des Anbaus von Energiepflanzen kann durch spezielle auf die Empfindlichkeiten des Standorts abgestimmte Maßnahmen verbessert werden. Hierzu gehören Handlungen, die auf den Boden-, Gewässer- und Klimaschutz sowie den Erhalt der Biodiversität abzielen.

Bodenverluste können durch verschiedene Maßnahmen reduziert oder vermieden werden. Hierzu gehören u. a. reliefangepasste Bewirtschaftungsmaßnahmen, der Anbau von Untersaaten und Zwischenfrüchten und die Anpflanzung von erosionshemmenden Strukturelementen parallel zu den Höhenlinien (z. B. Grasstreifen, die die Fließstrecke des Wassers verkürzen) oder quer zur Hauptwindrichtung (z. B. Windschutzstreifen aus Gehölzen). Die Schutzstrukturen erhalten die Ertragsleistung des Bodens und erfüllen Lebensraumfunktionen; sie sind jedoch mit einer Verringerung der landwirtschaftlich nutzbaren Fläche verbunden.

In Wasserschutzgebieten und grundwassernahen Gebieten sollte der Anbau von Kulturen mit erhöhtem Bedarf an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln (v. a. Raps, Mais, Zuckerrüben, Weizen) eingeschränkt werden, um Stoffeinträge ins Wasser zu vermeiden. Räumliche Anbaueinschränkungen lassen sich jedoch ohne entsprechende gesetzliche Rahmenbedingungen oder finanzielle Anreize nur schwer durchsetzen. Dies gilt auch für die Anlage von schützenden Randstreifen entlang von Gewässerrändern, die neben dem Einkommensverzicht auch noch zusätzliche Kosten zur Pflege der Flächen verursachen. Eine Reduzierung des Betriebsmitteleinsatzes würde das Risiko einer Gewässerbelastung ebenfalls verringern, geht jedoch meist mit Ertragseinbußen einher. Der Verzicht auf Landnutzungsfläche und die damit verbundenen Einkommenseinbußen bei Anlagen der Schutzstreifen kann in der Regel nicht durch eine energetische Nutzung des Aufwuchses ausgeglichen werden.

Extensiv genutztes Grünland ist ein wichtiger Lebensraum für geschützte Tier- und Pflanzenarten und gleichzeitig ein guter Schutz für den Boden, das Grundwasser und die Oberflächengewässer. Bei sinkenden Viehbeständen in der Landwirtschaft verliert die Grünlandnutzung zur Futterproduktion jedoch stark an Bedeutung und führt zur Suche nach Nutzungsalternativen (Rösch et al. 2009). Grünlandstandorte besitzen meist eine gute Wasserversorgung und sind für den Anbau von Energiepflanzen (z. B. Weiden) attraktiv. Wenn es gelingt, die Anpflanzung von Kurzumtriebsplantagen auf überschüssigem Grünland möglichst konfliktfrei mit den Schutzfunktionen zu gestalten, könnte das Grünland stärker als bisher zu einer regionalen Energieversorgung beitragen. Hier bedarf es jedoch noch Forschungsarbeit.

Die wichtigste standortbezogene Maßnahme zum Klimaschutz stellt der Schutz von Böden mit hohem Humus- und Kohlenstoffgehalten (v. a. Moorböden) dar (Köller 1998; WWF 2007). Die Nachfrage nach Energiepflanzen steigert den Flächenbedarf der Landwirtschaft und kann dazu führen, dass diese Böden intensiver genutzt oder umgewandelt (z. B. Grünland in Maisfelder) werden. Prinzipiell ist jedoch ein klimaneutraler Anbau von Energiepflanzen auch auf solchen Böden möglich. Voraussetzung hierfür sind extensive Landnutzungsformen wie Anlage von Dauerkulturen und konservierende Bodenbearbeitung (z. B. Anpflanzung von Kurzumtriebsplantagen ohne vorherigen Grünlandumbruch) und der Erhalt des Grundwasserdargebots. Der Erhalt des Kohlenstoffvor-

rats verringert die Freisetzung von CO₂-Emissionen, jedoch können erhöhte düngungsbedingte N₂O-Emissionen aufgrund des höheren Feuchtegehalts von grundwasserbeeinflussten Böden nicht ausgeschlossen werden.

3.2 Wahl der Kulturpflanzen

Der Anbau von Energiepflanzen für die Biogaserzeugung oder thermische Nutzung bietet die Möglichkeit, ein breites Spektrum an Kulturen oder Mischkulturen zu verwenden. Arten- und Sortenmischungen sind aufgrund ihrer genetischen Variabilität weniger anfällig gegenüber Krankheiten und Schädlingsbefall und reduzieren den Pflanzenschutzmittelbedarf (Karpenstein-Machan 2005). Eine Verringerung des Herbizideinsatzes ist ebenfalls möglich, wenn Arten mit hohem Unterdrückungspotenzial mit Arten geringerer Konkurrenzkraft kombiniert werden (z. B. Hanf und Sonnenblume) (KTBL 2006a). Der Anbau gemischter Sorten oder Arten bietet auch eine höhere Lebensraumvielfalt für einheimische Arten (Scheffer 2005). Ertragsteigerungen gegenüber dem Einfruchtanbau sind nur auf schlechten Böden zu erwarten, nicht dagegen auf guten Böden (KTBL 2006a). Der Mischfruchtanbau hat allerdings auch verschiedene Nachteile: Gegebenenfalls sind mehrere Saattermine erforderlich, die Ausbringung von Betriebsmitteln kann nicht gezielt auf die Bedürfnisse einer Pflanzenart oder -sorte abgestimmt werden, es kann zu Wasserkonkurrenz kommen, der Erntezeitpunkt lässt sich nicht optimieren, die Ernte- und Nachbereitung ist aufwendiger (TAB 2005a).

Durch einen Verzicht auf den Anbau invasiver Energiepflanzen (z. B. Topinambur, Robinie) kann der Lebensraum für die heimische Flora und Fauna erhalten werden. Wenn die Verwendung invasiver Arten dennoch präferiert würde, sollten infertile Sorten gezüchtet und Pufferzonen zur Einschränkung der Ausbreitung in naturschutzsensible Bereiche eingerichtet werden. Maßnahmen wie die Ernte vor der Vermehrungszeit und die Ausbringung ausschließlich männlicher Pflanzen (bei zweihäusigen Arten) könnten einer Ausbreitung ebenfalls gegensteuern. Allerdings ist der Forschungsaufwand für die Züchtung infertiler Arten erheblich und die Anbaukontrolle in sensiblen Gebieten aufwendig.

Durch den Anbau von mehrjährigen Kulturen und Dauerkulturen wie Miscanthus und Kurzumtriebsplantagen, die auch bei extensiver Bewirtschaftung hohe Biomasseerträge aufweisen, kann die Erzeugung von Energiepflanzen umweltverträglicher gestaltet werden als der Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln. Sie können den Boden vor Erosion, Verdichtung und Humusabbau schützen, die Belastung von Grund- und Oberflächengewässer und angrenzenden Lebensräumen durch Bewirtschaftungsmaßnahmen und Betriebsmitteleinträge verringern und die Freisetzung von Lachgasemissionen verringern (nach Hellebrand et al. 2005 gegenüber einjährigen Kulturen um ca. 50 Prozent möglich). Angesichts der infolge des Klimawandels zunehmenden regionalen und temporären Wasserknappheit kann jedoch der erhöhte Wasserverbrauch schnellwachsender Baumarten (v. a. Weiden und Pappeln) die Grundwasserneubildungsrate verringern und

Wassernutzungskonflikte aufwerfen. Auch sozioökonomisch ist der Anbau von Dauerkulturen angesichts schwankender Märkte und Preise für Nahrungs- und Futtermittel sowie Energie und sich verändernder politischer Rahmenbedingungen nicht unproblematisch.

3.3 Fruchtfolge

Bei der Gestaltung der Energiepflanzenfruchtfolge sollte eine ausgeglichene Humusbilanz und eine möglichst ganzjährige Bodenbedeckung zur Reduzierung von Nährstoffverlusten und Pflanzenschutzmittelaufwendungen sowie eine Verringerung der Bodenbearbeitung angestrebt werden. Die Fruchtfolgen sollten möglichst vielfältig gestaltet sein, d. h. im Wechsel zwischen Humus-/Stickstoffmehrern und -zehrern, Haupt- und Zwischenfrüchten, Reihen- und Bestandskulturen, Winterungen und Sommerungen, Energiepflanzen und Marktfrüchten. Dabei sind die Verträglichkeiten der Kulturen zu beachten (Tab. 22). Mehr- oder vielgliedrige Fruchtfolgen können die Kulturartenvielfalt und damit den ökologischen Wert von Agrarregionen erhöhen. Vielgliedrige Fruchtfolgen sind jedoch häufig mit Gewinneinbußen verbunden, weil dann auch Kulturen mit geringerem Ertrags- und Preisniveau angebaut werden müssen.

Ziel des Anbaus von Untersaaten (Aussaats mit der Hauptkultur) und Zwischenfrüchten (Kultur zwischen zwei Hauptkulturen) ist es, den Boden zu bedecken und vor Wind- und Wassererosion zu schützen. Dabei werden Nährstoffe gebunden und Stoffeinträge in angrenzende Biotope oder Gewässer vermieden; zudem wird der Boden gelockert. Zwischenfrüchte können stofflich, energetisch oder zur Nährstoff- und Humusanreicherung des Bodens (Gründüngung) genutzt werden. Ihr Anbau kann jedoch auch Nachteile mit sich bringen. Im Spätherbst nach der Hauptkultur angebaute Zwischenfrüchte haben nur einen kurzen Anwuchszeitraum vor dem Winter. Außerdem konkurrieren Untersaaten und Zwischenfrüchte um Wasser mit den Hauptkulturen. Durch frühzeitiges Abernten der Zwischenfrüchte kann jedoch der Wasserverbrauch verringert werden (Alsing 1992). Bei Untersaaten besteht Durchwuchsfähigkeit in die Hauptkultur hinein. Aufgrund zusätzlicher Kosten (Saat, Düngemittel) und möglicher Ertragsbeeinträchtigungen oder Lagerbildung bei der Deckfrucht ist die Untersaat nur wenig verbreitet (LBP 2000; Lütke Entrup/Oemichen 2000).

Das Zweikulturnutzungssystem sieht eine ganzjährige Bodenbedeckung durch landwirtschaftliche Kulturen vor (Scheffer 1998). Durch den Anbau einer zweiten Kultur wird die flächenspezifische Bewirtschaftung intensiviert und es kann dadurch zu einer Erhöhung der Umweltbelastung kommen. Um die Umweltverträglichkeit dieses Anbauverfahrens zu erhöhen, sollten deshalb nach Möglichkeit Mischkulturen eingesetzt und pfluglose Direktsaatverfahren angewandt werden. Der Wasserentzug dieses Anbausystems ist verhältnismäßig hoch, weshalb es ohne Bewässerung bisher nur in Gebieten mit mehr als 600 mm Jahresniederschlag zur Anwendung kommt (KTBL 2006a). Problematisch ist außerdem, dass nach der späten Ernte der Zweitkultur kein erfolgreicher An-

bau einer Winterzwischenfrucht mehr möglich ist und es dadurch zu Wind- und Wassererosion, Humusabtrag sowie Nähr- und Schadstoffausträgen kommen kann. Insgesamt gibt es zum Zweikulturanbau bisher nur wenige Praxiserfahrungen.

3.4 Bodenbearbeitung und Saat

Die Umweltverträglichkeit des Energiepflanzenanbaus kann durch eine konservierende Bodenbearbeitung, d. h. einen Pflugverzicht, verbessert werden. An Stelle des Pflugs werden nichtwendende Bearbeitungsgeräte (z. B. Grubber, Scheibeneggen), die den Boden weitgehend in seinem Aufbau belassen, eingesetzt. Die Ernterückstände (z. B. Stroh) verbleiben als Mulchmaterial nahe oder an der Bodenoberfläche. Als Vorteile der pfluglosen Bearbeitung sind zu nennen:

- Stickstoffbindung und Verringerung der Stickstoffauswaschung,
- effiziente Nutzung des Bodenwassers durch eine reduzierte Verdunstungsrate und verbesserte Wasserretention,
- Erhöhung der bodenbiologischen Aktivität,
- Erhalt der Bodenstruktur und dadurch Erosionsschutz,
- Erhalt des Kohlenstoff-/Humusgehalts im Boden und der Bodenfruchtbarkeit sowie Reduzierung der Treibhausgasemissionen aus dem Boden (Hellebrand et al. 2005).

Bei der Direktsaat wird auf jegliche Bodenbearbeitung verzichtet und das Saatgut in den unbearbeiteten Boden abgelegt. Erfolgt die Direktsaat nach einer vorhergehenden flachen Bodenbearbeitung, handelt es sich um das Mulchsaatverfahren im Rahmen der pfluglosen Bodenbearbeitung (Köller 1998). Ein wesentlicher Vorteil der Direktsaat ist die Erhöhung des Humusgehalts, da die Mineralisation nach der Bodenbearbeitung entfällt (Köller 1998). Durch den flächendeckenden Einsatz der konservierenden Bodenbearbeitung und der Direktsaat könnte die Freisetzung von CO₂-Emissionen aus dem Boden global um 16 Prozent reduziert werden (Köller 1998). Wesentliche Nachteile des Mulchsaatverfahrens und insbesondere des Direktsaatverfahrens sind die erhöhte Gefahr von Infektionsketten und die schlechten Keimungsbedingungen für feinsämige Kulturen wie Raps.

Dem Risiko der Bodenverdichtung kann auch durch eine Verringerung der mechanischen Bodenbelastungen begegnet werden. Dies ist durch folgende Maßnahmen möglich:

- Verringerung der Anzahl der Feldüberfahrten und der Bearbeitungsintensität,
- Anpassung der Bearbeitungszeitpunkte an die Bodentragfähigkeit,
- Verbesserung der Bodentragfähigkeit durch Begrünung,
- Einsatz von Fahrzeugen mit breiter Bereifung, geringem Reifendruck und geringer Radlast,

- extensive Bewirtschaftung der Standorte mit eingeschränkter Flächenbefahrbarkeit (Bodentragfähigkeit).

Trotz der genannten Möglichkeiten werden in der Praxis die Schläge teilweise zu ungeeigneten Zeitpunkten befahren, um den Ertrag oder die Qualität des Ernteguts beispielsweise durch den Einsatz von Dünger und Pflanzenschutzmitteln zu sichern oder zu steigern. Diese Gefahr ist beim Anbau von Dauerkulturenergiepflanzen deutlich geringer. Allerdings besteht hier eine erhöhte Gefahr mechanischer Bodenbelastungen durch den Einsatz schwerer Erntemaschinen und Fahrzeuge für den Abtransport großer Erntemengen.

3.5 Düngung und Pflanzenschutz

Grundsätzlich sollten Dünger und Pflanzenschutzmittel unter Berücksichtigung der Bestandsentwicklung und des Schadschwellenprinzips eingesetzt werden, um die damit verbundene Gefahr von Umweltbelastungen zu verringern. Eine angepasste Stickstoffdüngung beispielsweise führt zu einer geringeren Nitratauswaschung und Eutrophierung von Gewässern und einer Verminderung von Lachgasemissionen. Schätzungen zufolge wird ungefähr die Hälfte des in der Landwirtschaft eingesetzten Stickstoffs ausgewaschen oder entweicht als Treibhausgas (WWF 2007).

Mit modernen, intelligenten Techniken zur bedarfsgerechten Ausbringung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln kann die Applikationsmenge kleinräumig variiert und teilflächenspezifisch angepasst werden (Precision Farming). Diese Verfahren sind jedoch in der Praxis wenig verbreitet, da die Kosten für die Erfassung schlagspezifischer Bodenparameter und die Investitionen für die erforderliche Applikationstechnik im Durchschnitt – mit Ausnahme flächenstarker Betriebe oder bei überbetrieblichem Einsatz – deutlicher höher sind als die damit erzielbaren Betriebsmitteleinsparungen (Rösch/Dusseldorf 2007).

Die Applikation von Düngern kann aber auch optimiert werden, indem präzisere Applikationstechniken wie die Injektions-, Cultan⁵-, oder Schlauchverfahren⁶ eingesetzt werden. Dies ist insbesondere bei Reihenkulturen sinnvoll. Die Injektions- und Cultandüngung sind allerdings mit der Anschaffung neuer Applikationstechnik verbunden.

Der Anbau von Energiepflanzen zur thermischen Nutzung kann zu einer Verringerung des Einsatzes an Pflanzenschutzmitteln führen, weil prinzipiell Unkräuter und kranke Pflanzen mit verwertet werden können (Karpenstein-Machan 2005; KTBL 2006a). Wenn die Ernte der Energiepflanzen vor der Samenreife der Wildpflanzen erfolgt, kann der Pflanzenschutzmitteleinsatz auch beim

⁵ Das Cultanverfahren ist eine besondere Form der Stickstoffgabe, bei dem gezielt ein Ammoniumdepot in den Wurzelraum der Pflanzen injiziert wird. Das Ammonium wird im Boden sorbiert und unterliegt einer geringen Auswaschungsgefährdung (Mastel 2007).

⁶ Die Schlauchdüngung ist eine besondere Form der bodennahen Gülle- bzw. Gärrestaubsbringung.

Anbau von Biogaspflanzen reduziert werden (KTBL 2006a; Scheffer 1998). Bei einem nachfolgenden Anbau von Marktfrüchten kann jedoch als Folge einer höheren Verunkrautung und Infektionsgefahr ein verstärkter Pflanzenschutzmitteleinsatz erforderlich werden.

Eine Düngemittelreduzierung ist im Energiegetreideanbau möglich, da eine Stickstoffgabe zur Erzielung hoher Proteingehalte nicht nur nicht erforderlich ist, sondern die Brennstoffqualität verschlechtern kann. Auch bei anderen Kulturen und Nutzungspfaden wäre theoretisch eine Düngemittelreduzierung möglich. Hier besteht noch Forschungsbedarf. In der Praxis werden die Dünger- und Pflanzenschutzmengen jedoch nicht eingeschränkt, weil der überwiegende Teil der bislang angebauten Kulturen je nach Markt- und Preislage sowohl für Nahrungs- als auch Energiezwecke nutzbar ist (Rode et al. 2005).

Negative Umweltauswirkungen infolge der Ausbringung von Düngern können durch die Anpassung der Applikationszeitpunkte an die Bodenbedeckung und die Aufnahmefähigkeit der Pflanzen vermieden werden. Durch einen Verzicht auf eine Herbstdüngung können das Grundwasser und Oberflächengewässer vor einem Nährstoffeintrag geschützt werden. Aufgrund begrenzter Lagerkapazitäten für Gülle und Gärreste wird in der Praxis Wirtschaftsdünger jedoch auch zu ungünstigen Zeitpunkten wie im Oktober oder im Februar appliziert. Zudem ist die Ertragssteigerung bei der Düngemittelapplikation häufig wichtiger als der Emissionsschutz, daher werden ungeeignete Düngungszeitpunkte oft nicht vermieden.

3.6 Ernte

Der Erntezeitpunkt und die Wahl des Ernteverfahrens beeinflussen die Agrobiodiversität: Je größer die Zeiträume zwischen Ernteterminen sind, desto seltener werden die Agrarlebensräume von Flora und Fauna gestört. Kurzumtriebsplantagen, die nur alle drei bis zehn Jahre geerntet werden, haben demzufolge eine andere Artenzusammensetzung als einjährige Kulturen. Bei Kulturen mit mehrmaligen Ernteterminen pro Jahr wie bei intensiv genutztem Grünland oder der Zweikulturnutzung ist darauf zu achten, dass die Erntezeitpunkte an die Brutzeiträume von Bodenbrütern angepasst werden. Das Abweichen von optimalen Erntezeitpunkten ist mit Ertragseinbußen verbunden, welche finanziell ausgeglichen werden müssten. Ist dieser Ausgleich geringer als die Ertragseinbußen, ist die Einhaltung von ökologisch sinnvollen Erntezeitpunkten für den Landwirt wirtschaftlich nicht attraktiv. Eine verbindliche Vorgabe zu den Erntezeitpunkten ist nur in Schutzgebieten möglich.

Der Verbleib von Ernterückständen wie Stroh auf der Fläche schützt den Boden vor Erosion und fördert den Humusaufbau. Zudem sind eine Reduzierung der Bodenwasserverdunstung und eine positive Beeinflussung des Grundwasserdargebots möglich. Mit der energetischen Nutzung des Strohs werden dem Feld Nährstoffe und humusbildende Stoffe entzogen (Rode et al. 2005). Bei der Entscheidung, ob die Ernterückstände energetisch genutzt werden können oder zum Humuserhalt auf dem Feld verbleiben sollten, können Humusbilanzierungsmodelle hel-

fen. Der Arbeitsaufwand für eine feldspezifische Humusbilanzierung ist allerdings relativ hoch. Auch auf humusarmen Böden kann eine Strohabfuhr sinnvoll sein, wenn verhindert werden soll, dass über das nichteingearbeitete Stroh Infektionen auf Folgekulturen übertragen werden.

3.7 Reststoffverwertung

Die Rückstände aus der energetischen Nutzung von Biomasse (Gärrückstände, Schlempe u. Asche) können zur Kreislaufführung von Nährstoffen beitragen, wenn diese bedarfs- und fachgerecht auf die Felder zurückgebracht werden und die darin enthaltenen Nährstoffe pflanzenverfügbar sind. Die Rückstände aus der Biogaserzeugung besitzen eine hohe Düngequalität, können jedoch auch erhebliche Methanmengen emittieren, wenn die Substrate nicht vollständig ausgefault sind. Maßnahmen zur Emissionsminderung beim Umgang mit Gärresten sind nach Reinhold (2005):

- Abkühlung der Biogärreste vor der Applikation,
- Homogenisierung vor der Ausbringungsperiode sowie
- Nutzung von Schutzpflanzungen u. Ä. zur Emissionsminderung.

Der Nährstoffgehalt von Gärrückständen unterliegt großen Schwankungsbreiten. Es sind deshalb regelmäßige Untersuchungen notwendig, um die Gärrückstände bedarfsgerecht ausbringen zu können (Dederer 2006). Diese verursachen allerdings zusätzliche Kosten.

Bei der Ausbringung von Aschen aus der thermischen Verwertung von Energiepflanzen ist auf die Vermeidung von Verlusten und dadurch bedingten Staubbelaastigungen zu achten. Vetter (2007) und Holzner (2006) empfehlen, die Asche vorher anzufeuchten bzw. in Gülle und Mist einzumischen, verweisen zugleich aber auf den Forschungsbedarf zu diesem Thema. Die Praxiserfahrungen zur Applikation von Aschen sind gering. Zudem fehlt bislang eine Gesetzesgrundlage zur Ausbringung von Aschen auf Landwirtschaftsflächen. Daher ist die Verwertung der Aschen bisher nur gering verbreitet (Vetter 2007).

3.8 Kurzumtriebsplantagen

Der Anbau von schnellwachsenden Baumarten (Weiden, Pappeln, Robinien etc.) unterscheidet sich deutlich vom Anbau einjähriger krautiger Energiepflanzen. Deshalb werden in einem eigenen Kapitel hier Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit von Kurzumtriebsplantagen dargestellt.

Bei der Neuanlage einer Kurzumtriebsplantage besteht die Gefahr der Bodenerosion durch Wind oder Wasser, weil zu diesen Zeitpunkten der Boden nur teilweise oder gar nicht bedeckt ist. Besonders gefährdet sind sandige Böden in offenen Lagen und schluffreiche Böden an Standorten mit Hangneigung. Ein Erosionsschutz über Unter- oder Beisaaten wird nicht empfohlen, da diese das Wachstum der Bäume beeinträchtigen können. Wenn

möglich sollten die Baumreihen hangparallel gepflanzt werden, um Bodenerosion durch Wasser zu vermindern. Eine Anordnung der Baumreihen quer zur Hauptwindrichtung kann die Winderosion reduzieren. Die Bodenerosion auf den unbepflanzten Vorgewendebereichen kann durch die Schaffung einer Grasnarbe oder eines Naturschutzstreifen weitgehend unterbunden werden.

Mit seinen umfangreichen Wurzel- und Ernterückständen trägt der Anbau von Kurzumtriebsplantagen zum Erhalt und Aufbau von Humus bei. Die lange Bodenruhe von der Anlage eines Bestandes bis zu dessen Rekultivierung verringert das Risiko von Emissionen aus Kurzumtriebsplantagen. Zur Rekultivierung der Anlagen (Beseitigung der Wurzelstöcke nach Aufgabe der Kurzumtriebsflächen durch ca. 40 cm tiefes Fräsen) bedarf es jedoch einer intensiven Bodenbearbeitung zur Entfernung der Wurzelstöcke. Während und nach der Rekultivierung können CO₂-Emissionen durch die Mineralisierung von Wurzelmasse und Humusabbau entstehen, ähnlich wie beim Umbruch von Grünland. Um einen solchen Humusabbau nach der Rekultivierung zu vermeiden, müssten die Plantagen dauerhaft angelegt werden. Der dabei freigesetzte Stickstoff könnte durch den Anbau einer stickstoffzehrenden Folgefrucht aufgefangen werden, sodass Nitrateinträge ins Grundwasser zumindest verringert würden. Insgesamt besteht zu den Folgen einer Rekultivierung noch Forschungsbedarf.

Der Einfluss von Kurzumtriebsplantagen auf den Grundwasserhaushalt hängt vom Wasserbedarf der angebauten Baumart (Robinie, Pappel, Weide) und von der Wasserverfügbarkeit des Standorts (grundwasserentfernte Mittelgebirgsstandorte oder grundwasserbeeinflusstes Tiefland) ab. Schnellwachsende Baumarten benötigen weniger Wasser als klassischer Nadelwald, aber deutlich mehr Wasser als einjährige landwirtschaftliche Kulturen. Dafür wachsen Pappeln oder Weiden auch auf Flächen mit höheren Grundwasserständen. Um die höheren Verdunstungsraten der Bäume zu kompensieren, sollten bestehende Entwässerungsmaßnahmen im Tiefland angepasst werden. Eine Bewässerung sollte nur erfolgen, um kritische Niederschlags- bzw. Trockenheitssituationen im Jahr der Anpflanzung zu überbrücken und so die Bestandssicherung zu gewährleisten.

Die Funktion von Kurzumtriebsplantagen als Lebensraum für Fauna und Flora hängt von der Struktur und Artenzusammensetzung der Bestände und ihrer Lage im Raum ab. So kann z. B. ein Mischanbau verschiedener Baumarten die Lebensraumqualität und die Ertragssicherheit des Bestandes verbessern. Auch durch eine streifenförmige, biotopvernetzende Anlage der Plantagen könnte die Lebensraumvielfalt einer Landschaft gesteigert werden. Die positiven Effekte für den Biotopverbund kommen jedoch nur zum Tragen, wenn Gebiete und Flächen genutzt werden, deren Bepflanzung mit Kurzumtriebsplantagen aus ökologischer Sicht vorteilhaft ist. Auf Flächen mit schützenswerten Arten der Segetalflora und -fauna bzw. des Offenlandes sollte die Anpflanzung von Kurzumtriebsplantagen dagegen vermieden oder unterbunden werden.

Die Nutzung heimischer Baumarten (Sal- u. Korbweiden, Hainbuche, Linde, Birke, Hasel etc.) könnte die Agrobiodiversität stärker befördern als andere Baumarten. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass es sich hierbei um ertragsschwächere Arten handelt, deren Anpflanzung finanzielle Einbußen für die Betriebe zur Folge hätte.

Die Anlage von Kurzumtriebsplantagen stellt einen starken und anhaltenden Eingriff in das bestehende Landschaftsbild dar und wird deshalb meist als negativ empfunden. In ausgeräumten, von großen Ackerschlägen geprägten Landstrichen und in Grünlandgebieten mit nur geringem Wald- und Gehölzanteil könnten schnellwachsende Baumarten jedoch zu einer Belebung des Landschaftsbildes führen (Röhrich/Ruscher 2003). Dies setzt jedoch voraus, dass die Anlagen durch begleitende Maßnahmen, wie z. B. Einbindung vorhandener Landschaftselemente (z. B. Feldgehölze), Untergliederung in Teilareale, unterschiedliche Nutzungszyklen und Anlage von naturnahen Saum- und Randstrukturen, gut in das Landschaftsgefüge integriert werden. In Regionen mit hohem Waldanteil dürfte die Anpflanzung von Kurzumtriebsplantagen dagegen meist negativ gesehen werden, insbesondere wenn dort als Folge der Aufgabe von Grünland der Waldanteil in der Vergangenheit bereits angestiegen ist.

In Tabelle 24 werden die Gestaltungsoptionen für einen umweltverträglichen Energiepflanzenanbau mit den Schutzgütern und für diese potenziell bestehenden kritischen Punkte des Energiepflanzenanbaus in Verbindung gesetzt. Damit wird erkennbar, welche Maßnahmen zur Verhinderung bzw. Abmilderung welcher kritischen Punkte geeignet sind.

4. Exkurs: Klimawandel und Energiepflanzenanbau

Die landwirtschaftliche Produktion ist in hohem Maß klima- und witterungsabhängig. Die mit dem Klimawandel verbundenen Veränderungen von Temperaturen (häufiger Hitzestress, milde Winter mit wenig Frost) und Niederschlägen (zahlreiche Extremniederschläge und Trockenperioden) wirken sich auf den Energiepflanzenanbau aus (Tab. 25). Untersuchungen zu einzelnen Auswirkungen des Klimawandels, z. B. auf die Phänologie (Estrella et al. 2007), Erträge und den Wasserhaushalt (Eulenstein et al. 2007) oder ökonomische Aspekte (Berg/Schmitz 2007; Lipps/Bolli 2007), liegen vor. Darüber hinaus existieren für einige Bereiche Anpassungsmaßnahmen, die jedoch wenig erprobt sind. Eine systematische Zusammenstellung der Herausforderungen und regional- oder betriebsspezifische Anpassungsstrategien der Landwirtschaft an den Klimawandel fehlen dagegen. Hier besteht noch Forschungsbedarf.

Der Klimawandel dürfte vor allem in Regionen, deren Böden keine größeren Wassermengen speichern können, eine Zunahme von Wasserstress zur Folge haben. Anhaltende Frühjahrs- und Sommertrockenheiten können, wie die vergangenen Jahre (2003, 2006 u. 2007) gezeigt haben, zu erheblichen Ertragsverlusten bis hin zu Totalausfällen führen (MLUV 2007). Zur Erhöhung der Wassereffizienz und Vermeidung von Wasserknappheit existieren verschiedene Einzelmaßnahmen.

Tabelle 24

Anpassung der Produktionselemente im Energiepflanzenanbau zur Vermeidung negativer Auswirkungen auf die Schutzgüter

Produktionselement	Erläuterungen siehe Kapitel	Maßnahme	Boden			Wasser			Luft/Klima		Tiere/Pflanzen	
			Wind-, Wasser-erosion	Humusverlust	Bodenverdichtung	Nährstoff-austrag	Schadstoff-austrag	Reduzierung des Grundwasserabtrags	Veränderung des Mikro-, Lokal-, Regionalclimas	Emissionen		
Standortwahl	5.1.1.	höhenlinienparallele Bewirtschaftung in Hanglagen Erosionsschutzstreifen Pufferstreifen in Gewässernähe Reduzierung des Dünge- und PSM-Einsatzes in grundwassergefährdeten Gebieten Schaffung von Biotopschutzstreifen Erhalt von Grünland Erhalt von Moorböden	+	+	0	+	+	+	k.A.	0	+	
			+	+	0	+	+	+	k.A.	k.A.	+	
			0	0	0	+	+	+	k.A.	k.A.	+	
Fruchtfolge	5.1.2.	Einhaltung vielfältiger Fruchtfolgen Zwischenfruchtanbau und Untersaaten Zweikulturanbau	+	+	+	+	+	+	k.A.	+	+	
			+	0	0	0	0	-	+	0	0	
Sortenwahl/ Mischungen	5.1.3.	Mischkulturanbau Verzicht auf invasive Arten verstärkter Anbau von mehrjährigen und Dauerkulturen	k.A.	k.A.	k.A.	+	+	+	k.A.	+	+	
			k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	0	+	k.A.	+	
Bodenbearbeitung/ Saat	5.1.4.	pfluglose Bodenbearbeitung, Direkt- und Mulchsaat bodenschonende Feldbefahrung	+	+	0	+	+	+	+	+	0	
			0	0	+	+	0	+	+	k.A.	0	
Düngung, Pflanzenschutz Bewässerung	5.1.5.	bedarfsgerechter Düngemittel- und PSM-Einsatz Reduzierung des Anbaus von bewässerungssensitiven Kulturen	k.A.	0	k.A.	+	+	+	0	+	+	
			0	0	k.A.	+	+	+	k.A.	+	+	
Ernte	5.1.6.	Anpassung der Erntezeit und -häufigkeit an Habitatanforderungen begrenzte energetische Nutzung von Kopplungsprodukten	0	0	0	0	0	0	0	0	+	
			+	+	0	0	0	+	+	0	0	
Reststoffverwertung	5.1.7.	bedarfs- und fachgerechte Ausbringung von Konversionsreststoffen	0	+	0	+	+	+	0	0	+	
			+	+	0	+	+	+	0	0	+	
Agrarholz	5.2.	Einsaat einer Grasnarbe im Vorgewende* Bewässerung nur nach Bedarf in der Anwachphase* Anbau verschiedener Arten und Sorten in reihenweiser Mischung Nutzung heimischer Gehölzarten (Hasel, Birke, Hainbuche) anstelle von Zuchthybriden Beachtung von Sichtachsen in der Landschaft bei der Anlage von Agrarholzbeständen	+	+	+	+	+	+	0	+	+	
			0	0	0	0	0	+	0	0	0	
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* nur relevant vor bzw. im Jahr der Anpflanzung

Problem Agrarholzflächenrekultivierung: Rückgang des Humusgehalts, Zunahme von Emissionen (CO₂, N₂O) und evtl. Stoffaustrag (NO₃) ins Grundwasser

+ = positive Wirkung / 0 = indifferente Wirkung / - = negative Wirkung / k.A. = keine Angabe möglich

Quelle: Aretz et al. 2008

Weiter ist darauf zu achten, das Niederschlagswasser länger auf den Landwirtschaftsflächen zu halten, um dem Pflanzenbestand auch bei ungleichmäßigeren Niederschlägen eine ausreichende Wasserversorgung bieten zu können. Die Entwässerungssysteme der Anbauflächen müssen entsprechend angepasst und ggf. Retentionsflächen reaktiviert werden. Nimmt in grundwasserfernen und niederschlagsarmen Standorten der mittlere Grundwasserspiegel klimabedingt ab, ist ein Kulturwechsel hin zu tiefwurzelnden Energiepflanzen wie den schnellwachsenden Baumarten denkbar, welcher jedoch die angespannte Wasserversorgung zusätzlich verschärfen würde.

Den Klimaänderungen kann auch mit dem Anbau klimangepasster Pflanzenarten und -sorten sowie einer große-

ren Vielfalt an Kulturen und Anbausystemen begegnet werden (Graß 2008). Limitierend für den Zweikultur-, Misch- und Zwischenfruchtanbau könnte jedoch die Wasserverfügbarkeit sein.

Höhere Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre steigert das Pflanzenwachstum (Moritz 2008; Wrage et al. 2008). Bei einem Temperaturanstieg von 1 bis 3 °C wirkt sich dies positiv auf die Ertragsbildung von Getreide aus. Dagegen kann ein Temperaturanstieg von über 3 °C das Risiko von Ertragsausfällen erhöhen (Moritz 2008). Wie sich die Getreideanteile in den Fruchtfolgen entwickeln, hängt von den örtlichen Temperaturänderungen ab und ist zum jetzigen Zeitpunkt ungewiss. Auch für den Kartoffelanbau können keine klaren Entwicklungstendenzen ab-

Tabelle 25

**Erwartete Veränderung der Wetterereignisse innerhalb der nächsten drei Jahrzehnte nach dem
4. Sachstandbericht des IPCC**

Wetterelement	erwartete Veränderung	Verlässlichkeit	Auswirkungen
Temperatur	1,7 °C wärmer als 1900, v. a. Winter und Nächte wärmer	sehr gut	früherer Pflanzenaustrieb, vermehrter Hitzestress
Hitzeperioden	häufiger, stärker	sehr gut	hohe Gesundheitsbelastung und Stress für die Biosphäre, mehr Waldbrände
Alpengletscher	60 % Flächen-/80 % Massenverlust zu 1850	sehr gut	extreme Abflussschwankungen
Meeresspiegelanstieg	ca. 10 cm gegenüber heute	sehr gut	Gefährdung der Nord- und Ostseeküste
Niederschlag	Sommer trockener, Herbst und Winter nasser mit mehr Regen statt Schnee, Ergiebigkeit von Einzelereignissen deutlich höher	gut	erhöhte Überschwemmungsgefahr
Trocken- bzw. Dürreperioden	häufiger	befriedigend	Land- und Energiewirtschaft und Binnenfischerei betroffen, erhöhtes Waldbrandrisiko
Gewitter	intensiver	befriedigend	erhöhte Risiken durch Starkregen, Hagel, Sturmböen
Blitze	viel häufiger	gut	erhöhte Schäden
Tornados	häufiger	gering	erhöhte Schäden
Sturmfluten	bis zu 20 cm höher auflaufend	gut	stärkere Gefährdung der Nordseeküste
außertropische (Winter-)Stürme	heftigere, evtl. weniger Stürme bei veränderten Zugbahnen	unsicher	erhebliches Schadensrisiko

Quelle: DMG 2007

geleitet werden: Zwar führt die Klimaerwärmung tendenziell zu höheren Erträgen, die Wetterextreme hätten jedoch stärkere Ertragsschwankungen zur Folge (Moritz 2008). Der Maisanbau würde von einem Temperaturanstieg profitieren, denn diese Kultur zeichnet sich durch eine hohe Hitzetoleranz aus und wird durch eine Verlängerung der Vegetationszeit begünstigt (Schönberger 2008; Wrage et al. 2008). Durch die höheren Herbst- und Wintertemperaturen werden sich die Winterungen schneller als bisher entwickeln, wodurch es jedoch zu stärkeren Ausfällen bei auftretenden Frösten kommen kann (Schönberger 2008; Wrage et al. 2008).

Bei der Sortenwahl wird besonderer Wert auf erhöhte Strahlungsresistenz, frühere und schnellere Abreife, Trockenheitsresistenz und Resistenzen gegen Krankheiten und Schädlinge gelegt werden müssen. Es ist zu erwarten, dass die Pflanzenzüchtung angepasste Pflanzensorten entwickeln wird. Allerdings kann noch nicht eingeschätzt werden, welchen Beitrag die Züchtung zur Anpassung leisten kann. Zudem gibt es Kulturpflanzen, z. B. im mediterranen Raum, die bereits heute unter den zu erwartenden Umweltbedingungen gute Erträge erzielen.

Maßnahmen zur Anpassung der Anbauverfahren an den Klimawandel betreffen vor allem die Bodenbearbeitung, da Klimaänderungen die Erosionsgefahr erhöhen können: Die Winderosionsanfälligkeit steigt durch die zunehmende Bodentrockenheit, Extremniederschläge begünstigen die Wassererosion. Der Bedarf an Maßnahmen zur Minderung der Bodenerosion und zum Erhalt des Bodenwassers, wie pfluglose Bodenbearbeitung und Mulch-/Direktsaat, dürfte zunehmen. Ein Anbau von Zwischenfrüchten ist nur an bestimmten Standorten ratsam, da sie den Folgekulturen knappes Bodenwasser entziehen und Wasserknappheiten verstärken können.

Eine Reduzierung der Bearbeitungsintensität schont nicht nur die Wasserreserven des Bodens, sondern erhöht auch den Humusgehalt insbesondere im oberflächennahen Bereich (Anonym 1993). Bei konservierenden Verfahren werden die Pflanzenrückstände durch Mineralisierung und die Tätigkeit der Regenwürmer verringert. Trockenperioden stoppen die Mineralisierung und verringern die Mobilität der Regenwürmer. Die konservierende Bodenbearbeitung sowie die Direktsaat sind deshalb den sich verändernden klimatischen Bedingungen anzupassen.

Eine differenzierte Kenntnis der Bodeneigenschaften wird zukünftig ebenfalls an Bedeutung gewinnen. Eine Einteilung der Flächen in Bereiche mit unterschiedlichem Wasserspeichervermögen (nutzbare Feldkapazität) könnte beispielsweise dazu beitragen, die Bewirtschaftungsmaßnahmen besser an die Standortbedingungen anzupassen. Bei einer Verlängerung der Vegetationszeiten und einer ausreichenden Wasserversorgung, können die Saatzeitpunkte je nach Region für Winterungen später gewählt werden, bei Raps um ca. zwei (Brandenburg) bis drei (Rheinland) Wochen (Schönberger 2008).

Der Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln ist ebenfalls an die sich verändernden klimatischen Bedingungen anzupassen. Hinsichtlich der zukünftigen Dün-

gungsplanung ist zu berücksichtigen, dass nassmilde Herbste und Winter folgende Auswirkungen auf den Nährstoffhaushalt des Bodens haben:

- schwankende Stickstoffdynamik im Boden durch wechselnde Aktivität der Bodenorganismen,
- erhöhte Stickstoffverluste (auf schweren Böden durch Denitrifikation und auf leichten Böden durch Auswaschung) und
- höhere Nährstoffverfügbarkeit an Tonmineralen (v. a. Kalium) und verstärkte Kalkauswaschung (Schönberger 2008).

Zur Begrenzung dieser Auswirkungen bedarf es eines effizienteren Düngemanagements mit intensiverem Flächenmonitoring und präziseren Applikationsverfahren.

Steigende Durchschnittstemperaturen verstärken den Befall mit Krankheiten und Schädlingen (Schönberger 2008). Beispielsweise kann beim Kartoffelanbau ein erhöhter Infektionsdruck mit Krautfäule und Schädlingen auftreten (Moritz 2008). Dies hat einen höheren Pflanzenschutzaufwand zur Folge.

Trockenheiße Sommer können den Bewässerungsbedarf in landwirtschaftlichen Kulturen ansteigen lassen (Schittenhelm et al. 2007). Wenn zur Ertragssicherung verstärkt bewässert wird, verschärft sich die Konkurrenz um das Grundwasser im Energiepflanzenanbau und in der gesamten Landschaft. Ist eine Zusatzbewässerung nicht möglich, werden standortangepasste Energiefruchtfolgen mit wärmeliebenden Pflanzen mit hoher Wassernutzungseffizienz wie Futterhirse und Sudangras eine wichtige Rolle spielen (Schittenhelm et al. 2007).

Höhere Durchschnittstemperaturen führen dazu, dass die Energiepflanzen schneller abreifen und die Erntezeitpunkte vorgezogen werden können. Im Sommer bleibt somit mehr Zeit für die Ernte (Schönberger 2008). Durch auftretende Extremniederschläge kann es allerdings zu verstärkter Lagerbildung und Ernteverzögerungen durch mangelnde Flächenbefahrbarkeit wegen der Bodennässe kommen.

Die Anbaueignung von Energiepflanzen kann sich mit dem Klimawandel ändern. Entscheidend sind dafür das zu erwartende Ertragsniveau und die Ertragssicherheit. Die stärkeren Witterungsschwankungen erschweren allerdings die Anpassung der Kulturen, Fruchtfolgen und Anbauverfahren.

Von den diskutierten Anpassungen des Anbaus einjähriger Energiepflanzen an den Klimawandel sind für Kurzumtriebsplantagen vorwiegend die Standort- und Sortenwahl und die Bewässerung relevant.

Kurzumtriebsplantagen auf grundwassernahen Standorten (z. B. im Tiefland) sind weniger vom Klimawandel betroffen als einjährige Kulturen. Vielmehr könnten höhere Durchschnittstemperaturen die Vegetationszeit verlängern und so zu Ertragssteigerungen führen. Wassersättigungen des Bodens infolge hoher Winter- oder Frühjahrsniederschläge oder längere Trockenperioden im Sommer können sie besser tolerieren als einjährige Kultu-

ren, bei denen ggf. Totalausfälle (z. B. Wintersaaten in vermoorten Niederungen) die Folge sein können.

Klimabedingte Änderungen in der Niederschlagsverteilung können für Neuanpflanzungen, unabhängig davon, ob der Standort grundwassernah oder grundwasserfern ist, problematisch sein. Bei zu geringen oder gar fehlenden Niederschlägen in den ersten Wochen nach der Anpflanzung kann eine Bewässerung vornehmlich auf Standorten mit leichten, sandigen Böden notwendig sein, um das Überleben der Jungpflanzen zu gewährleisten. Bereits etablierte Kurzumtriebsbestände werden durch längere Trockenperioden nicht letal geschädigt, zeigen aber auf grundwasserfernen Standorten nur geringe Ertragszuwächse. Vor allem in Regionen mit wenig Sommerniederschlag wie in Teilen Brandenburgs, Mecklenburg-Vorpommerns und Sachsens wird das Ertragspotenzial von Kurzumtriebsplantagen auf grundwasserfernen Standorten durch den Klimawandel eingeschränkt.

Von den Anpassungsstrategien für einjährige Energiepflanzen sind für Kurzumtriebsplantagen auf grundwasserfernen Standorten vor allem eine langfristig angelegte Züchtung auf erhöhte Trockenheitstoleranz und Resistenzen gegen Krankheiten und Schädlinge bedeutsam. Für die Etablierungsphase bedarf es einer Anpassung der Pflanzverfahren (Länge der Stecklinge, Furchenpflanzung, Bewässerung, Einsatz von Bodenhilfsstoffen etc.).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Anpassungsstrategien der Produktionsfaktoren an die Klimaänderungen unabdingbar und einige davon bereits in der Anwendung sind. Ökonomische Arbeiten zur Anpassung der Landwirtschaft an den Klimawandel befassen sich bisher vorrangig mit dem Risikomanagement (z. B. Grant et al. 2007). Bewertungen von Anpassungsstrategien und -maßnahmen auf betrieblicher, regionaler und volkswirtschaftlicher Ebene fehlen jedoch.

5. Fazit

Der Energiepflanzenanbau und seine flächenspezifischen Umweltauswirkungen unterscheiden sich nicht grundlegend vom Nahrungs- und Futtermittelanbau, wenn – was bisher häufig der Fall ist – identische Kulturen und Anbauverfahren eingesetzt werden. Ausnahmen sind der Anbau von schnellwachsenden Baumarten und Energiegräsern wie *Miscanthus*. Energiepflanzen sind inzwischen ein integrativer Bestandteil der Landwirtschaft. Daher lassen sich Handlungsempfehlungen, die den Energiepflanzenanbau betreffen, nicht isoliert für diesen formulieren, sondern sie betreffen in der Regel sowohl den Energiepflanzenanbau als auch die Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln.

Die zusätzliche Nachfrage nach Energiepflanzen hat zu einer Ausdehnung der bewirtschafteten Fläche insgesamt und zum Anbau von Kulturen auf Flächen und in Regionen, die bislang nicht für den Anbau dieser Pflanzen genutzt wurden, beigetragen. Im Jahr 2009 wurden in Deutschland auf rund 17 Prozent der Ackerfläche Energiepflanzen angebaut. Umweltrelevant ist jedoch nicht nur der relativ hohe Flächenanteil, sondern auch die ge-

ringe Anzahl an Energiepflanzenarten, die auf dieser Fläche angebaut werden: auf Raps entfallen 50 Prozent der Anbaufläche, auf Mais 30 Prozent und auf Zuckerrübe und Getreide 13 Prozent (FNR 2007). Neben diesen Verschiebungen bei den Flächenanteilen der jeweiligen Kulturpflanzen kann es auch zum Anbau neuer Pflanzenarten und -sorten kommen. Sofern es sich dabei um nichtinvasive, einheimische Arten handelt, geht damit eine positive Erweiterung der Fruchtfolge einher.

Die Wirkung von Energiepflanzen auf die verschiedenen Schutzgüter (Boden, Wasser, Luft/Klima, Tiere/Pflanzen, Landschaftsbild/Erholung) wird maßgeblich durch die standortspezifischen Empfindlichkeiten des Naturhaushalts und die räumliche Ausprägung des Anbaus bestimmt. Aussagen zu größeren räumlichen Ausschnitten wie Regionen oder Bundesländern können nur das Risiko – im Sinne von „Eintrittswahrscheinlichkeit“ – der Wirkungen vieler Bewirtschaftungsfaktoren darstellen und bleiben ungenau. Kulturen und Anbauverfahren, die nicht den Empfindlichkeiten des Standortes gerecht werden, können zu einer Beeinträchtigung der Schutzgüter führen.

Ein umweltverträglicher Anbau von Energiepflanzen könnte auf der Grundlage der verfügbaren Erkenntnisse, fachrechtlicher Regelwerke, Verfahren und Techniken realisiert werden. Jedoch müsste diese Basis an die Ausweitung des Energiepflanzenanbaus angepasst werden. Dies betrifft insbesondere die Herausforderungen bei der Lagerung und Ausbringung von Gärrückständen sowie bei der Überwachung von Nährstoffströmen beim Anbau von Energiepflanzen für Biogasanlagen.

In Abhängigkeit von der vorherigen Flächennutzung kann ein standortangepasster Anbau mehrjähriger Energiepflanzen sogar positive Auswirkungen auf den Boden, den Wasserhaushalt und die Artenvielfalt haben. Insbesondere Kurzumtriebsplantagen weisen im Vergleich zu einjährigen Kulturen eine höhere Stabilität, Elastizität und Resilienz gegenüber Witterungsextremen und Klimaänderungen auf. Sie können im Rahmen des Risikomanagements von landwirtschaftlichen Betrieben daher eine höhere Relevanz erreichen.

V. Zertifizierung biogener Energieträger

In den Jahren 2006 und 2007 mehrten sich die Stimmen, dass die verstärkte Förderung der Biokraftstoffnutzung in den Industrieländern die Gefahr negativer ökologischer und sozioökonomischer Konsequenzen in Exportländern des Südens heraufbeschwören würde. Während vor allem NGOs aus dem Umwelt- und Entwicklungsbereich daraufhin eine grundsätzliche Abkehr von der Förderung von Bioenergieträgern, die in größerem Umfang importiert werden, forderten (z. B. Arbeitsgemeinschaft Regenwald und Artenschutz 2007), setzte sich in der europäischen Politikgestaltung das Konzept der Festlegung von Nachhaltigkeitskriterien und einer entsprechenden Zertifizierung als zentrales politisches Instrument zur Vermeidung von negativen Effekten wie der Abholzung von Regenwäldern und der Missachtung von Landrechten durch.

Mehrere EU-Mitgliedstaaten, insbesondere Deutschland, Großbritannien und die Niederlande, sowie die Schweiz trieben die Entwicklung von Nachhaltigkeitsstandards und Zertifizierungssystemen intensiv voran. Bisher wurde lediglich das britische System (im April 2008) implementiert. Die Aktivitäten in Deutschland und den Niederlanden wurden gestoppt, weil die Europäische Kommission im Januar 2008 einen Vorschlag für eine Richtlinie zur Förderung von erneuerbaren Energien vorgelegt hatte und die darin enthaltenen Nachhaltigkeitsanforderungen Vorgaben für die Mitgliedsländer definieren würden.

Nach der Einigung von Europäischem Parlament und Europäischem Rat im Dezember 2008 wurde die resultierende Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen am 23. April 2009 formal beschlossen und trat am 25. Juni 2009 in Kraft. Sie muss von den Mitgliedsländern innerhalb von 18 Monaten in nationales Recht umgesetzt werden, d. h. bis Ende 2010.

Wie im Folgenden gezeigt wird, sind mit dieser Entscheidung auf EU-Ebene aber längst nicht alle Fragen zum Thema Nachhaltigkeitsanforderungen und Zertifizierung geklärt. So wurden im Vergleich zu den Entwürfen bzw. Vorgaben in Deutschland, Großbritannien und den Niederlanden deutlich weniger Kriterien berücksichtigt. Die Richtlinie sieht eine baldige Überprüfung und ggf. Fortentwicklung der Kriterien vor. Außerdem legt sie nur einen Mindeststandard für Nachhaltigkeitskriterien fest, der von den Mitgliedstaaten im Bereich der gezielten Förderung des Bioenergeträgereinsatzes auch anspruchsvoller gestaltet werden kann.

Den Ausgangspunkt dieses Kapitels bildet ein Überblick über Kernelemente und Gestaltungsoptionen für Zertifizierungssysteme (Kap. V.1). In Kapitel V.2.1 werden dann die aktuellen Richtlinienvorgaben der EU vorgestellt, in Kapitel V.2.2 werden die Situation in Deutschland und in Kapitel V.2.3 der bisherige Ansatz in Großbritannien zusammengefasst. Danach werden existierende freiwillige Zertifizierungssysteme und internationale Initiativen beschrieben, die bei der Implementierung der Zertifizierung eine wichtige Rolle spielen sollen und deren Erfahrungen Hinweise auf Schwachstellen und mögliche Problemlösungen bieten können (Kap. V.3). Kapitel V.4 widmet sich mit Blick auf die weitere Politikgestaltung vier Problemfeldern: der Kompatibilität mit Regeln der WTO, der begrenzten Reichweite von Zertifizierungssystemen, Umsetzungsfragen sowie der möglichen bzw. nötigen Vermeidung von Verdrängungseffekten. Existierende Vorschläge zur Fortentwicklung und Ausdehnung der Nachhaltigkeitskriterien und -anforderungen werden abschließend in Kapitel V.5 vorgestellt.

Die Kapitel V.1 bis V.4 basieren zu großen Teilen auf dem Gutachten von Ecofys (2008). Aktualisierungen und Ergänzungen wurden gemeinsam durch TAB- und Ecofys-Bearbeiter mit Stand Juni 2009 vorgenommen.

1. Kernelemente und Gestaltungsoptionen für Zertifizierungssysteme

Als wichtigste Parameter oder Gestaltungsoptionen, welche die Unterschiede von Zertifizierungssystemen prägen, gelten der Grad der Verpflichtung, die Art der Kriterien und deren Erhebung sowie die Umsetzungsstrategie. Hierbei können hauptsächlich unterschieden werden:

- freiwillige oder verpflichtende Zertifizierung
- Berichtspflicht oder Erfüllungspflicht
- Methode der Treibhausgasbilanzierung
- Erfassung sonstiger ökologischer Kriterien: Kohlenstoffspeicherung, Biodiversität, Bodenqualität, Wassernutzung, Luftreinhaltung
- Berücksichtigung sozialer und ökonomischer Kriterien: Arbeitsbedingungen, Landrechte, Auswirkungen auf Nahrungsmittelpreise/Ernährungssicherung
- Einbeziehung von Verdrängungseffekten
- „Metastandardansatz“: Rückgriff auf existierende Zertifizierungssysteme
- „chain of custody“: Kontrolle der zertifizierten Rohstoffe über die Nutzungskette hinweg, z. B. bei Transport und Weiterverarbeitung

Freiwillige oder verpflichtende Zertifizierung

Freiwillige Zertifizierungssysteme sind oftmals als Reaktion auf ökologische und soziale Missstände im Rahmen zivilgesellschaftlicher Initiativen entstanden. Sie werden schon seit mehreren Jahren genutzt, um ökologische und soziale Standards bei der Produktion von Agrar- und Forstprodukten nachzuweisen (z. B. durch den Forest Stewardship Council, FSC). Da sie auf den Kaufentscheidungen der Konsumenten beruhen, ist ihre Reichweite begrenzt. Die Verantwortung für die nachhaltige Produktion von Konsumgütern wird dabei alleine von den Verbrauchern durch ihre Kaufentscheidung getragen.

Die Einführung von verpflichtenden Zertifizierungssystemen auf den stark wachsenden Bioenergiemärkten wird damit begründet, dass diese Märkte oftmals erst durch staatliche Förderung an Bedeutung gewonnen haben. Die betroffenen Regierungen werden somit dafür verantwortlich gemacht, die negativen Begleiterscheinungen der staatlichen Förderung von Bioenergie zu verhindern. Durch die Einführung von verpflichtenden Zertifizierungssystemen ist es möglich, die Reichweite der Zertifizierung deutlich auszuweiten und alle zur Zertifizierung verpflichteten Unternehmen mit den gleichen Anforderungen zu belegen.

Berichtspflicht oder Erfüllungspflicht

Bei den verpflichtenden Zertifizierungssystemen können zwei Arten unterschieden werden: Entweder wird lediglich eine Berichterstattung zu den Nachhaltigkeitsstandards vorgeschrieben, oder es wird die Erfüllung dieser Standards verlangt. Die EU-Richtlinie enthält eine Erfül-

lungspflicht, wie es auch die deutsche Nachhaltigkeitsverordnung vorsah, während das britische und niederländische System lediglich Berichtspflichten vorsehen bzw. vorsahen (Kap. V.2): Bei letzteren müssen die Kraftstofflieferanten, zum Teil auch Energieversorger, einen öffentlichen Bericht über die Herkunft und die Produktionsweise der angebotenen Biokraftstoffe bzw. des Stroms und der Wärme aus Biomasse vorlegen. Sie sind jedoch nicht verpflichtet, die Nachhaltigkeitsindikatoren, über die sie berichten, auch einzuhalten. Durch die Verpflichtung zur Berichterstattung und die Veröffentlichung der eingereichten Berichte soll es den Konsumenten und NGOs ermöglicht werden, die verschiedenen Unternehmen zu vergleichen und Druck auf diejenigen Unternehmen aufzubauen, die der Berichterstattung und der Einhaltung der Nachhaltigkeitskriterien nur unzureichend nachkommen.

Zertifizierungssysteme mit Berichtspflicht können als Vorstufe zu einem System mit Erfüllungspflicht angesehen werden. Gegenüber Systemen mit Erfüllungspflicht können bei einer Beschränkung auf eine Berichtspflicht Kriterien insbesondere aus dem sozioökonomischen Bereich berücksichtigt werden, die laut WTO-Regeln nur unter besonderen Bedingungen für eine Marktregulierung herangezogen werden dürfen (Kap. V.4.1).

Treibhausgasbilanzierung

Eine Bewertung der Treibhausgasbilanz, d. h. der Verringerung des Treibhausgasausstoßes durch den Einsatz des jeweiligen Bioenergieträgers verglichen mit dem Referenzfall des Einsatzes fossiler Energieträger (mit oder ohne Berücksichtigung von Landnutzungsänderungen beim Anbau der Energiepflanzen), bildet in den existierenden Systemen die Voraussetzung oder Grundanforderung (z. B. laut EU-Richtlinie 35 Prozent Mindestreduktion jetzt, 50 Prozent ab 2017; Kap. V.2). Die Treibhausgasbilanzen können entweder für die zu zertifizierenden Bioenergieträger auf der Basis von in den Zertifizierungssystemen vorgeschriebenen Methoden jeweils berechnet werden, oder es werden Standardwerte für unterschiedliche Rohstoffe, Produktionsweisen und Herkünfte festgelegt.

Ökologische Kriterien

Die typischen ökologischen Kriterien für den Anbau von Energiepflanzen betreffen Kohlenstoffspeicherung, Biodiversität, Bodenqualität, Wassernutzung und Luftreinhaltung. Wie in Kapitel V.2 gezeigt wird, verzichtet die EU-Vorgabe auf eine differenzierte Definition von Schutzgütern und Zielvorgaben für die Produktion von Bioenergieträgern und beschränkt sich stattdessen einerseits auf die Cross-Compliance-Vorgaben in der EU und andererseits den Ausschluss besonders schützenswerter Areale in EU- und Nicht-EU-Ländern. Sowohl die ursprüngliche deutsche Nachhaltigkeitsverordnung als auch das britische und das niederländische System sind bzw. waren hier deutlich differenzierter, mit leichten Unterschieden untereinander (Kap. V.2).

Soziale und ökonomische Kriterien

Die Einbeziehung von sozialen und ökonomischen Kriterien in die Zertifizierungssysteme wird mit entsprechenden inhärenten Risiken der wachsenden Produktion von Bioenergieträgern begründet (SRU 2007, S. 102). Die meisten verpflichtenden Zertifizierungssysteme sind schon ihrem Namen nach dem Anspruch einer nachhaltigen Entwicklung verpflichtet, die nach allgemeinem Verständnis auch die soziale und ökonomische Dimension einschließt. Typische Kriterien sind die Einhaltung von Arbeitsschutzstandards, der Schutz von Landrechten und eine Verhinderung negativer Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit, d. h. die Verfügbarkeit und den Preis von Nahrungsmitteln in den Produktions- bzw. Exportländern der Energiepflanzen.

Festzustellen ist, dass die Systeme mit Erfüllungspflicht, also das der EU und der deutsche Entwurf, auf eine Ausweisung sozioökonomischer Kriterien verzichtet haben, anscheinend mit Rücksicht auf eine mögliche Anfechtung durch die WTO und als Reaktion auf kritische Stimmen der Regierungen der Exportländer, die eine unzulässige Einmischung in ihre nationale Politik- und Wirtschaftsgestaltung moniert haben (Kap. V.2. u. V.4.1).

Verdrängungseffekte

Wie im vorliegenden Bericht ausführlich behandelt, bildet die Frage der Flächkonkurrenzen und davon ausgehender Verdrängungseffekte einen zentralen Diskussionspunkt zu den möglichen (unerwünschten) Folgen der verstärkten Förderung der Energiepflanzennutzung. Angenommen wird, dass ein zusätzlicher Anbau von Bioenergieträgern die übrige landwirtschaftliche Produktion in ökologisch oder sozial sensible Gebiete verdrängen kann.

Eine Zertifizierungsanforderung für Bioenergieträger erfasst zwangsläufig nur diesen, bislang meist eher kleinen Teil der landwirtschaftlichen Produktion in den Herkunftsländern und kann nicht verhindern, dass auf sonstigen Flächen diese Standards nicht eingehalten werden. Eine Verlagerung der vorherigen Produktion auf andere landwirtschaftliche Flächen wäre in erster Näherung (ohne Berücksichtigung von Sekundäreffekten) für die Umwelt folgenneutral (bzw. durch die Standardsetzung auf der Energiepflanzenfläche eventuell sogar vorteilhaft). Ein häufig befürchtetes und vieldiskutiertes Risiko besteht jedoch in der Ausweitung der landwirtschaftlichen Produktion in vormals ungenutzte und häufig wenig berührte Gebiete. Dramatisch negative Effekte auf die Biodiversität sowie die Klimabilanz werden von einer weiteren Abholzung von Regenwald oder von der Nutzung von kohlenstoffreichen Torfböden erwartet (Kap. III.1).

Die bestehenden Nachhaltigkeitsverordnungen schließen Bioenergieträger, die auf solchen vormals ökologisch wertvollen Flächen angebaut werden, aus. Für ein Erfassen und Ausschließen der Effekte von indirekten Landnutzungsänderungen hingegen, z. B. Treibhausgasemissionen, die aus Verdrängungseffekten resultieren, sind in

keinem der Zertifizierungssysteme bislang Kriterien vorgesehen. Zwar gibt es Vorschläge für eine mögliche Berücksichtigung (diese werden in Kap. V.4.4 vorgestellt), aber insgesamt wird von fast allen Experten(gremien) hier das größte ungelöste Problem des Konzepts der Nachhaltigkeitszertifizierung gesehen.

„Metastandard“

Die in Europa entwickelten verpflichtenden Zertifizierungssysteme sind alle als sogenannten Metastandardsysteme angelegt worden, d. h. sie sehen die Möglichkeit vor, dass die konkrete Zertifizierung der Bioenergieträger durch den Rückgriff auf existierende (freiwillige) Zertifizierungssysteme im land- oder forstwirtschaftlichen Bereich erfolgen kann. Ein globales Metastandardsystem existiert im ökologischen Landbau, mit dem quasi verpflichtenden IFOAM-Standard und vielen Subsystemen (z. B. in Deutschland Bioland, Demeter, Naturland).

Bei der Einführung eines Metastandards ist zu berücksichtigen, dass potenziell infrage kommende bestehende Zertifizierungssysteme unter Umständen nicht alle Nachhaltigkeitskriterien des übergeordneten Systems enthalten. Wenn genügend Anreize geschaffen werden, können die Einzelsysteme bereit sein, ihre Kriterienkataloge entsprechend zu erweitern.

Als Vorteile eines Metastandards als übergeordnetes Zertifizierungssystem werden neben der Kosteneffizienz v. a. Akzeptanz und internationale Anschlussfähigkeit angeführt. Mit einer hohen Akzeptanz durch die betroffenen Interessengruppen kann gerechnet werden, weil in den freiwilligen Zertifizierungssystemen die Einbindung der betroffenen Akteure bereits erfolgt ist. Wenn der Metastandard auf freiwillige Zertifizierungen aus vielen verschiedenen Ländern zurückgreift, erleichtert dies eine potentielle internationale Harmonisierung der Zertifizierungssysteme in einem späteren Stadium (Ecofys 2007b; Fehrenbach 2007).

„Chain-of-Custody-Kontrolle“

In allen verpflichtenden Zertifizierungssystemen wird vorgeschrieben, dass ein Kontrollsystem für den Transport und die Weiterverarbeitung der zertifizierten Rohstoffe vorhanden sein muss. Dies gilt sowohl für die Anerkennung von freiwilligen Zertifizierungssystemen gegenüber dem übergeordneten Zertifizierungssystem (Metastandard) als auch für die direkte Zertifizierung von Rohstoffen unter dem Metastandard.

Unterschieden werden hauptsächlich drei Verfahren:

- Bei der Produktsegregation ist eine physische Trennung von zertifizierten und nichtzertifizierten Produkten innerhalb der Produktions- und Handelskette vorgeschrieben. Das System zeichnet sich durch eine hohe Transparenz und damit Glaubwürdigkeit aus. Nachteile sind zusätzliche Kosten und der Zeitaufwand für Investitionen in die Logistikinfrastruktur für den separierten Transport der Produkte. Ein Beispiel

aus dem Lebensmittelbereich sind ökologische sowie – in Europa – gentechnisch veränderte Produkte.

- Beim Massenbilanzierungsansatz wird ausschließlich eine Bilanzierung der Input- und Outputmengen von zertifizierten und nichtzertifizierten Produkten innerhalb der gesamten Produktions- und Handelskette vorgeschrieben, eine Mischung von zertifizierten und nichtzertifizierten Rohstoffen ist somit möglich (dies ist z. B. auch bei einer Zertifizierung von holz- und papierverarbeitenden Unternehmen nach dem FSC-System erlaubt; Kap. V.3.1). In einem Massenbilanzierungssystem fallen keine Kosten für eine getrennte Logistikinfrastruktur, jedoch für die Buchhaltung der ein- und ausgehenden Warenströme an. Der Transparenzgrad des Massenbilanzierungssystems ist geringer als der der Produktsegregation, aber höher als der eines Zertifikathandelssystems (s. u.). Im Gegensatz zum Zertifikathandelssystem müssen alle Zwischenhändler und Verarbeiter an der Kontrollkette teilnehmen. Dadurch sind alle Marktteilnehmer in der Wertschöpfungskette gezwungen, sich mit der Beschaffung von nachhaltig produzierten Rohstoffen zu beschäftigen.
- In einem Zertifikathandelssystem werden den Rohstoffproduzenten Zertifikate über die nachhaltige Produktion von Rohstoffen ausgestellt, die völlig unabhängig von den Rohstoffen gehandelt werden können (ein analoges Verfahren wird im Ökostrombereich in Europa angewendet in Form des „Renewable Energy Certificate System“ – RECS-System). Biokraftstoffproduzenten können somit Rohstoffe beliebiger Herkunft einsetzen, müssen aber Nachhaltigkeitszertifikate im Umfang der eingesetzten Rohstoffe erwerben (Ecofys 2006). Bei der Implementierung eines Zertifikathandelssystems fallen keine Kosten für zusätzliche Infrastrukturmaßnahmen an. Es fallen jedoch Kosten für den Aufbau und die Verwaltung des Zertifikathandelssystems an. Die Bauern können in diesem System direkt von dem höheren Erlös nachhaltig produzierter Ware profitieren. Dieser Preisaufschlag wird im Rahmen der anderen Kontrollsysteme unter Umständen von den Händlern und Verarbeitern der biogenen Rohstoffe abgeschöpft. In einem reinen Zertifikathandelssystem können keine Informationen zu den Treibhausgasemissionen der Prozessschritte nach dem Anbau der Biomasse erhoben werden. Die Nutzung von Standardwerten für diese Prozessschritte würde jedoch die Exaktheit der Treibhausgasbilanzierung verringern. Wenn nicht plausibel dargestellt werden kann, wie in einem Zertifikathandelssystem Betrug durch die Fälschung von Zertifikaten vermieden werden kann, wird das beschriebene System unter Umständen von der Öffentlichkeit nicht akzeptiert.

Umsetzungs-, Verfahrens- und Zuständigkeitsfragen

Neben der inhaltlichen Ausgestaltung und den fundamentalen Organisationsentscheidungen (ob Metastandard oder nicht, welche „Chain-of-Custody-Kontrolle“) kön-

nen Zertifizierungssysteme durch ihre Verfahrensschritte und -anforderungen charakterisiert werden, darunter:

- Steuerung: Welche Akteure sind an der Leitung des Systems beteiligt? Wer ist zuständig für die Organisation?
- Prozess der Kriterienerstellung: Welche Akteure sind bei der Erstellung des Kriterienkatalogs involviert? Wie sehen die Vorgaben für diesen Prozess aus, und wer formuliert diese?
- Akkreditierung von Zertifizierungsunternehmen: Welche Anforderungen werden an die Unternehmen gestellt, die die Zertifizierung durchführen und überwachen? Nach welchem Verfahren werden diese Unternehmen anerkannt?
- Akkreditierung von bereits bestehenden, freiwilligen Zertifizierungssystemen in einem Metastandard: Welche Richtlinien werden für den Akkreditierungsprozess aufgestellt? Welche Anforderungen werden an die untergeordneten Zertifizierungssysteme gestellt?
- Zertifizierung selbst: Welche Vorgaben werden für den Zertifizierungsprozess gemacht? In welchem Abstand sind Kontrollen von den Zertifizierungsunternehmen durchzuführen? Wie werden Einsprüche gegen das Zertifizierungsergebnis behandelt?

2. EU-Richtlinie und nationale Vorläufersysteme

Mit der Verabschiedung der EU-Richtlinie (RICHTLINIE 2009/28/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTES UND DES RATES vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG; im Folgenden kurz: EE-RL) (EU 2009) gibt es für alle EU-Mitgliedstaaten eine verbindliche Grundlage, auf der nun nationale Regelungen entwickelt und bis Ende 2010 eingeführt werden müssen. Deutschland, Großbritannien und die Niederlande haben bereits eigene Nachhaltigkeitsanforderungen definiert und begonnen, entsprechende Zertifizierungssysteme zu schaffen.

Im Folgenden werden die aktuellen Richtlinienvorgaben der EU vorgestellt (Kap. V.2.1). Die EU versteht die jetzt getroffene Regelung nicht als abschließend, sondern sieht eine baldige Überprüfung und ggf. Fortentwicklung vor. Deshalb erfolgt ein Blick auf die „Vorläufersysteme“ aus Deutschland und Großbritannien (Kap. V.2.2 u. V.2.3), die zum Teil umfassendere Kriterienkataloge enthalten, die bei kommenden Revisionen der EU-Richtlinie eine Rolle spielen könnten. Hinzu kommt, dass der Mindeststandard der EU von Nachhaltigkeitskriterien in den Mitgliedstaaten bei der gezielten Förderung des Bioenergieeinsatzes erweitert werden kann, was in Deutschland z. B. bei dem Entwurf der Nachhaltigkeitsverordnung zum EEG mit Blick auf die Gewährung des Nawaro-Bonus bei der Einspeisevergütung erfolgt ist (Kap. V.2.2). Hier bieten sich also weitere politische Gestaltungsmöglichkeiten.

2.1 EU-Richtlinie

Die Europäische Kommission hat im Januar 2008 einen Vorschlag für eine Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen vorlegt, mit der die EU-Ratsbeschlüsse von März 2007 umgesetzt werden, bis 2020 den Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch der EU auf 20 Prozent und den Anteil von Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch auf 10 Prozent zu erhöhen (Europäische Kommission 2008). Im Dezember 2008 einigten sich dann das Europäische Parlament und der Europäische Rat auf den endgültigen Inhalt der Richtlinie, die neben der Festlegung der Förderziele und daraus sich ergebenden Pflichten für die Mitgliedstaaten im Bereich der erneuerbaren Energien verbindliche Nachhaltigkeitskriterien – mit Erfüllungspflicht – für Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe (für die stationäre Nutzung in Kraftwerken) sowie Vorgaben für deren Überprüfung und Zertifizierung umfasst. Am 5. Juni 2009 wurde die resultierende Richtlinie 2009/28/EG im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht, am 25. Juni 2009 trat sie in Kraft (EU 2009). Sie muss von den Mitgliedsländern innerhalb von 18 Monaten in nationales Recht übersetzt werden.

Flüssige Bioenergieträger, die die Kriterien der EE-RL nicht erfüllen, dürfen weder auf die Zielerfüllung der Mitgliedstaaten angerechnet noch finanziell gefördert werden (Artikel 17 Absatz 1; EU 2009). Die EE-RL umfasst kein generelles Import- und Nutzungsverbot für Bioenergieprodukte, die nicht diesen Standards entsprechen und/oder nicht zertifiziert sind. Angesichts der ambitionierten Quotenvorgaben für Biokraftstoffe dürfte sich allerdings auf absehbare Zeit in Europa voraussichtlich kein großer Markt für unzertifizierte Biokraftstoffe entwickeln.

Für die energetische Nutzung von nichtflüssiger Biomasse soll die Kommission bis Ende 2009 ein Nachhaltigkeitskonzept vorlegen (Artikel 17 Absatz 9; EU 2009).

Nachhaltigkeitsvorschriften der EE-RL

Die Nutzung der Biokraft- und Biobrennstoffe muss (gegenüber fossilen Referenzkraftstoffen) zu einer Treibhausgasreduzierung von mindestens 35 Prozent führen, ab 2017 dann von 50 Prozent und für Neuanlagen (nach 2017) von 60 Prozent (Artikel 17, Absatz 2; EU 2009). Zugelassen sind zwei Methoden, die Treibhausgasbilanz zu bestimmen:

- Verwendung eines Standardwerts, der im Anhang der Richtlinie für unterschiedliche Kategorien von Biokraftstoffen und flüssigen Biobrennstoffen festgelegt ist;
- Berechnung der tatsächlichen Treibhausgasemissionen anhand einer im Anhang der Richtlinie festgelegten Methode, die auch Produktions- und Transportemissionen sowie direkte Landnutzungsänderungen erfasst. Kohlenstoffabscheidung und -sequestrierung oder -ersetzung sowie überschüssiger Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung können als Emissionseinsparung angerechnet werden. Biokraftstoffe, deren Rohstoffe auf wiederhergestellten degradierten Flächen erzeugt wurden, erhalten einen THG-Bonus in Höhe von 29 gCO₂eq/MJ Biokraftstoff.

Indirekte Landnutzungsänderungen werden in der Treibhausgasbilanz nicht berücksichtigt, allerdings muss die EU-Kommission dem Europäischen Parlament und Rat bis Ende 2010 einen Bericht zu dieser Frage vorlegen (Artikel 19 Absatz 6; EU 2009).

In der EU angebaute landwirtschaftliche Rohstoffe zur Herstellung von Biokraftstoffen und anderen flüssigen Biobrennstoffen müssen den umwelt- und landwirtschaftsbezogenen Bestimmungen der EU-Cross-Compliance (Verordnung (EG) Nr. 1782/2003) genügen. Grundsätzlich – und damit explizit auch außerhalb der EU – dürfen entsprechende Rohstoffe nicht auf Flächen produziert worden sein, die im oder nach Januar 2008 einen anerkannt hohen Wert hinsichtlich der biologischen Vielfalt hatten. Konkret genannt werden (Artikel 17, Absatz 3; EU 2009):

- von signifikanter menschlicher Tätigkeit unberührter Wald,
- für Naturschutzzwecke ausgewiesene Flächen (sofern nicht nachgewiesen wird, dass die Erzeugung des Rohstoffes diesen Zwecken nicht zuwiderläuft),
- Grünland mit großer biologischer Vielfalt (Kriterien für die Bestimmung dieses Grünlandes sowie geographische Gebiete muss die Kommission noch festlegen).

Außerdem dürfen Rohstoffe nicht auf Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand gewonnen werden, d. h. in Feuchtgebieten und kontinuierlich bewaldeten Gebieten. Anders als der deutsche Entwurf (Kap. V.2.2) umfasst die EU-Richtlinie keine expliziten Kriterien für Boden-, Luft- und Wasserschutz außerhalb der EU.

Soziale Kriterien sowie eine Vermeidung von Verdrängungseffekten sind (bislang) kein Teil der Erfüllungskriterien für eine Zertifizierung und Anrechnung von Bioenergieträgern. Allerdings ist die EU-Kommission laut Artikel 8 Absatz 7 verpflichtet, dem Europäischen Parlament und Rat in Bezug auf relevante Exportländer für Bioenergieträger alle zwei Jahre (zum ersten Mal 2012) im Hinblick auf die soziale Tragbarkeit der Folgen einer erhöhten Nachfrage nach Biokraftstoff in der Gemeinschaft und in Drittländern zu berichten. Sollte nachgewiesen werden, dass sich die Biokraftstoffherstellung in erheblichem Maße auf die Nahrungsmittelpreise auswirkt, so muss die Kommission Korrekturen der EE-RL vorschlagen (EU 2009). Für diese Berichtspflicht hatte sich die deutsche Bundesregierung besonders stark gemacht (Lindemann 2009).

Den Mitgliedstaaten wird explizit untersagt, weitergehende verpflichtende Nachhaltigkeitskriterien für Biokraftstoffe auf nationaler Ebene zu erlassen, da diese den freien Handel mit Biokraftstoffen oder Rohstoffen innerhalb der EU behindern könnten.

Allerdings sind weitergehende Kriterien in den Einzelstaaten durchaus möglich bzw. explizit vorgesehen, solange es um eine zusätzliche Förderung besonders wünschenswerter Produkte geht. In Erwägungsgrund 95 der EE-RL heißt es (EU 2009): „Die Nachhaltigkeitsregelung sollte die Mitgliedstaaten nicht daran hindern, in ihren nationalen Förderregelungen die höheren Produktionskos-

ten von Biokraftstoffen und flüssigen Biobrennstoffen zu berücksichtigen, deren Vorteile die in der Nachhaltigkeitsregelung festgelegten Mindestanforderungen übersteigen.“ Und detaillierter in Erwägungsgrund 89 (EU 2009): „Die Mitgliedstaaten können bei der Konzipierung ihrer Förderregelungen die Verwendung von Biokraftstoffen, die zusätzliche Vorteile aufweisen (hierzu gehören auch die Vorteile der Diversifizierung durch Biokraftstoffe, die aus Abfällen, Reststoffen, cellulosehaltigem Non-Food-Material, lignocellulosehaltigem Material oder Algen sowie Pflanzen, die ohne Bewässerung in Trockengebieten zur Eindämmung der Wüstenbildung angebaut werden, hergestellt werden), fördern und dabei die unterschiedlichen Kosten der Energiegewinnung aus herkömmlichen Biokraftstoffen einerseits und aus diesen zusätzliche Vorteile aufweisenden Biokraftstoffen andererseits gebührend berücksichtigen. Die Mitgliedstaaten können Investitionen in die Erforschung und Entwicklung dieser und anderer auf erneuerbarer Energie beruhenden Technologien fördern, die Zeit benötigen, um wettbewerbsfähig zu werden.“

Das EU-System folgt dem Metastandardansatz, sodass freiwillige Zertifizierungssysteme anerkannt werden können (Artikel 18). Das Anerkennungsverfahren soll durch einen von der Europäischen Kommission eingesetzten Ausschuss durchgeführt werden (Artikel 25). Zur Verifizierung der Einhaltung der Nachhaltigkeitskriterien über die gesamte Produktkette („chain of custody“) ist ein Massenbilanzierungssystem vorgeschrieben (Artikel 25).

2.2 Deutschland

Ein Blick zurück: Entwurf der Nachhaltigkeitsverordnung

Im Dezember 2007 wurde eine zwischen den verantwortlichen Bundesministerien BMF, BMELV und BMU abgestimmte „Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von zu Biokraftstoffen verwendeter Biomasse“ (Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung – BioNachV; BMF 2007) durch das Bundeskabinett beschlossen. Der Entwurf der Verordnung basierte auf Vorarbeiten durch Meo Consulting (2007) sowie IFEU, FSC Deutschland und Germanwatch (Fehrenbach et al. 2008). Beide Arbeiten hatten die Einbeziehung von sozialen Kriterien in die Nachhaltigkeitsverordnung vorgeschlagen, welche jedoch von der Bundesregierung mit Blick auf die WTO nicht aufgenommen wurden.

Für Biokraftstoffe aus EU-Ländern wurden wie in der EE-RL die Vorschriften der Cross-Compliance-Regeln als Nachhaltigkeitsanforderung definiert bzw. für Deutschland konkret die hier gültigen Anforderungen der guten fachlichen Praxis der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft. Für Produktionsstaaten außerhalb der EU wurde definiert, dass bei der Produktion importierter Biokraftstoffe folgende Kriterien zu erfüllen sind, damit sie auf die Quotenverpflichtung angerechnet werden können (BMF 2007):

- keine Zunahme der Emissionen von versauernden, eutrophierenden, ozonabbauenden oder toxischen Stoffen,

- keine Verschlechterung der Bodenfunktionen und der Bodenfruchtbarkeit (zum Beispiel Erhalt organischer Substanz, Schutz vor Erosion),
- keine Verschlechterung der Wasserqualität und des Wasserhaushalts,
- keine Verschlechterung der Arten- und Ökosystemvielfalt und
- umweltgerechter Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln.

Außerdem sollte, ähnlich wie laut EE-RL, nachgewiesen werden, dass die eingesetzte Biomasse nicht in Schutzgebieten oder in Gebieten angebaut wird, die am 1. Januar 2007 Gebiete mit einem hohen Naturschutzwert waren oder danach zu solchen Gebieten wurden.

Die Treibhausgasbilanzierung wäre nach der BioNachV über die komplette Produktions- und Transportkette der Biokraftstoffe vorgeschrieben gewesen und analog zu den jetzt in der EE-RL niedergelegten Verfahren durchgeführt worden. Das Treibhausgasreduktionsziel wurde auf 30 Prozent bei Inkrafttreten der Verordnung und auf 40 Prozent ab dem Jahr 2011 festgelegt. Zusätzlich wäre im deutschen Zertifizierungssystem ein Anreizmechanismus für eine weiter gehende Treibhausgasreduktion vorgesehen gewesen: Biokraftstoffe, deren Treibhausgasbilanz unter dem geforderten Reduktionsziel liegt, sollten höher auf die Erfüllung der Quotenverpflichtung angerechnet werden als Biokraftstoffe mit einer relativ ungünstigeren Treibhausgasbilanz.

Mit Blick auf das Problem möglicher Verdrängungseffekte bzw. indirekter Landnutzungsänderungen sah die BioNachV vor, langfristig einen Mechanismus zu deren Erfassung bzw. Vermeidung zu entwickeln und zu integrieren. Soziale Kriterien tauchten in einer Entwurfsversion der BioNachV vom Oktober 2007 in Form der ILO-Kernarbeitsnormen (International Labour Organization Übereinkommen 29, 87, 98, 100, 105, 111, 138 u. 182) zur Gewährleistung von fairen Arbeitsbedingungen auf – wurden vor Verabschiedung des Entwurfs durch das Kabinett jedoch zur Vermeidung möglicher Konflikte mit der WTO und den relevanten Exportstaaten wieder gestrichen (Kap. V.4.1).

Auch die BioNachV sah einen Metastandardansatz vor. Die Überprüfung und Anerkennung von freiwilligen Zertifizierungssystemen sollte durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung vorgenommen werden. Als Kontrollsysteme für den Transport und die Weiterverarbeitung der Rohstoffe sah die BioNachV Produktsegregation oder Massenbilanzierung vor, jedoch keinen Zertifikathandel.

Umsetzung der EE-RL

Nach Veröffentlichung der Richtlinie im Juni 2009 haben die Mitgliedsländer 18 Monate Zeit, um die Richtlinie durch nationale Verordnungen umsetzen, d. h. bis Ende 2010. Am 29. April 2009 wurde im Kabinett der Nationale Biomasseaktionsplan für Deutschland beschlossen (BMU/BMELV 2009). Er beschreibt Ziele, Strategie und Maßnahmen der Bundesregierung zum Ausbau der Bioenergie (Kap. III.2.1). Mit Blick auf die Nachhaltigkeits-

kriterien importierter Bioenergieträger wird formuliert, dass „die Entwicklung auch international anwendbarer, WTO-konformer Nachhaltigkeitsstandards und entsprechender Zertifizierungssysteme notwendig [ist]. Dabei sind auch soziale Mindeststandards zu berücksichtigen (Arbeits- und Sozialgesetzgebung, Recht auf Nahrung, Verhinderung illegaler Landnahme)“ (BMU/BMELV 2009, S. 13). Hier geht die Zielsetzung also über die bisherigen Vorgaben der EE-RL hinaus.

Ansonsten verweist der Aktionsplan natürlich zentral auf die notwendige Umsetzung der EE-RL. Deren Vorgaben sollen durch Verordnungsermächtigungen in die relevanten Gesetze zur Förderung der Nutzung von Bioenergien integriert werden,⁷ d. h. das Biokraftstoffquotengesetz (BiokraftQuG), das Energiesteuergesetz (EnergieStG),⁸ das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EE-WärmeG) (BMU/BMELV 2009, S. 16).

Das am 23. April 2009 vom Bundestag angenommene Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen hat sich an den Zielen und Vorgaben der EE-RL orientiert, obwohl deren genauer Wortlaut noch nicht feststand. Eine Nachhaltigkeitsverordnung für Biokraftstoffe für den Verkehrsbereich soll nun so schnell wie möglich erlassen werden. Für den stationären Bereich, also die Stromerzeugung, hat das Bundeskabinett am 10. Juni 2009 die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) beschlossen (Bundesregierung 2009). In ihr wurden höhere Standards als in der EE-RL formuliert, was möglich ist, weil der Nawaro-Bonus im Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) einen Ausgleich für eine höhere Umwelt- bzw. Nachhaltigkeitsleistung darstellt. Verglichen mit dem Entwurf der Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung aus dem Jahr 2007, enthält die BioSt-NachV deutlich detailliertere Vorgaben für die Ausgestaltung der Zertifikate, der Zertifizierungsstandards und -stellen. Die behördliche Kontrolle soll durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung erfolgen.

Projekte zur Implementierung und Weiterentwicklung

Sowohl BMELV als auch BMU fördern Arbeiten zur Umsetzung und Ausgestaltung von Zertifizierungssystemen: Vom BMELV wird insbesondere das Zertifizierungspilotprojekt ISCC, bei dem konkrete Zertifizierungen für Bioenergieträger in Übersee im Vergleich mit solchen aus Europa vorgenommen werden, gefördert, vom BMU v. a. das Projekt „Bioglobal“, bei dem es stärker um die konzeptionelle Umsetzung, Fortentwicklung und Einbindung von Nachhaltigkeitskriterien und -standards in globale Prozesse geht (Kästen).

⁷ Im Gegensatz zu Gesetzesänderungen, die die Zustimmung des Bundesrates und/oder Bundestages erfordern, bieten Verordnungsermächtigungen die Möglichkeit, Kriterien zu einem späteren Zeitpunkt ohne die Zustimmung der Legislative festzulegen. Aus diesem Grund werden solche Vorschläge von Parlamentariern oft kritisch beurteilt.

⁸ Während im Energiesteuergesetz der Markt für reine Biokraftstoffe geregelt wird, reguliert das Biokraftstoffquotengesetz die Beimischung von Biokraftstoffen.

Projekt „International Sustainability and Carbon Certification“ (ISCC)

Das BMELV fördert über die FNR seit 2008 das Pilotprojekt „International Sustainability and Carbon Certification“ (ISCC) der meó GmbH, Köln. Dabei wird ein zuvor erarbeitetes Zertifizierungskonzept umgesetzt und getestet. Zum Projekt Netzwerk gehören mehr als 100 Unternehmen und Institutionen der gesamten Produktionskette, darunter NGOs und Forschungsinstitute aus den wichtigen Anbauländern Argentinien, Brasilien, der EU, Indonesien und Malaysia.

Im ersten Jahr der Pilotphase von ISCC wurden die Nachhaltigkeitsanforderungen soweit konkretisiert, dass das System bei ersten Pilotzertifizierungen (Audits) überprüft werden konnte. Die Audits sollen den Nachweis erbringen, dass keine schutzwürdigen Flächen im Sinn der EU-Richtlinie und ihrer Vorgängersysteme für den Biomasseanbau verwendet worden sind. Über die Anforderungen der EU-Richtlinie hinaus kontrollieren die Audits des ISCC auch soziale Kriterien in Form der grundlegenden Standards der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) wie den Schutz vor Diskriminierung und Zwangs- und Kinderarbeit.

Entsprechend der Vorgabe der EU-Richtlinie wendet das ISCC ein Massenbilanzierungssystem an, bei dem der Weg der Bioenergieträger Stufe für Stufe beginnend beim Acker oder der Plantage dokumentiert wird. Jede Verarbeitungs- oder Lieferstufe in der Produktionskette muss nachweisen, dass sie von der vorgelagerten Stufe zertifizierte Biomasse gekauft hat, um selbst zertifiziert werden zu können. Dabei kann jede Stufe die zertifizierte Ware mit Biomasse ungeprüfter Herkunft vermischen, die jeweiligen Anteile werden jedoch entlang der Handelskette protokolliert und durch unabhängige Dritte überprüft. Ein Test in Brasilien ergab, dass zum geforderten Nachweis auf bestehende Systeme aufgebaut werden kann.

Durchgeführt wurden die Pilotaudits von unabhängigen Zertifizierungsgesellschaften (SGS, TÜV SÜD, AGROVET und BCS ÖKOAUDIT) in Brasilien (auf einer 3 000-ha-Zuckerrohrplantage und in einer Ethanolanlage mit einer Kapazität von 100 000 m³), in Argentinien (bei einem Sojaproduzenten) und in Malaysia auf einer Palmölplantage mit 3 000 ha und angeschlossener Ölmühle. Obwohl das System noch nicht offiziell akkreditiert ist, gibt es laut den Betreibern ein reges Interesse weiterer Farmen und Hersteller. Nicht nur aus globaler umweltpolitischer Raison zur Vermeidung unerwünschter indirekter Effekte, sondern aus ganz praktischen Gründen geht der Projektleiter Norbert Schmitz davon aus, dass andere Märkte folgen werden, wenn die Bioenergiezertifizierung sich durchsetzt: „Es ist langfristig kaum vorstellbar dass der wertvollere Teil einer Schiffsfracht zu Biokraftstoffen verarbeitet wird, während Industrien mit höherem Veredelungsgrad den nicht zertifizierten Rest übernehmen.“⁹

Quelle: www.nachwachsenderohstoffe.de, Infobrief April 2009, S. 8 ff.

Projekt „Bioglobal“

Das BMU fördert über das UBA seit Sommer 2007 das gemeinsame Vorhaben „Entwicklung von Strategien und Nachhaltigkeitsstandards zur Zertifizierung von Biomasse für den internationalen Handel (Bioglobal)“ von Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V., Freiburg) und IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH, Heidelberg). Ziel ist die Erarbeitung konkreter Vorschläge zu Standards und Zertifizierungssystemen sowie zu deren Implementierung im Dialog mit relevanten Akteuren auf nationaler, europäischer und globaler Ebene. Das Projekt befasst sich sowohl mit Fragen der Ausgestaltung der Nachhaltigkeitsstandards und zugehöriger Zertifizierungssysteme als auch mit strategischen Überlegungen, wie eine bestmögliche Einbindung von Nachhaltigkeitskriterien und -standards in globale Prozesse gelingen kann, d. h. welche Organisationen und Akteure auf internationaler Ebene für die Vereinbarung und Umsetzung solcher Standards infrage kommen und welche Anreize sich für Akteure schaffen lassen, damit sie an biomassebezogenen Nachhaltigkeitsstandards mitwirken bzw. diese nicht blockieren.

Als Zwischenergebnis wurden im Frühjahr 2009 drei Ansatzpunkte definiert (ausführlicher zu den Überlegungen von Öko-Institut und IFEU zur weiteren Umsetzung und Politikgestaltung vgl. Kap. V.5):

1. eine Konzentration auf „Globalisierung“ und Harmonisierung von THG-Standards (Methodenkonvention plus Minderungsziele) sowie den flächenbezogenen Schutz der Biodiversität beim Biomasseanbau (beides im Sinn der Ausrichtung der EE-RL);
2. die Einbeziehung zentraler Nachhaltigkeitsfragen von Biomasse in die bestehenden globalen Konventionen (UN-Klimarahmenkonvention, Biodiversitätskonvention);
3. die Entwicklung verbindlicher projektbezogener Nachhaltigkeitsstandards für internationale und bilaterale Finanzierungseinrichtungen (wie die Inter-American Development Bank), da sie „unterhalb“ der WTO-Schwelle liegen und auch lokale Umweltfragen (Boden, Wasser) sowie soziale Fragen umfassen können.

⁹ Dies sehen die Verbände der deutschen Ölmühlen (OVID), der Getreidehändler (VdG) sowie des Großhandels mit Öl(rohstoffen) und Fetten (GROFOR) ähnlich. Sie fordern verpflichtende Biomassennachhaltigkeitszertifikate für alle Verwertungsbereiche, um eine Fragmentierung der Agrarmärkte mit erheblichen Mehrkosten entlang der Verarbeitungs- und Wertschöpfungskette zu verhindern (Agra-Europe 2009a)

Parallel sollten freiwillige Vereinbarungen unterstützt werden sowie im Rahmen von bilateralen Verträgen mit wichtigen Exportländern für Biomasse Vereinbarungen getroffen werden, die WTO-kritische Aspekte weiterentwickeln und „gute Praxis“ demonstrieren.

Inhaltliche Fragen betreffen u. a. die Weiterentwicklungen der Defaultwerte für Biokraftstoffe der EE-RL, darunter insbesondere Überlegungen zur Integration eines Faktors zur Einrechnung indirekter Landnutzungsänderungen (Näheres in Kap. V.4.4), zur Identifizierung biodiversitätsrelevanter Gebiete (jenseits bereits ausgewiesener Schutzgebiete), zu möglichen Einflüssen der Bioenergiegewinnung auf das Schutzgut Wasser sowie zur Landnutzung und den Biomassepotenzialen bislang ungenutzter, degradierter Flächen.

Als notwendigen zukünftigen Schritt betrachten Öko-Institut und IFEU die Übertragung bzw. Ausdehnung der Nachhaltigkeitskriterien und -standards auf die international gehandelte Biomasse insgesamt. Als „Kernformel“ einer langfristigen, über das Jahr 2030 hinausreichenden Strategie zur nachhaltigen Biomasse wird formuliert, dass nachwachsende Rohstoffe primär stofflich und Abfall- und Restbiomassen primär energetisch genutzt werden sollen.

Quelle: Öko-Institut/IFEU 2009

Positionierung gesellschaftlicher Akteure

Nichtregierungsorganisationen positionieren sich sehr unterschiedlich zum Thema Zertifizierung. Während pragmatisch orientierte Organisationen wie der WWF aktiv an der Einführung und Verbesserung von Zertifizierungssystemen für Bioenergieträger mitarbeiten, lehnen kritischer eingestellte NGOs den durch Monokulturen erreichten deutschen und europäischen Bioenergieausbau strikt ab und halten Zertifizierungssysteme für kein wirksames politisches Mittel zur Sicherung eines nachhaltigen Bioenergieträgeranbaus. In einem gemeinsamen Aufruf forderte eine größere Gruppe von NGOs, die Biokraftstoffförderung in Deutschland ganz auszusetzen (Arbeitsgemeinschaft Regenwald und Artenschutz 2007). Ihre Hauptargumente gegen Zertifizierungssysteme sind folgende:

- Verdrängungseffekte können durch Zertifizierung nicht vermieden werden.
- Die Beteiligung der betroffenen Gemeinden in den Erzeugerländern an der Gestaltung der Systeme kann nicht sichergestellt werden.
- Der Biokraftstoffausbau schreitet weit schneller voran, als die Zertifizierung eingeführt werden kann.
- In vielen Ländern fehlen die Voraussetzungen, um die Einführung oder die Überwachung solcher Zertifizierungssysteme sicherzustellen.

Große deutsche Wirtschaftsunternehmen (z. B. Daimler, Volkswagen, Bayer, BASF) sprechen sich überwiegend für die Zertifizierung von Bioenergieträgern aus und versuchen z. T., diesen Prozess aktiv mitzugestalten, z. B. durch die „Econsense“-Initiative des Forum Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft, in der die größten deutschen Industrie- und Energiekonzerne – nicht aber die Mineralölkonzerne – organisiert sind (Econsense 2007). Viele dieser Unternehmen sind in der einen oder anderen Weise in die Herstellung und den Einsatz von Biokraftstoffen involviert und haben auch aus Imagegründen ein Interesse daran, die gesellschaftliche Akzeptanz von Biokraftstoffen und Bioenergien zu sichern. Das relativ große Engagement der Wirtschaft im Biokraftstoffssektor

und in der Zertifizierungsdiskussion macht das Thema allerdings für einige NGOs von vorneherein suspekt.

2.3 Großbritannien

Großbritannien hat als einziges europäisches Land ein Zertifizierungssystem eingeführt, mit einer Berichtspflicht für die Mineralölunternehmen. Seit April 2008 müssen Kraftstoffe in Großbritannien als Folge der Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO) einen Anteil von (mindestens) 2 Prozent Biokraftstoffen aufweisen, zu deren Herkunft und Produktionsweise die Anbieter ein „Carbon and Sustainability Reporting“ vornehmen müssen, und zwar zu den ökologischen Kriterien Kohlenstoffspeicherung (vor und nach einer Flächennutzungsänderung), Biodiversität, Bodenqualität, Wassernutzung und Luftreinhaltung sowie zu Kriterien Arbeitsbedingungen und Landrechten. Nicht verpflichtet sind sehr kleine Kraftstoffanbieter (mit einem Umsatz von weniger als 450 000 l/Jahr).

Die Treibhausgasbilanzierung muss wie nach EE-RL und deutscher BioNachV über die komplette Produktions- und Transportkette der Biokraftstoffe erstellt werden, unter Berücksichtigung von direkten Landnutzungsänderungen, aber nicht von indirekten. Als – nichtverpflichtende – Zielvorgaben für die Treibhausgasreduktion von Biokraftstoffen im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen wurden ursprünglich 40/50/55 Prozent für die Jahre 2008/2009/2010 festgelegt, die Vorgaben für 2009 wurden jedoch auf 45 Prozent und für 2010 auf 50 Prozent reduziert, parallel zur Reduktion der Biokraftstoffquotenziele von vorher 4 Prozent auf nunmehr 3,25 Prozent für die Periode April 2009 bis April 2010, und 3,5 Prozent für 2010 bis 2011. Als Grund wurde von der britischen Regierung die Furcht vor indirekten Landnutzungsänderungen als Folge einer Ausweitung der Biokraftstoffproduktion genannt (Agra-Europe 2009c). Als weitere, ebenfalls nichtverpflichtende Zielvorgaben wurden gestufte Werte für den Anteil der verwendeten Biokraftstoffe, über welche die Anbieter berichten sollen (50/70/90 Prozent in den Jahren 2008/2009/2010), und für die Erfüllung der Nachhaltigkeitsstandards selbst (30/50/80 Prozent) festgelegt.

Beim Nachweis der Zertifizierungskriterien kann auf bereits existierende, freiwillige Zertifizierungssysteme zurückgegriffen werden, beispielsweise RSPO, Basler Kriterien für Soja oder FSC (Kap. V.3.1). Für die Zertifizierung der „chain of custody“ sind die drei möglichen Kontrollsysteme Produktsegregation, Massenbilanzierung und Zertifikathandel zugelassen (Kap. V.1), wenn sie im Rahmen der akkreditierten freiwilligen Zertifizierungssysteme verwendet werden. Falls Rohstoffe direkt nach den Kriterien des übergeordneten Zertifizierungssystems zertifiziert werden, ist eine Massenbilanzierung vorgeschrieben. Theoretisch könnten Mineralölunternehmen einen leeren Bericht einreichen, wenn sie keine Angaben über die Herkunft und Produktion der Biokraftstoffe machen können oder wollen.

Die zuständige Renewable Fuels Agency (RFA) berichtet seit April 2008 monatlich über die von ihr erhobenen und die ihr von den Firmen berichteten Daten summarisch aus dem zurückliegenden Teil des Berichtsjahrs (www.renewablefuelsagency.org). Der letzte zum Redaktionsschluss des TAB-Berichts verfügbare Bericht vom April 2009 erfasste den Zeitraum von April 2008 bis Januar 2009 und kam zu folgenden Resultaten (RFA 2009):

- Die Biokraftstoffquote wurde mit 2,7 Prozent (über)erfüllt, davon waren 84 Prozent Biodiesel und 16 Prozent Bioethanol.
- Der überwiegende Teil der Biokraftstoffe stammte aus Importen. Für 96 Prozent war die Rohstoffquelle bekannt, für 81 Prozent Rohstoffquelle und Herkunftsland.
- Die „vorhergehende“ Landnutzung war bei 43 Prozent der Rohstoffe unbekannt, 45 Prozent wurden auf Ackerland produziert, 12 Prozent aus Rest- und Abfallstoffen gewonnen. Nachgewiesene Herkünfte von Grasland waren verschwindend gering.
- Biodiesel stammte zum größten Teil (36 Prozent) aus US-amerikanischer Sojaverarbeitung, Bioethanol zu 81 Prozent aus brasilianischem Zuckerrohr.
- Lediglich 14 Prozent der Biokraftstoffe erfüllten einen der Standards mit ökologischen Kriterien, die durch den RTFO-Metastandard anerkannt sind. Weitere 4 Prozent der Biokraftstoffe erfüllten die ökologischen Anforderungen des RTFO Metastandard direkt. Die (nichtverbindliche) Zielvorgabe der Regierung für die Erfüllung eines anerkannten Standards mit ökologischen Kriterien hatte insgesamt 30 Prozent betragen.
- 14 Prozent der Biokraftstoffe erfüllten einen der Standards mit sozialen Kriterien, die durch den RTFO-Metastandard anerkannt sind.
- Die in Großbritannien produzierten Biokraftstoffe (mit einem Anteil von lediglich 8 Prozent; aus Deutschland stammten 13 Prozent, das damit hinter den USA [19 Prozent] und Brasilien [14 Prozent] größter Lieferant war) erfüllten zu 99 Prozent die Nachhaltigkeitsstandards.

- Die Treibhausgaseinsparungen gegenüber der fossilen Referenz betragen in der Summe 46 Prozent und übertrafen damit das vorgegebene Ziel von 40 Prozent.
- Indirekte Landnutzungsänderungen wurden nicht einberechnet. Die RFA beobachtet aber diese und andere mögliche (indirekte) Effekte, z. B. auf Lebensmittel- und Rohstoffpreise.
- Die Differenzierung nach Kraftstofffirmen ergab, dass 9 von 14 das Treibhausgasreduktionsziel erfüllten, aber nur 2 Firmen alle 3 Vorgaben, also auch das 30 Prozent-Ziel für ihre Biokraftstoffe bei den Nachhaltigkeitsstandards sowie die 50 Prozent-Vorgabe der Berichterstattung. Bei 4 der 14 Firmen wurden die Umweltstandards gar nicht oder vernachlässigenswert eingehalten, das Berichterstattungsziel wurde lediglich von 2 Firmen (leicht) unterschritten.

Insgesamt zeigt sich von Anfang an eine recht weitgehende Kooperation der Kraftstofffirmen bei der Berichterstattung. Ein (steigender) Trend bei der Erfüllung der Nachhaltigkeitsstandards konnte in den ersten neun Monaten nicht festgestellt werden, genauso wenig wie bei den Treibhausgaseinsparungen. Ob die Absicht der britischen Regierung, durch die Vorgabe zur Veröffentlichung dieser Auskünfte einen wachsenden Druck auch zu Einhaltung der Nachhaltigkeitsstandards auszuüben, im Lauf der Zeit aufgegangen wäre, wird ungeklärt bleiben, weil nach Verabschiedung der EE-RL diese nun auch in Großbritannien umgesetzt werden muss. Das jetzige Berichtssystem soll für einen weiteren Jahreszeitraum, d. h. bis April 2010 beibehalten werden, danach wird dann das Pflichterfüllungssystem eingeführt. Ursprünglich hatte die britische Regierung dies für das Jahr 2011 vorgesehen (Department for Transport 2007).

3. Bestehende Zertifizierungssysteme und internationale Initiativen

Freiwillige Zertifizierungssysteme (Kap. V.3.1) spielen gemäß der „Metastandardstrategie“ bzw. Ausrichtung der EE-RL eine wichtige Rolle für die zukünftige Implementierung der verpflichtenden Vorgaben. Darüber hinaus bilden die bisher mit ihnen gemachten Erfahrungen einen Bezugspunkt für die Abschätzung möglicher Probleme bei der Umsetzung und weiteren Ausgestaltung der Zertifizierungssysteme. Einen Bezugsrahmen bzw. eine Ergänzung für die zukünftigen nationalen Systeme nach EE-RL bilden internationale Initiativen, die eine Harmonisierung der Nachhaltigkeitsvorgaben für bestimmte Pflanzenarten, für den Energiepflanzenanbau allgemein oder sogar für die globale Biomasseproduktion insgesamt anstreben (Kap. V.3.2).

3.1 Freiwillige Zertifizierungssysteme

Aus der großen Zahl freiwilliger Zertifizierungssysteme werden im Folgenden vier für die Produktion von Bioenergieträgern besonders relevante näher charakterisiert: Zwei zur Zertifizierung von Forstprodukten (FSC und PEFC) sowie je eins für die Palmöl- (RSPO) und für die Sojaproduktion (RTRS).

Forest Stewardship Council (FSC)

Der Forest Stewardship Council (FSC; www.fsc.org) ist eine internationale gemeinnützige Organisation mit Zentrale in Bonn und nationalen Arbeitsgruppen in 43 Ländern. Er wurde 1993 gegründet und wird von Umweltschutzorganisationen wie WWF, Greenpeace, NABU, Robin Wood u. a. unterstützt. Das Label des FSC zertifiziert die verantwortungsvolle Waldbewirtschaftung für alle Arten von Wäldern, Holzplantagen und Forstprodukten. Das Zertifizierungssystem basiert auf 10 Prinzipien und 56 verbindlichen Kriterien für eine „gute Forstwirtschaft“ (FSC 2002). Zu den wichtigsten Anforderungen gehören:

- ökologische Kriterien
 - ausgewogene Nutzung der Waldressourcen (der Holzeinschlag darf das langfristig nachhaltige Niveau nicht übersteigen)
 - Erhaltung der Biodiversität
 - Schutz von Wäldern mit hohem Naturschutzwert
 - Plantagen unterliegen ebenfalls den FSC-Kriterien und sollen die nachhaltige Waldbewirtschaftung unterstützen
- soziale und sozioökonomische Kriterien
 - Wahrung der Rechte von Ureinwohnern
 - Wahrung von Arbeitsrechten
 - Förderung eines guten Verhältnisses mit den betroffenen lokalen Gemeinden
 - effiziente und wirtschaftliche Nutzung der Waldressourcen
 - Stärkung und Diversifizierung lokaler Ökonomien
- „chain of custody“
 - lückenlose Überwachung der gesamten Verarbeitungs- und Handelskette vom Wald bis zum Großhändler (Massenbilanzierung oder Produktsegregation)
- prozedurale Kriterien
 - transparente Planung, Überwachung und Evaluierung der Waldbewirtschaftung
 - Wahrung der geltenden Gesetzgebung

Im Rahmen der Zertifizierung werden die Warenein- und -ausgänge sowie die Produktionsabläufe einmal jährlich von unabhängigen Dritten überprüft.

Aufgrund der internationalen Verankerung, der breiten Unterstützung durch Umweltverbände und seines langen Bestehens zählt der FSC-Standard zu den international wichtigsten freiwilligen Zertifizierungssystemen für Waldnutzung und Forstprodukte. Bis Dezember 2007 wurden mehr als 94 Mio. ha Wald und Holzplantagen in 78 Ländern zertifiziert, davon der größte Teil in Europa (49 Mio. ha) und Nordamerika (30 Mio. ha). Unter den

Entwicklungs- und Schwellenländern war Brasilien das Land mit der größten zertifizierten Fläche (4,8 Mio. ha).

Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes (PEFC)

Ein weiteres Zertifizierungssystem für eine nachhaltige Forstwirtschaft ist PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes; www.pefc.de). Der PEFC-Prozess wurde 1998 von skandinavischen, französischen, österreichischen und deutschen Waldbesitzern zusammen mit Vertretern der Holzwirtschaft initiiert. Anders als der FSC, der von unterschiedlichen gesellschaftlichen Gruppen wie Umweltverbänden, Gewerkschaften, Waldbesitzern und Verbänden der Holzwirtschaft unterstützt und getragen wird, wird der PEFC von der Forstwirtschaft dominiert. Seine Kriterien basieren auf internationalen Beschlüssen der Nachfolgekonferenzen der Konferenz von Rio 1992. In Europa sind dies die Kriterien und Indikatoren, die auf den Ministerkonferenzen zum Schutz der Wälder in Europa (Helsinki 1993, Lissabon 1998, Wien 2003) verabschiedet wurden. PEFC gehört zu den in Europa am weitesten verbreiteten Zertifizierungssystemen für Forstprodukte. In Deutschland sind 7,2 Mio. ha Waldfläche durch PEFC zertifiziert (Stand Januar 2008), das sind rund zwei Drittel der deutschen Wälder. Weltweit wurden bis Februar 2007 197 Mio. ha Waldfläche zertifiziert (ca. 5 Prozent der globalen Waldflächen).

Vergleich von FSC und PEFC

Die – übergeordneten – Kriterien des PEFC ähneln stark denen des FSC (und werden deshalb hier nicht aufgezählt), erst ein genauere Vergleich lässt deutliche Unterschiede erkennen (Öko-Institut 2006; Ökotest 2002):

- FSC verbietet den Einsatz von Pestiziden. PEFC schränkt den Einsatz von Pestiziden ein, lässt aber Ausnahmen zu.
- Im Gegensatz zu PEFC schreibt FSC sogenannte Referenzflächen vor, die unbewirtschaftet bleiben, um Informationen über die natürliche Waldentwicklung zu liefern.
- Während die FSC-Kriterien und -Prinzipien weltweit gelten und regional unter Einbeziehung verschiedener Stakeholder angepasst werden, weichen die nationalen PEFC-Standards stark voneinander ab.
- Die Vergabep Praxis des PEFC ist weniger streng als die des FSC: Bei PEFC werden die zertifizierten Betriebe erst nach Erhalt des Zertifikats und auch nur in Stichproben evaluiert; FSC evaluiert die Betriebe vor Vergabe des Zertifikats und kontrolliert sie jährlich.
- PEFC weist geringere Transparenz und Partizipation von Stakeholdern auf als FSC.

Die FSC-Zertifizierung kann somit als deutlich strenger gelten als die des PEFC. Dies erklärt sich vermutlich auch durch die Trägerstruktur der beiden Zertifizierungssysteme: Während im FSC internationale Umwelt- und Men-

schenrechts-NGOs involviert sind, wird der PEFC v. a. durch Holzindustrie und Waldbesitzer getragen und findet geringe Unterstützung bei NGOs. Allerdings wurde auch der FSC wiederholt von NGOs kritisiert: Ihm wird vorgeworfen, in der Praxis mangelhafte Zertifizierungen und Kontrollen durchzuführen, um ein starkes Wachstum der Menge an zertifizierten Produkten zu ermöglichen (Kap. V.4.3).

Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO)

Der Roundtable on Sustainable Palm Oil (www.rspo.org) ist ein Zusammenschluss von Akteuren, die entlang der Bereitstellungskette von Palmöl arbeiten: Ölpalmenpflanzer, Palmölverarbeiter/-händler, Hersteller von Gebrauchsgütern, Einzelhändler, Banken/Investoren und NGOs. Der RSPO wurde 2004 von WWF, dem malaysischen Palmölverband und verschiedenen internationalen Unternehmen gegründet. Seine Hauptgeschäftstellen befinden sich in Zürich und Kuala Lumpur. Zu seinen Mitgliedern zählen 47 Organisationen. Das Zertifizierungssystem des RSPO zertifiziert den nachhaltigen Anbau von Palmöl unter ökologischen, sozialen und ökonomischen Kriterien. Die acht Hauptprinzipien sind (RSPO 2007):

- ökologische Kriterien
 - Ressourcenschonung (Gewässerschutz, Bodenschutz, Luftreinhaltung) und Wahrung von Biodiversität
 - verantwortungsbewusste Entwicklung neuer Plantagen
- soziale und sozioökonomische Kriterien
 - Wahrung von Arbeits- und Landnutzungsrechten
 - langfristige Produktionsplanung zur Sicherstellung der ökonomischen Stabilität
 - Nutzung angepasster Technologien bei Pflanzung und Verarbeitung
- prozedurale Kriterien
 - Verpflichtung zu Transparenz
 - Beachtung der geltenden Gesetze und Vorschriften
 - Selbstverpflichtung zu kontinuierlicher Verbesserung der eigenen Aktivitäten

Das RSPO-Zertifizierungssystem steht erst seit November 2007 zur Verfügung und befindet sich in einer zweijährigen Pilotphase. Das Potenzial des RSPO ist groß: Der Marktanteil der RSPO-Mitglieder beträgt über 40 Prozent der globalen Palmölproduktion, ihre Anbaufläche umfasst rund 4 Mio. ha. Bis Juni 2009 wurden Plantagen von acht Unternehmen nach den Kriterien der RSPO zertifiziert (www.rspo.org/List_of_Audits.aspx). Die Palmölproduktion der zertifizierten Palmmühlen beträgt rund 1 Mio. t/Jahr.

Basel Criteria for Responsible Soy Production und Roundtable on Responsible Soy (RTRS)

Die Basel Criteria for Responsible Soy Production sind Pilotkriterien, mit denen seit 2004 der nachhaltige Anbau von Soja zertifiziert werden kann (http://assets.panda.org/downloads/05_02_16_basel_criteria_engl.pdf). Sie wurden mit Unterstützung des WWF entwickelt und werden von verschiedenen Unternehmen und Verbänden v. a. in der Schweiz, den Niederlanden und Brasilien angewendet. Sie sollen als Grundlage für ein globales Zertifizierungssystem dienen, das im Diskussionsprozess des Round Table on Responsible Soy (RTRS; www.responsiblesoy.org) entwickelt wird. Zu den wichtigsten Basel-Kriterien gehören (Basel 2004):

- ökologische Kriterien
 - keine Umwandlung von Primärvegetation und Naturschutzgebieten in landwirtschaftliche Flächen; kompensatorische Maßnahmen für die Konversion solcher Flächen zwischen 1995 und 2004 (vor Einführung der Kriterien)
 - keine Nutzung genetisch modifizierter Organismen oder Materialien
 - Wahrung der Boden- und Wasserqualität durch eine gute Bewirtschaftungspraxis
 - verantwortungsvolle Nutzung von Chemikalien und Pestiziden
 - Bewertung und Management der Umweltauswirkungen
 - Abfallmanagement
- soziale Kriterien
 - Wahrung von Arbeitsrechten
 - Verbot von Kinder- oder Zwangsarbeit
 - Gesundheits- und Arbeitsschutz
 - Nachweis zur Einhaltung der Landnutzungsrechte
- prozedurale Kriterien
 - Einhaltung geltender Gesetze
 - kontinuierliche Verbesserung der eigenen Praktiken
- „chain of custody“
 - Dokumentation der Einhaltung der Kriterien über den gesamten Produktions- und Weiterverarbeitungsprozess nach dem Prinzip der Produktsegregation

Die Baseler Kriterien finden bisher nur in einem begrenzten Markt Anwendung. Da neben den Grundkriterien bisher nur eine brasilianische Interpretation der Kriterien verfügbar ist, können sie bisher nicht weltweit angewendet werden. Durch den globalen Dialogprozess des RTRS, der im Herbst 2006 gegründet wurde und in den weitere Stakeholder einbezogen werden, soll ein globales

Zertifizierungssystem für eine nachhaltige Sojaproduktion entwickelt werden, das breitere Anwendung findet.

Auf der dritten Generalversammlung des RTRS im Mai 2009 in Campinas, Brasilien, wurde eine Deklaration zum Schutz und zur Kompensation (RTRS Campinas Declaration on Conservation and Compensation; RTRS 2009) verabschiedet, die vor allem die nächsten Schritte der Implementierung in Form von Pilotprojekten zum Praxistest der Baseler Kriterien beschreibt. Ziel ist auch die Schaffung von Anreizen zur Kriterienfestlegung für die Kartierung von besonders schutzwürdigen Gebieten unter Berücksichtigung nationaler Besonderheiten. Ende Mai 2010 sollen dann auf Basis der Ergebnisse die bisherigen Baseler Kriterien und -Prinzipien überprüft und gegebenenfalls überarbeitet werden.

Ein möglicherweise fundamentaler Konflikt droht dadurch, dass nach dem Beitritt von Syngenta und Monsanto als Anbieter transgener Sojasorten Gentechnikfreiheit unter Verweis auf die „Technologieneutralität“ nicht mehr als Zertifizierungskriterium aufrecht erhalten werden soll, was zumindest vom US-amerikanischen WWF anscheinend auch unterstützt wird (Koester 2009). Dies hat heftige Kritik nicht nur von Friends of the Earth International hervorgerufen (FOEI 2009), sondern wird auch von Handelsunternehmen und Verarbeitern als Gefährdung des gesamten Prozesses gesehen (Koester 2009).

Vergleichbarkeit der freiwilligen Systeme?

Der obige Vergleich von PEFC und FSC hat deutlich gemacht, dass die Gegenüberstellung der aufgelisteten, übergeordneten Zertifizierungskriterien nur einen oberflächlichen Eindruck vermitteln kann. Im Detail bietet die Vielzahl der freiwilligen Zertifizierungssysteme auch laut SRU ein heterogenes Bild (SRU 2007, S. 89): „Diese vielfältigen Initiativen unterscheiden sich nach Qualität und Umfang der Standards, nach dem Umfang der zertifizierten landwirtschaftlichen Produktpalette, dem Anspruchsniveau und Konkretisierungsgrad der Kriterien und der verwendeten Indikatoren. Weiterhin bestehen große organisatorische Unterschiede in Bezug auf a) die Akteursbeteiligung bei der Entwicklung der Systeme, b) die Möglichkeiten zur Beteiligung der Öffentlichkeit bei der Benennung und Konkretisierung der Umweltkriterien und c) die Evaluation und das Monitoring (dazu Fritsche/Zimmer 2006). Unterschiedlich sind auch die Mechanismen der Qualitätssicherung oder die Dichte und Qualität der Inspektionen.“

Der WBGU geht dennoch davon aus, dass freiwillige Systeme im Rahmen verpflichtender Mindeststandards teilweise als Referenzsysteme verwendet werden können. Da der Markt für Bioenergieträger eng mit anderen Biomassenutzungen als Nahrungs- oder Futtermittel sowie als Rohstoff in der Industrie verwoben ist, für die teilweise bereits freiwillige nationale und internationale Zertifizierungssysteme bestehen, sollten mögliche Synergien von Zertifizierungssystemen für Bioenergieträger mit bestehenden Zertifizierungen für andere Biomassenutzungen ausgeschöpft werden. Dabei sei zu beachten, dass die bestehenden Systeme jedoch kein Kriterium zur

THG-Emissionsreduktion enthalten (WBGU 2009, S. 251 f.). Angaben zum Carbonfootprint sind allerdings im Kommen, auch im Nahrungsmittelbereich.

3.2 Internationale Initiativen

Während auf der einen Seite die etablierten, freiwilligen Zertifizierungssysteme wichtig für die konkrete Umsetzung und Kontrolle der Nachhaltigkeitsvorgaben der Metastandards wie der EE-RL bzw. der zukünftig daraus resultierenden nationalen Vorschriften sein werden, gelten auf einer ganz anders gelagerten Ebene internationale Initiativen als notwendig, die eine Harmonisierung der Nachhaltigkeitsvorgaben für bestimmte Pflanzenarten, für den Energiepflanzenanbau allgemein oder sogar für die globale Biomasseproduktion insgesamt anstreben. Deren mögliche Bedeutung ergibt sich insbesondere aus dem beschränkten Geltungsbereich der verpflichtenden Zertifizierungssysteme (ausführlicher hierzu Kap. V.4.2) und den dennoch bzw. deshalb befürchteten Landnutzungsänderungen mit negativen Folgen (Kap. V.4.4). Nicht wenige Experten gehen davon aus, dass für die Kontrolle und Vermeidung der indirekten Effekte dauerhaft keine Lösung innerhalb des Zertifizierungsansatzes für Bioenergieträger gefunden werden kann, weshalb z. B. der WBGU einen weltweiten Mindeststandard für Bioenergieträger nur als einen Zwischenschritt auf dem Weg zu einem globalen Landnutzungsstandard ansieht (WBGU 2009) (Näheres in Kap. V.5).

Bereits 1978 wurde das „Bioenergy Agreement“ der Internationalen Energieagentur (IEA) ins Leben gerufen, um die internationale Zusammenarbeit und den Informationsaustausch zwischen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprogrammen im Bereich Bioenergien zu fördern. Internationale Forschergruppen aus 20 OECD-Staaten bearbeiten in sogenannten Tasks vordefinierte Arbeitsprogramme. Die Task 40 „Sustainable International Bioenergy Trade: Securing Supply and Demand“ wurde 2004 gestartet und erforscht die Entwicklungsvoraussetzungen für nachhaltige Bioenergiemärkte. Ein wichtiges Arbeitsgebiet ist dabei die Zertifizierung von Bioenergieträgern (Junginger et al. 2006; www.bioenergytrade.org).

Der Roundtable on Sustainable Biofuels (RSB) ist eine Multi-Stakeholder-Initiative, die durch die Ecole Polytechnique Federale de Lausanne initiiert wurde. Ziel ist es, durch einen Diskussionsprozess mit Experten, Landwirten, NGOs, Regierungsvertretern und Unternehmen einen Konsens über Prinzipien und Kriterien für die nachhaltige Biokraftstoffnutzung zu erzielen. Es soll ein eigener Standard entwickelt werden, der als Vorlage für zukünftige Zertifizierungssysteme dienen kann (<http://cgse.epfl.ch/page65660-en.html>). Welche zukünftige Rolle der RSB-Standard spielen kann, ist offen. Gegenwärtig besteht die Bedeutung des RSB vor allem in der Initiierung des Stakeholderdialogs. IFEU und Öko-Institut erwarten allerdings eine Schrittmacherfunktion für freiwillige Nachhaltigkeitsstandards (Öko-Institut/IFEU 2009, S. 20).

Den fraglos größten Einfluss aber hat die Global Bioenergy Partnership (GBEP) die durch die G8+5 Staaten

im Juli 2005 auf dem G8-Gipfel in Gleneagles initiiert wurde und von der FAO unter dem Dach der International Bioenergy Platform (IBEP) koordiniert wird (www.globalbioenergy.org). Zu ihren Mitgliedern zählen neben den meisten G8+5 Staaten internationale Organisationen wie IEA, UNCTAD, UN/DESA, UNDP, UNEP, UNIDO, UN Foundation, World Council for Renewable Energy und der europäische Biomasseverband EUBIA. Ziel der GBEP ist es, die breite und nachhaltige Nutzung von Biomasse insbesondere in Entwicklungsländern zu befördern. Zu ihren Arbeitsbereichen zählen

- die Förderung des internationale Politikaustauschs zu Bioenergien,
- die Unterstützung nationaler und regionaler Politikentwicklung,
- die Unterstützung von Projektaktivitäten zur effizienten und nachhaltigen Biomassenutzung,
- die Förderung von Informations- und Technologieaustausch,
- die Überwindung von Barrieren zur Markteinführung von Bioenergien.

Im Bereich der Zertifizierung von Bioenergieträgern arbeitet die GBEP insbesondere zur Harmonisierung der Methodiken, mit denen die Treibhausgasreduktionen von Bioenergieträgern ermittelt werden. Ziel ist die Etablierung einer einheitlichen Methodik, die sowohl in Industriestaaten als auch in Entwicklungsländern genutzt werden kann. Laut IFEU und Öko-Institut ist die „GBEP ... der einzige Mechanismus, um global Nachhaltigkeitsstandards für THG wie auch für Biodiversität und soziale Fragen (Ernährungssicherung, Arbeitsschutz ...) im Sinne von Austausch und Abstimmung zu verhandeln“ (Öko-Institut/IFEU 2009, S. 2). Im Juli 2009 ist im Rahmen der italienischen G8-Präsidentschaft ein Beschluss zum „Kernkatalog“ von Zertifizierungskriterien geplant, womit die globale Basis zur Implementierung gelegt wäre.

4. Problemfelder: Grenzen, Folgen, offene Fragen

Dass die Gestaltung von Zertifizierungssystemen mit einer Reihe von grundsätzlichen Reichweitenbeschränkungen, notwendigen Festlegungen bei unsicherer Wissensbasis und der Nichterfassbarkeit indirekter Auswirkungen konfrontiert ist, wurde bereits bei der Darstellung der Kernelemente und Gestaltungsoptionen (Kap. V.1) wie auch der EE-RL und ihrer Vorgängersysteme (Kap. V.2) deutlich. Im Folgenden werden diese Problemfelder näher beleuchtet, weil sie sowohl für die Einschätzung der zukünftigen Leistungsfähigkeit als auch für die Ableitung der weiteren Handlungsperspektiven von entscheidender Bedeutung sind.

4.1 Kompatibilität mit Regeln der WTO

Bei der Definition von länderübergreifenden Produkt- und Produktionsstandards spielt die Frage der Kompatibilität mit internationalen Handelsvereinbarungen eine

zentrale Rolle. Grundprinzipien und entsprechende Verpflichtungen für die Mitgliedstaaten resultieren insbesondere aus den Regularien der Welthandelsorganisation WTO (zum Folgenden: SRU 2007, S. 92 ff.):

Die Grundsätze der rechtlichen Gleichbehandlung in- und ausländischer Waren (Artikel III Absatz 4 General Agreement on Tariffs and Trade – GATT), der Meistbegünstigung (Artikel I GATT) und der allgemeinen Beseitigung mengenmäßiger Ein- und Ausfuhrbeschränkungen (Artikel XI GATT) geben die Prinzipien der Inländergleichbehandlung vor. Diese Prinzipien sollen verhindern, dass ausländische Produkte gegenüber nationalen Produkten auf einem nationalen Markt benachteiligt werden. Daher darf ein ausländisches Produkt hinsichtlich des Marktzuganges nicht anders behandelt werden als ein inländisches Produkt, wenn sich die Produkte hinsichtlich ihrer Eigenschaften nicht unterscheiden. Somit dürfen Produkte nicht unterschiedlich behandelt werden, die sich ausschließlich hinsichtlich ihrer Produktionsmethoden unterscheiden.

Ein Zertifizierungssystem, dessen Geltungsbereich sich nur auf importierte Bioenergieträger erstreckt und keine Anforderungen an die heimische Produktion von Bioenergieträgern stellt, wäre demnach nicht mit Artikel III GATT vereinbar.

Artikel XX GATT räumt den Mitgliedstaaten jedoch die Möglichkeit ein, von den genannten Prinzipien abzuweichen, wenn sie bestimmte Güter durch handelsbeschränkende Maßnahmen schützen wollen. Hierunter fallen nach Artikel XX lit. b) und lit. g) GATT Maßnahmen zum Schutz des Lebens und der Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen sowie zum Schutze endlicher Ressourcen. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass auch in diesem Fall handelsbeschränkende Maßnahmen nicht zu einer Diskriminierung zwischen Ländern, in denen gleiche Verhältnisse bestehen, führen dürfen. Aus diesem Grund sind Bemühungen um multilaterale Umweltabkommen vorrangig vor der Einführung von unilateralen Handelsbeschränkungen anzustreben, wenn diese das gleiche Schutzniveau sicherstellen können. Wenn es trotz einer ernsthaften Bemühung nicht gelingt, ein multilaterales Übereinkommen für einen umweltverträglichen Biomasseanbau zu erzielen, dann müsste laut SRU (2007, S. 97 ff.) die Einführung von unilateralen Zertifizierungssystemen vor der WTO gerechtfertigt werden können.

Laut WIP et al. (2007) sind für die WTO-Kompatibilität eines unilateralen Zertifizierungssystems zusätzlich folgende Aspekte ausschlaggebend:

- internationale Konsultationen bei der Erstellung des Systems,
- System- und Kriterienflexibilität zur Anpassung des Zertifizierungssystems an die unterschiedlichen Rahmenbedingungen in verschiedenen Ländern,
- eine wissenschaftlich fundierte, umsetzbare und transparente Methodik innerhalb des Zertifizierungssystems,

- keine Ungleichbehandlung zwischen importierten und inländischen Bioenergieträgern durch das Zertifizierungssystem.

Die WTO-Kompatibilität der verpflichtenden Zertifizierungssysteme hängt somit in starkem Maße von der konkreten Ausgestaltung der Systeme ab.

Bei einer Überprüfung der damals in Vorbereitung befindlichen Nachhaltigkeitskriterien der EU folgerten WIP et al. (2007), dass Anforderungen an die Treibhausgasbilanz der Biokraftstoffe unkritisch bzw. WTO-konform seien, genauso wie der Ausschluss des Anbaus von biogenen Rohstoffen auf ehemaligen Regenwald- und Feuchtgebieten, da es einen internationalen Konsens über die Schutzwürdigkeit der genannten Flächen gibt. Allerdings könnte eine Beschränkung der schützenswerten Waldflächen auf Regenwaldflächen als Ungleichbehandlung der Energieträgerproduktion in Staaten mit und ohne Regenwäldern gewertet werden.

Auch ein Rechtsgutachten der Kanzlei Van Doorne (2007) zu den Kriterien des niederländischen Zertifizierungssystems bewertete Anforderungen an die Treibhausgasbilanz von biogenen Energieträgern und an die Kohlenstoffspeicherung innerhalb der bewirtschafteten Produktionsflächen als unkritisch. Sozioökonomische Kriterien wie

- der Beitrag der Produktion von biogenen Energieträgern zum Wohl der Bevölkerung in den Produktionsregionen oder
- die wirtschaftliche Partizipation der Produktionsregionen

würden hingegen eine Anfechtung durch die WTO provozieren, weil die Anwendung dieser Kriterien in der Praxis hauptsächlich auf importierte Bioenergieträger ziele, ähnlich wie soziale Kriterien im Bereich Arbeitsschutz und Landrechte.

Dass v. a. die WTO-Problematik eine Aufnahme von sozialen Standards in die EE-RL verhindert hat, wird von verschiedener Seite bezweifelt und erscheint tatsächlich nicht stichhaltig. Denn es wäre durchaus möglich, diese so zu formulieren, dass sie explizit sowohl in der EU als auch außerhalb der EU einzuhalten wären. Ausschlaggebend dürfte auch die ablehnende Haltung wichtiger Exportländer für biogene Rohstoffe und Biokraftstoffe gewesen sein, die eine Definition von Sozialstandards als Einmischung in innere Angelegenheiten beurteilt und ablehnt haben.

Insgesamt ist zur Frage der WTO-Kompatibilität von Zertifizierungssystemen festzuhalten, dass diese vor einer Einführung nie vollständig beurteilt werden kann. Das Transnational Institute (2007, S. 21) vermutet deshalb, dass Verweise auf eine mögliche mangelnde WTO-Kompatibilität bestimmter Regelungen in einem Zertifizierungssystem zumindest teilweise als Ausrede für die Erstellung wenig ambitionierter Systeme verwendet werden.

4.2 Begrenzte Reichweite von Zertifizierungssystemen

Eine fundamentale Begrenzung der Reichweite von Zertifizierungssystemen für Bioenergieträger liegt einerseits in der Beschränkung auf die energetische Nutzung der biogenen Rohstoffe und andererseits auf das Importland bzw. die entsprechende Ländergemeinschaft wie die EU. Zur flächendeckenden Vermeidung von ökologisch oder sozial bedenklichen Folgen der Nachfrage nach biogenen Rohstoffen müssten alle Länder und alle Wirtschaftszweige, die diese Rohstoffe nutzen, in einem oder mehreren Zertifizierungssystemen integriert werden. Eine derartige Entwicklung scheint – wenn überhaupt – nur über einen sehr langen Zeitraum realisierbar (Kap. V.5 u. VI.4.4).

Die Einführung von Zertifizierungssystemen auf nationaler Ebene kann mit dem Argument verteidigt werden, dass ein Nationalstaat ausschließlich für die umwelt- und sozialverträgliche Deckung der nationalen Nachfrage nach biogenen Rohstoffen verantwortlich gemacht werden kann. Eine Begrenzung der staatlichen Verantwortlichkeit auf einen einzelnen Wirtschaftszweig wird meist damit begründet, dass die Rohstoffnachfrage des Bioenergisektors primär durch staatliche Regelungen stimuliert wird und eine zusätzliche Nachfrage provoziert hat, die bestehende Probleme verstärken oder sogar erst hervorrufen kann. Als besonders schwierige Frage gilt das Problem der indirekten Effekte (Kap. V.4.4), sowohl mit Blick auf Landnutzungsänderungen als auch hinsichtlich landwirtschaftlicher Rohstoff- und insbesondere Nahrungsmittelpreise.

Zu beachten ist auch eine Benachteiligung schwächerer Marktakteure, wenn die Kosten für die Zertifizierung Kleinbauern gegenüber großen Unternehmen benachteiligen (Transnational Institute 2007, S. 18). Als Möglichkeit zur Vermeidung dieser Benachteiligung wird beispielsweise vom RSPO die Einführung einer „Zertifizierungsgebühr“ diskutiert, aus der eine Unterstützung von Kleinbauern bei der Durchführung des Zertifizierungsverfahrens finanziert werden könnte.

NGOs aus den Produktionsländern und aus der Entwicklungszusammenarbeit bemängeln darüber hinaus, dass Kleinbauern und andere zivilgesellschaftliche Initiativen bei der Erstellung der Zertifizierungskriterien in Europa bisher zu wenig beteiligt worden seien, z. B. beim Round Table on Sustainable Palm Oil und beim Round Table on Responsible Soy (Transnational Institute 2007, S. 28 ff.).

Dass die Auswahl der ökologischen Kriterien und Anforderungen einen weiten Spielraum lässt und daher Raum für Diskussion und Kritik, liegt im Wesen von Standardsetzungen. Spezifisch an dem mit der EE-RL etablierten System ist, dass auf eine Festlegung von Kriterien für den Schutz einzelner Umweltmedien (Boden, Wasser, Luft) verzichtet wurde sowie die Gleichsetzung der Cross-Compliance-Vorgaben mit Anforderungen einer nachhaltigen Landwirtschaft (Kap. V.2.1). Dass diese Gleichsetzung infrage gestellt werden kann, wurde ausführlich in Kapitel IV diskutiert.

Ein spezifischer Kritikpunkt an der EE-RL betrifft die Nutzung von Standardwerten für die Treibhausgasbilanzierung von Biokraftstoffen. Diese erleichtern den betroffenen Kraftstoffhändlern die Angabe ihrer Treibhausgasbilanzen, können die Emissionssituation im Einzelfall jedoch nicht exakt wiedergeben, sodass zumindest in Ausnahmefällen Biokraftstoffe mit einer negativen Emissionsbilanz für die Quotenerfüllung anerkannt werden dürften. Außerdem bietet die Verwendung von Standardwerten keinen Anreiz für die an der Wertschöpfungskette beteiligten Unternehmen, die Emissionen weiter zu verringern. Dass die Berechnung der Treibhausgasbilanzen einen kontinuierlich verbesserungswürdigen Prozess darstellt, diese Erkenntnis ist bei der Gestaltung der EE-RL allerdings unübersehbar berücksichtigt worden und hat in umfassenden Überprüfungs- und Anpassungsvorschriften des Artikel 19 ihren Niederschlag gefunden (EU 2009).

4.3 Umsetzung der Zertifizierungssysteme

Neben den prinzipiellen Beschränkungen sind mit Blick auf die tatsächliche Wirksamkeit vor allem Restriktionen wichtig, die sich bei der Implementierung, Umsetzung und Anwendung von Zertifizierungssystemen ergeben. Erfahrungen liegen bislang vor allem aus freiwilligen Zertifizierungssystemen sowie der Pilotphase des britischen Zertifizierungssystems vor. Die Erfahrungen der freiwilligen Zertifizierungssysteme sind dann von besonderer Bedeutung, wenn sie im Rahmen des verpflichtenden EU-Metastandardsystems akkreditiert werden sollen.

Die Grundherausforderung betrifft die Kontrolle der im Zertifizierungssystem vorgeschriebenen Produktionskriterien einschließlich einer Verhinderung von Manipulationen des Systems. Das Problem gilt als besonders groß, weil die Produktion von Bioenergieträgern oftmals in Entwicklungsländern und in großer räumlicher Entfernung zu den Importstaaten stattfindet. So stellte es sich laut OECD (2007a) bei der Zertifizierung von Holzprodukten heraus, dass die Fälschung von Transportpapieren relativ einfach zu bewerkstelligen war.

Eine systematische Analyse der Monitoring- und Verifizierungsschwächen des FSC (Forest Stewardship Council; Kap. V.3.1) findet sich im Bericht „Trading in Credibility“ der Rainforest Foundation (2002). In dem Bericht werden drei Hauptkritikpunkte genannt:

- Da Zertifizierungsunternehmen ein direktes wirtschaftliches Interesse an positiven Zertifizierungsergebnissen hatten, wurden mangelhafte Kontrollen durchgeführt. Zudem hatte der FSC kein funktionierendes Sanktionierungssystem entwickelt, um ordnungsgemäße Zertifizierungen sicherzustellen.
- Um ein starkes Wachstum der Menge an zertifizierten Produkten zu ermöglichen, wurde die Einbeziehung von potenziell „schwierigen“ Interessenvertretern (wie z. B. strikte NGOs aus dem Umwelt- und Sozialbereich) in das Zertifizierungsverfahren vernachlässigt.
- Da den Zertifizierungsunternehmen keine klaren Indikatoren für die Einhaltung der Kriterien des FSC vor-

gegeben wurden, konnten diese von den verschiedenen Zertifizierern unterschiedlich ausgelegt werden.

Eine möglichst weitgehende Konkretisierung der Vorgaben ist also nötig, um die Vergleichbarkeit der Zertifizierungsprozesse zu gewährleisten und den Ermessensspielraum der zertifizierenden Unternehmen zu begrenzen. Der Anreiz zur Manipulation im Rahmen eines Zertifizierungssystems dürfte umso größer sein, je größer die Preisdifferenz zwischen zertifizierten und nichtzertifizierten Produkten ist (OECD 2007a, S. 41). Eine große Preisdifferenz ist vor allem dann zu erwarten, wenn das Angebot an zertifizierten Rohstoffen geringer ist als die durch staatliche Vorgaben induzierte Nachfrage.

Im Rahmen eines Testlaufs vor der Einführung des Zertifizierungssystems in Großbritannien wurde von den betroffenen Kraftstoffunternehmen angegeben, dass sie ihrer Vorgabe zur Nutzung von zertifizierten Rohstoffen oftmals deshalb nicht nachkommen konnten, weil auf dem Markt nicht genügend zertifizierte Rohstoffe verfügbar waren. Zudem wurde von den Unternehmen herausgestellt, dass sie die Richtlinien zur Erstellung der Massenbilanzierung für die „chain of custody“ häufig nicht erfüllen konnten, da es für sie nicht möglich war, die dafür notwendigen Daten zu erhalten. Die Daten waren vor allem dann nicht verfügbar, wenn die Unternehmen die Rohstoffe auf dem Spotmarkt eingekauft hatten (Ecofys 2007c).

Für das Funktionieren eines Zertifizierungssystems ist es somit von entscheidender Bedeutung, dass ausreichend zertifizierte Rohstoffe verfügbar gemacht werden können. Neben der Menge der physisch vorhandenen, nachhaltig produzierten Rohstoffe kann in diesem Zusammenhang auch die Anerkennung von freiwilligen Zertifizierungssystemen in einem Metastandard eine kritische Rolle spielen. Durch erfolgreiche Anerkennungsverfahren wird das Angebot an zertifizierten Rohstoffen, das für die Einhaltung des Metastandard zur Verfügung steht, vergrößert. Derzeit gibt es für eine Reihe von Bioenergieträgern (wie zum Beispiel Jatropa) noch keine freiwilligen Zertifizierungssysteme. Eine Weiterentwicklung freiwilliger Systeme ist deshalb eine wichtige Voraussetzung für die Funktionalität der verpflichtenden Systeme (Kap. VI.4.1).

4.4 Vermeidung von Verdrängungseffekten

Die Problematik der Verdrängungseffekte (synonym: indirekte Landnutzungsänderungen u. Ä.; Kap. V.1) wurde in den Vorarbeiten zu allen verbindlichen Zertifizierungssystemen intensiv thematisiert. In der Begründung zum Entwurf der Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung in Deutschland wurde erläutert, dass an sich relevante Anforderungen zur Vermeidung negativer Auswirkungen indirekter Landnutzungsänderungen aus praktischen oder rechtlichen Gründen nicht als einzelbetriebliche Nachhaltigkeitsanforderungen formuliert werden können (BMF 2007, S. 27). Daher wurde gefordert, dass staatliche Behörden in Zusammenarbeit mit den Anbauländern die Entwicklung in diesen Ländern verfolgen und regelmäßig berichten. Dieser Vorschlag hat sich später in der EE-RL

als Berichtspflicht der Kommission niedergeschlagen (Kap. V.2.1).

Auch im Frühjahr 2009 stimmt die grundsätzliche Einschätzung des Bundesministeriums der Finanzen aus dem Herbst 2007, dass keine argumentativ und in ihren Auswirkungen auf die Handelsströme und die Landnutzung hinreichend abgesicherte Methodik zur Einbeziehung des indirekten Effekts einer Landnutzungsänderung in die Treibhausgasbilanzierung zur Verfügung steht (BMF 2007, S. 35).

Überlegungen bzw. Vorschläge für folgende Strategien liegen vor:

- Integration eines länderabhängigen „risk adders“ im Rahmen der Treibhausgasbilanzierung der Bioenergieträger (Öko-Institut/IFEU 2009, S. 7 f.)
- Produktion von Energiepflanzen auf ungenutzten Landflächen mit geringer Biodiversität (oder durch die Ertragssteigerung bestehender Plantagen oder die Nutzung biogener Abfälle) als Kriterium der Zertifizierung (Ecofys 2007b)
- Etablierung einer transparenten und partizipativen Landnutzungsplanung in den Exportländern (Fehrenbach 2007)
- Schaffung eines globalen, multilateralen Übereinkommens zum Schutze ökologisch wertvoller Landgebiete bzw. die Etablierung eines globalen Landnutzungsstandards (WBGU 2009)

Jeder dieser vier Vorschläge bringt große ungelöste Fragen mit sich.

Beim Vorschlag des „risk adders“ (Öko-Institut/IFEU 2009) soll die Treibhausgasbilanz der Produktion von Biokraftstoffen immer dann mit einem zusätzlichen Emissionsaufschlag belegt werden, wenn Verdrängungseffekte bei der Rohstoffproduktion nicht ausgeschlossen werden können. Die Höhe des „risk adders“ soll auf Basis der Kohlenstoffvorräte in verschiedenen Weltregionen sowie dem Anteil dieser Weltregionen an den globalen Exporten biogener Rohstoffe bestimmt werden. Für die Einführung eines solchen „risk adders“ spräche die einfache Integration in die Zertifizierungssysteme – dagegen die Tatsache, dass eine exakte quantitative Bestimmung des Risikos für die Zerstörung von Kohlenstoffvorräten durch Verdrängungseffekte auf globaler Ebene sehr aufwendig, wenn nicht gar unmöglich ist. Eine belastbare wissenschaftliche Fundierung ist angesichts der Unsicherheit des Wissens sowie der kontinuierlichen Veränderung der ökonomischen Situation wenig realistisch. Ob der Rückgriff auf eine Modellierung gesellschaftlich und politisch akzeptabel ist, ist sicherlich mit Skepsis zu bewerten.

Der Vorschlag der Beschränkung der Produktion von Energiepflanzen auf ungenutzte Landflächen mit geringer Biodiversität, auf die Ertragssteigerung bestehender Plantagen oder die Nutzung biogener Abfälle (Ecofys 2007b) käme einer massiven Verschärfung der Nachhaltigkeitskriterien gleich. Hinzu kommen diverse Einzelprobleme:

- Bisher gibt es keine anerkannte Methodologie für die Definition von ungenutzten Landflächen mit geringer Biodiversität. Befürchtet wird, dass eine Definition von Marginal- oder Brachlandflächen in der Praxis vor allem nach politischen Kriterien geschehen könnte (Transnational Institut 2007). Daher wird von Ecofys (2007b) vorgeschlagen, dass die Definition der geeigneten Flächen durch eine Arbeitsgemeinschaft aus den Regierungen der Import- und Exportländer, Nichtregierungsorganisationen aus dem Umwelt- und Sozialbereich (sowohl in den Import- als auch in den Exportstaaten), den betroffenen Unternehmen und Gemeinden und Biodiversitätsexperten erarbeitet wird. Ein entsprechendes Pilotprojekt, das von Ecofys und WWF ausgeführt wird, läuft derzeit in Indonesien.
- Unklar ist, welche Rohstoffmengen auf ungenutzten Landflächen mit geringer Biodiversität bereitgestellt werden könnten. Zur Quantifizierung des wirtschaftlichen Potenzials bedürfte es weiterführender Untersuchungen. Es erscheint fraglich, dass der schnellwachsende Bedarf an Bioenergieträgern für den Biokraftstoffmarkt allein durch den Anbau auf ungenutzten Landflächen gedeckt werden kann.
- Ertragssteigerungen auf bestehenden Flächen würden eine Intensivierung der Landwirtschaft bedeuten, die häufig mit negativen ökologischen Folgen einhergeht. Konkrete Schwierigkeiten dürfte auch der Nachweis der Ertragssteigerung über die Erfassung betrieblicher Ernteerträge machen.

Der Vorschlag einer transparenten und partizipativen Landnutzungsplanung in den Exportländern als verpflichtendes Nachhaltigkeitskriterium (Fehrenbach 2007) wirft insbesondere Zuständigkeits- und Bewertungsfragen auf: Welches Gremium soll entscheiden, dass das Kriterium erfüllt ist? Hinzu kommt, dass eine solche Maßnahme in einzelnen Ländern keine grenzüberschreitenden Verdrängungseffekte verhindern kann.

So erscheint im Endeffekt die Schaffung eines globalen, multilateralen Übereinkommens zum Schutze ökologisch wertvoller Landgebiete bzw. die Etablierung eines globalen Landnutzungsstandards (WBGU 2009) vermutlich als realistischste Perspektive, die allerdings eindeutig langfristig ausgerichtet ist (Kap. V.5). Ein solches Szenario ist dann auch kaum noch mit der konkreten Frage der Zertifizierung von Bioenergieträgern verbunden.

5. Vorschläge zur Fortentwicklung und Ausdehnung der Zertifizierung

Bei der Bioenergiezertifizierung stellen sich zwei große Zukunftsaufgaben für die kommenden Jahre: Zum einen die Umsetzung der getroffenen Entscheidungen in funktionierende Systeme und zum anderen, in Anbetracht der absehbar begrenzten Reichweite und der verbleibenden offenen Fragen, die Fortentwicklung im Sinn einer Erweiterung der Nachhaltigkeitskriterien sowie einer Ausdehnung auf weitere Produkte und Nutzungszwecke. Als langfristiges Ziel gilt dabei die Erfassung der weltweiten Biomasseproduktion – oder anders gesagt: eine global

nachhaltige, multifunktionale und leistungsstarke Landwirtschaft.

Die damit verbundenen Handlungsoptionen werden in Kapitel VI.4 behandelt. Im Folgenden wird ein Blick auf vorliegende Vorschläge zu mittel- und langfristigen Strategien der Politikgestaltung geworfen, die auf dem derzeitigen Zertifizierungsansatz aufbauen können: zum einen auf die vorläufigen Überlegungen von Öko-Institut und IFEU (Öko-Institut/IFEU 2009), zum anderen auf das WBGU-Gutachten „Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung“ (WBGU 2009).

Öko-Institut/IFEU (2009)

Öko-Institut und IFEU, die seit mehreren Jahren an dem Thema arbeiten, haben schon früh und immer wieder auf die Begrenzungen und Probleme des Konzepts verpflichtender Nachhaltigkeitsstandards (Kap. V.4) hingewiesen. In einem laufenden Projekt für das BMU (Kasten in Kap. V.2.2) beschäftigen sie sich u. a. mit strategischen Überlegungen, wie eine weiter gehende Einbindung von Nachhaltigkeitskriterien und -standards in globale Prozesse gelingen kann, d. h. welche Organisationen und Akteure auf internationaler Ebene für die Vereinbarung und Umsetzung freiwilliger und verpflichtender Standards infrage kommen und welche Anreize sich für Akteure schaffen lassen, damit sie an biomassebezogenen Nachhaltigkeitsstandards mitwirken bzw. diese nicht blockieren (Öko-Institut/IFEU 2009, S. 2).

Angenommen wird von Öko-Institut und IFEU, dass im internationalen Raum – also über die EU hinaus – kurzfristig nur verpflichtende Nachhaltigkeitsstandards für THG-Emissionen und bereits bestehende Schutzgebiete verhandelbar und erreichbar sind. Als zentraler Anlaufpunkt für eine Bemühung um „Globalisierung“ und Harmonisierung von THG-Standards und den flächenbezogenen Schutz der Biodiversität beim Biomasseanbau werden die Arbeitsgruppen der Global Bioenergy Partnership (GBEP; Kap. V.3.2) gesehen, in die auch Brasilien und China eingebunden wurden. Die GBEP ist nach Öko-Institut und IFEU der einzige Mechanismus, um soziale Nachhaltigkeitsaspekte (z. B. Ernährungssicherung, Arbeitsschutz) im Sinne von Austausch und Abstimmung zu verhandeln (Öko-Institut/IFEU 2009, S. 2).

Von besonderer mittelfristiger strategischer Bedeutung sei die Einbeziehung zentraler Nachhaltigkeitsfragen von Biomasse in die UN-Klimarahmenkonvention sowie die Biodiversitätskonvention. Im Rahmen der nächsten Vertragsstaatenkonferenz der UN-Klimarahmenkonvention in Kopenhagen im Dezember 2009 sei die Diskussion um REDD „reduced emissions from deforestation and degradation“ ein Ansatzpunkt, da degradierte Flächen viel Kohlenstoff binden können und Bioenergie hier eine sinnvolle Konutzung bieten könne. Und mit Blick auf die nächste Vertragsstaatenkonferenz der Biodiversitätskonvention im Oktober 2010 in Japan liegt ein Fragenkatalog zur Rolle der Biomasse vor, um dort mögliche globale Regelungen zu diskutieren (Öko-Institut/IFEU 2009, S. 2 f.). Langfristiges Ziel wäre ein weltweiter Schutz biodiversitätsrelevanter Flächen durch die kombinierte

Wirkung beider Konventionen. Derzeit ist nach Ansicht von Öko-Institut und IFEU kein anderer Ansatz absehbar, um effektiv die indirekten Effekte eines zunehmenden Biomasseanbaus zu beherrschen (Öko-Institut/IFEU 2009, S. 3).

Flankierend zu diesen langfristigen Bemühungen um weltweit verpflichtende Vereinbarungen gelte es, verbindliche projektbezogene Nachhaltigkeitsstandards für internationale und bilaterale Finanzierungseinrichtungen zu entwickeln, da diese „unterhalb“ der WTO-Schwelle liegen und auch lokale Umweltfragen (Boden, Wasser) sowie soziale Fragen umfassen können. Wie bei den verpflichtenden Nachhaltigkeitsstandards für Bioenergiemärkte könnten auch bei der Projektfinanzierung Deutschland (über die KfW) und die EU (über die EBRD und EIB) als Vorreiter auftreten und damit sowohl Anreize für z. B. die USA und Japan geben als auch ihre Stimmrechte in den multilateralen Finanzierungsinstitutionen entsprechend einsetzen (Öko-Institut/IFEU 2009, S. 3).

Und schließlich sollten parallel freiwillige Vereinbarungen unterstützt (wie der RSB; Kap. V.3.2) sowie im Rahmen von bilateralen Verträgen mit wichtigen Exportländern für Biomasse Vereinbarungen getroffen werden, die WTO-kritische Aspekte weiterentwickeln und „gute Praxis“ demonstrieren (Öko-Institut/IFEU 2009, S. A-4). Denkbar sei dabei die Etablierung verpflichtender Standards für den Schutz von Biodiversität erst einmal in ausgewählten Ländern wie Brasilien, Malaysia, Südafrika und Thailand, wobei es wichtig sei, historisch gerechte Regelungen zu finden (Öko-Institut/IFEU 2009, S. A-5).

Von einer Etablierung verpflichtender Nachhaltigkeitsstandards für Bioenergieträger wird dann erwartet, dass sie wegen des „Spill-over-Effekts“ positiv auf die gesamte Land- und Forstwirtschaft wirken: Ein solcher Übertragungseffekt ergäbe sich daraus, dass für biomasseanbauende Akteure zunehmend erwartet werden kann, dass sie erst nach der Ernte entscheiden, ob der Verkauf ihrer Produkte auf Nahrungs- bzw. Futtermittelmärkten oder auf den (entstehenden) reglementierten Märkten für Biokraftstoffe den maximalen Erlös verspricht. Diese Wahl ist nur möglich, wenn der biogene Rohstoff zuvor nach den Nachhaltigkeitsstandards des Teilssegments angebaut wurde (Öko-Institut/IFEU 2009, S. A-5). Insgesamt erachten Öko-Institut und IFEU langfristig die Übertragung bzw. Ausdehnung der Nachhaltigkeitskriterien und -standards auf die gesamte international gehandelte Biomasse als notwendig.

WBGU (2009)

Dieses Ziel – und auch der Weg dorthin – bilden einen zentralen Teil der Überlegungen und Handlungsempfehlungen des Wissenschaftlichen Beirats Globale Umweltveränderungen (WBGU) der Bundesregierung. Schon mittelfristig ist laut WBGU ein globaler Landnutzungsstandard anzustreben, der die Produktion aller Biomassearten für verschiedenste Nutzungen (Nahrungs- und Futtermittel, energetische und stoffliche Nutzung usw.)

länder- und sektorübergreifend regelt (WBGU 2009, S. 334).

Diese Zielstellung wird nicht nur aus Nachhaltigkeitserwägungen im engeren Sinn abgeleitet, sondern das Problem konkurrierender Landnutzung birgt nach Ansicht des WBGU ein über das Handlungsfeld der Bioenergie weit hinaus reichendes, zukünftiges Konfliktpotenzial. Bereits heute zeichneten sich krisenhafte Entwicklungen bei der Sicherung der Welternährung ab, die sich mit einer auf etwa 9 Mrd. anwachsenden Weltbevölkerung und zunehmend flächenintensiven Ernährungsmustern weiter verschärfen würden (Kap. III.1). Globales Landnutzungsmanagement werde daher zu einer zentralen Zukunftsaufgabe, wenn Konflikte um Land vermieden werden sollen (WBGU 2009, S. 18 f.).

Als „konkrete“ Vision schlägt der WBGU eine „globale Kommission für nachhaltige Landnutzung“ vor (WBGU 2009, S. 256). Die Aufgabe der Kommission sollte darin bestehen, die wichtigen Herausforderungen der globalen Landnutzung zu identifizieren und den Stand des Wissens zusammenzutragen. Darauf aufbauend sollte die Kommission Grundlagen, Mechanismen und Leitlinien zum globalen Landnutzungsmanagement erarbeiten. Die Kommission könnte beim UN-Umweltprogramm (UNEP) angesiedelt werden und in enger Zusammenarbeit mit anderen UN-Organisationen, z. B. der FAO, stehen. Die Ergebnisse sollten dann regelmäßig im Rahmen des globalen Umweltministerforums von UNEP oder des strategisch wichtigen Forums der Staats- und Regierungschefs (G8+5) auf die Agenda gesetzt werden (WBGU 2009, S. 19).

Die Einführung eines unilateralen Mindeststandards und entsprechender Zertifizierungssysteme durch die EU wird auch vom WBGU als sinnvoller erster Schritt beurteilt, der über bi- und multilaterale Abkommen abgesichert und ausgeweitet werden kann und sollte (WBGU 2009, S. 332 ff.). Der WBGU empfiehlt den europäischen Staaten, in künftigen Abkommen mit wichtigen Bioenergieproduktions- und -konsumentenländern verbindliche Nachhaltigkeitskriterien zu verankern. Bestehende bilaterale Verträge sollten in diese Richtung nachgebessert werden. Im Gegenzug sollten für die Handelspartner bei Einhaltung des Mindeststandards freier Marktzugang für Bioenergieträger gewährt werden (WBGU 2009, S. 13).

Einen wichtigen Schritt hin zu einem globalen Landnutzungsstandard würde die Etablierung von weltweiten Mindeststandards allgemein für Bioenergieträger darstellen. Ähnlich wie Öko-Institut und IFEU sieht der WBGU die Global Bioenergy Partnership (GBEP; Kap. V.3.2) als zentrales Forum zur Entwicklung eines weltweit einheitlichen Bioenergiestandards und um multilaterale Politikformulierung zu beschleunigen. Allerdings sei darauf hinzuwirken, dass betroffene zivilgesellschaftliche Akteure verstärkt am Dialog beteiligt werden (WBGU 2009, S. 18).

All diese Überlegungen betreffen Grundanforderungen an Bioenergieträger im Allgemeinen, d. h. als Voraussetzung für eine Handelbarkeit. Für die Förderung des Anbaus

von Energiepflanzen gehen die Überlegungen bzw. Vorschläge des WBGU viel weiter (WBGU 2009, S. 246 f.). Eine Förderung soll nur erfolgen, wenn sich aus Anbau und Verwendung nachweisliche und deutliche Verbesserungen in Form reduzierter Energiearmut oder nachweisliche Vorteile für den Klima-, Biodiversitäts-, Boden- sowie Wasserschutz ergeben und der Anbau auch bezüglich sozialer Kriterien positiv bewertet wird (WBGU 2009, S. 12).

6. Fazit

Die Förderung erneuerbarer Energien erfolgt mit dem Ziel der Ressourcenschonung und der Vermeidung negativer Umweltwirkungen, insbesondere der Verringerung von Klimagasemissionen. Um dies erreichen zu können, muss die Produktion der Energiepflanzen selbst so umweltverträglich wie möglich erfolgen (Kap. IV), und es muss gewährleistet sein, dass diese „positiven Umweltleistungen“ nicht durch Effekte auf die konkurrierende Produktion von Lebens- und Futtermitteln sowie Rohstoffen für die stoffliche Nutzung zunichte gemacht oder sogar ins Gegenteil verkehrt werden (Kap. III). Als zentrale Maßnahme, um negative Effekte zu verhindern, gelten die Etablierung von Nachhaltigkeitsstandards und eine verpflichtende Zertifizierung derjenigen Bioenergieträger, die für die Erfüllung politisch vorgegebener Quoten genutzt werden, bzw. für solche, deren Produktion mit öffentlichen Geldern gefördert werden. Im Sinn eines umfassenden Nachhaltigkeitsverständnisses müssten neben den ökologischen Wirkungen auch die sozioökonomischen Konsequenzen betrachtet werden, darunter v. a. eine Preissteigerung für landwirtschaftliche Rohstoffe insgesamt bzw. davon ausgehende Wirkungen auf die Ernährungssituation armer Bevölkerungsgruppen sowie eine Änderung der Eigentumsverhältnisse als Folge höherer Bodenpreise, insbesondere eine mögliche Verdrängung von Kleinbauern.

Mehrere EU-Mitgliedstaaten (insbesondere Deutschland, Großbritannien und die Niederlande) haben die Entwicklung von Nachhaltigkeitsstandards und Zertifizierungssystemen intensiv vorangetrieben. Im Januar 2008 hat die Europäische Kommission einen Vorschlag für eine Richtlinie zur Förderung von erneuerbaren Energien vorgelegt, die verpflichtende Nachhaltigkeitsanforderungen an flüssige Bioenergieträger für den Verkehrsbereich und den Einsatz in Kraftwerken zur Strom- und Wärmegewinnung enthält. Nach Beschluss durch das Europäische Parlament und den Europäischen Rat ist sie seit Juni 2009 in Kraft und muss von den Mitgliedsländern bis Ende 2010 in nationales Recht umgesetzt werden.

Entsprechend dieser Richtlinie muss die Nutzung flüssiger Biokraft- und Biobrennstoffe (gegenüber fossilen Referenzkraftstoffen) zu einer Treibhausgasreduzierung von mindestens 35 Prozent führen, ab 2017 dann von 50 Prozent und für Neuanlagen (nach 2017) von 60 Prozent. In der EU angebaute landwirtschaftliche Rohstoffe zur Herstellung von Biokraftstoffen müssen den umwelt- und landwirtschaftsbezogenen Bestimmungen der Cross-Compliance-Verordnung genügen. Grundsätzlich – und

damit auch außerhalb der EU – dürfen die landwirtschaftlichen Rohstoffe nicht auf Flächen produziert werden, die im oder nach Januar 2008 einen anerkannt hohen Wert hinsichtlich der biologischen Vielfalt hatten. Hierzu zählen von signifikanter menschlicher Tätigkeit unberührter Wald, für Naturschutzzwecke ausgewiesene Flächen sowie Grünland mit großer biologischer Vielfalt. Außerdem dürfen Rohstoffe nicht auf Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand gewonnen werden, d. h. in Feuchtgebieten und kontinuierlich bewaldeten Gebieten.

Anders als z. B. der deutsche Entwurf einer Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung umfasst die EU-Richtlinie keine expliziten Kriterien für Boden-, Luft- und Wasserschutz außerhalb der EU. Soziale bzw. sozioökonomische Kriterien sind bislang kein Teil der Zertifizierungskriterien. Allerdings ist die EU-Kommission verpflichtet, dem Europäischen Parlament und Rat in Bezug auf relevante Exportländer für Bioenergieträger alle zwei Jahre (zum ersten Mal 2012) über soziale Folgen einer erhöhten Nachfrage nach Biokraftstoff in der Gemeinschaft und in Drittländern zu berichten. Die Kommission soll Korrekturen der EU-Richtlinie vorschlagen, wenn nachweisbar ist, dass sich die Biokraftstoffherstellung in erheblichem Maße auf die Nahrungsmittelpreise auswirkt.

Indirekte Landnutzungsänderungen werden in der Treibhausgasbilanz ebenfalls nicht berücksichtigt. Auch zu dieser Frage muss die EU-Kommission dem Europäischen Parlament und Rat (bis Ende 2010) einen Bericht vorlegen. Offensichtlich ist, dass bislang keine argumentativ und in ihren Auswirkungen auf die Handelsströme und die Landnutzung hinreichend abgesicherte Methodik zur Einbeziehung des indirekten Effekts einer Landnutzungsänderung in die Treibhausgasbilanzierung zur Verfügung steht. Zur Lösung dieses Problems gibt es verschiedene Vorschläge: Zum einen wird eine Beschränkung des Energiepflanzenanbaus auf ungenutzte Landflächen mit geringer Biodiversität oder auf die Ertragssteigerung bestehender Plantagen und die Nutzung biogener Abfälle als Kriterium der Zertifizierung vorgeschlagen. Zum anderen ist die Integration eines länderabhängigen „risk adders“ im Rahmen der Treibhausgasbilanzierung der Bioenergieträger in die Diskussion gebracht worden.

Über die engere Frage der Energiepflanzenproduktion hinaus weisen Forderungen nach der Etablierung einer transparenten und partizipativen Landnutzungsplanung in den Exportländern sowie der Schaffung eines globalen, multilateralen Übereinkommens zum Schutze ökologisch wertvoller Landgebiete bzw. der Etablierung eines globalen Landnutzungsstandards. Der WBGU beurteilt die Einführung des unilateralen Mindeststandards und entsprechender Zertifizierungssysteme durch die EU als zwar sinnvollen, aber nur ersten Schritt, der über bi- und multilaterale Abkommen abgesichert, inhaltlich ausgeweitet und letztlich auf alle Formen der Biomasseproduktion bzw. die globale Landwirtschaft insgesamt ausgedehnt werden sollte.

VI. Handlungsoptionen

In diesem Kapitel werden Handlungsoptionen zur Gestaltung der Energiepflanzenutzung diskutiert, aufbauend auf den vorgehenden Analysekapiteln. Folgende Themenfelder werden behandelt:

- Unter „Ausbauziele und strategische Ausrichtung der Förderpolitik“ (Kap. VI.1) werden Fragen der strategischen Ausrichtung der Politik zu Bioenergie und Energiepflanzen diskutiert. Im Mittelpunkt stehen also grundlegende Richtungsentscheidungen bei der Ausgestaltung der deutschen (und europäischen) Förderpolitik, die Nutzungskonkurrenzen und Klimaschutzeffizienz entscheidend beeinflussen. Alternative Ausrichtungen hinsichtlich stofflicher oder energetischer Nutzung, Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe oder Energiepflanzen, stationäre oder mobile Nutzung, inländische Bioenergieerzeugung oder Import von Bioenergieträgern werden herausgearbeitet. Zusätzlich beeinflussen die nachhaltige Intensivierung der Agrarproduktion, die Chancen für Biokraftstoffe der nächsten Generation sowie die Höhe und Abstimmung der Ausbauziele, inwieweit es zukünftig zur Gefährdung der Ernährungssicherheit, zunehmenden Landnutzungskonkurrenzen und Verlusten an naturnahen Ökosystemen kommen kann.
- Das Kapitel VI.2 widmet sich dem Teilthema „umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion“, also neuen agrarumweltpolitischen Herausforderungen durch den Energiepflanzenanbau in Deutschland. Hier wird herausgearbeitet, welche Gestaltungsmöglichkeiten bestehen, die ordnungsrechtlichen Regelungen zur Landbewirtschaftung anzupassen. Da der Energiepflanzenanbau einen integrativen Bestandteil der Landwirtschaft darstellt, werden größtenteils Handlungsoptionen diskutiert, die ganz allgemein unerwünschte Umwelteffekte bei der Pflanzenproduktion verringern können und den Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln, Energiepflanzen und nachwachsenden Rohstoffen gleichermaßen betreffen.
- Der Themenbereich „Zertifizierung“ (Kap. VI.3) behandelt dagegen inländisch erzeugte ebenso wie importierte Bioenergieträger und sollte neben Umweltstandards auch sozioökonomische Anforderungen umfassen. Hier werden die Etablierung von Nachhaltigkeitsstandards und die verpflichtende Zertifizierung derjenigen Bioenergieträger, die für die Erfüllung politisch vorgegebener Quoten genutzt werden bzw. deren Produktion mit öffentlichen Geldern gefördert wird, dargestellt. Neben der nationalen Umsetzung und Implementierung des durch die EU-Richtlinie vorgegebenen Systems werden unterschiedliche Weiterentwicklungen im Sinne von Reichweitemausdehnungen diskutiert.

Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen werden jeweils der Stand der politischen Entscheidungen und vorliegende Empfehlungen ausgewählter, wichtiger Berichte vorgestellt, um darauf aufbauend schließlich die Handlungsoptionen zu beschreiben und zu diskutieren.

Eine Synthese und Zusammenfassung liefert abschließend das Kapitel VI.4 „Handlungsperspektiven zur Energiepflanzennutzung“. Die Gestaltungsbereiche bei Ausbauzielen und Förderpolitiken werden zu grundsätzlichen Ausrichtungen der Energiepflanzennutzung bzw. Handlungsperspektiven verdichtet und die Verbindungslinien zwischen den drei zuvor behandelten Themenfeldern herausgearbeitet.

1. Ausbauziele und strategische Ausrichtung der Förderpolitik

Noch im Frühjahr 2008 standen die weltweit stark steigenden Nahrungsmittelpreise und eine zunehmende Gefährdung der Ernährungssicherung, insbesondere für die Armen und in Entwicklungsländern mit Nahrungsmittelnettoimporten, im Mittelpunkt der öffentlichen und politischen Aufmerksamkeit (Kap. III.1.1). Ein wichtiger Diskussionspunkt dabei war, inwieweit die politisch geförderte Energiepflanzennutzung (insbesondere zur Biokraftstoffgewinnung) Flächennutzungskonkurrenzen verschärft und global zur Ausweitung landwirtschaftlicher Nutzflächen beiträgt.

Fast genauso steil, wie die Weltmarktpreise für Agrarprodukte zuvor gestiegen waren, sind sie seit dem Sommer 2008 wieder gefallen (allerdings nicht bis auf den niedrigen Ausgangswert von 2006). Ein Jahr später steht ein ganz anderes Problem im Zentrum der hiesigen politischen Aufmerksamkeit: Die Situation der deutschen und europäischen Landwirtschaft ist nun durch erhebliche Erlös- und Einkommensprobleme gekennzeichnet. Diese beiden Situationen können als Pole möglicher zukünftiger Entwicklungen betrachtet werden. Wissenschaftlich mehr oder weniger unstrittig ist, dass zukünftig die Agrarpreise – und damit sowohl die Nahrungsmittelpreise als auch die Rohstoffpreise für die Herstellung von Bioenergieträgern – enger an die Entwicklung der Energiepreise gekoppelt sein werden.

Die zukünftige Entwicklung der Landwirtschaft und der Raum für Energiepflanzennutzungen darin sind durch große Unsicherheiten gekennzeichnet. Im TAB-Projekt wurde versucht, dieser Unsicherheit durch Szenarienanalysen auf globaler, nationaler und regionaler Ebene gerecht zu werden (Kap. III). Mit den Szenarienanalysen wird gleichzeitig deutlich, dass die zukünftige Entwicklung der Energiepflanzennutzung von einem komplexen Zusammenwirken sozioökonomischer und politischer Rahmenbedingungen sowie ökonomischen und technologischen Entwicklungen abhängt.

Politisch festgelegte Ausbauziele und Förderstrategien zu Bioenergie und Energiepflanzennutzung sind nur ein Faktor unter vielen. Von ihrer Ausgestaltung ist es abhängig, in welchem Maße zu Flächen- und Nutzungskonkurrenzen beigetragen wird. Unstrittig ist, dass der politisch geförderte Ausbau der Bioenergie und insbesondere die Nutzung von Energiepflanzen nicht zu einer Gefährdung der Ernährungssicherheit über die Zunahme von Landnutzungskonkurrenzen führen oder die Zerstörung von Regenwäldern oder anderen naturnahen Ökosystemen auslösen sollen. Wie diese Zielsetzung erreicht werden kann,

wird im Folgenden für verschiedene Handlungsbereiche diskutiert. Für die identifizierten Handlungsoptionen wird jeweils herausgearbeitet, wie sie Chancen des Energiepflanzeneinsatzes nutzen und welche Probleme mit ihnen verbunden sind.

1.1 Stoffliche oder energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe: kurzfristige gegen langfristige Perspektiven abwägen

Neben der energetischen Nutzung kann Biomasse in vielfältigen stofflichen Nutzungen verwendet werden (ausführlich in TAB 2007a). Ein wichtiger Weg, diese beiden grundsätzlichen Nutzungsbereiche zu verknüpfen, sind Kaskaden- und Kopplungsnutzung. Die Strategie „Kaskadennutzung“ versucht, die biogenen Rohstoffe oder daraus hergestellte Produkte so lange wie möglich im Wirtschaftssystem zu nutzen. Das bedeutet, dass die Biomasse zunächst stofflich (ggf. über mehrere Nutzungsetappen oder Produkte) verwendet und erst am Ende des Produktzyklus energetisch verwertet wird. Unter einer „Kopplungsnutzung“ versteht man die parallele Erzeugung von Produkten und Energie aus Biomasse. Hierzu gehören die gleichzeitige Verwertung von bei der Verarbeitung von Biomasse anfallenden Nebenprodukten sowie die Erzeugung von Prozessenergie aus Prozessabfällen bei der Produktgewinnung aus Biomasse (z. B. bei Raps die Erzeugung von Futtermitteln wie Rapsschrot neben der Gewinnung Pflanzenöl als Biokraftstoff). Auch das Konzept der Bioraffinerie, das ein integratives Gesamtkonzept zur möglichst vollständigen Ausnutzung der Biomasse ist, fällt darunter (nach Rösch et al. 2008, S. 67).

Die Priorität der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe wird im Wesentlichen mit folgenden Argumenten begründet:

- Erdöl (und Erdgas) als Grundstoff der chemischen Industrie und vieler industrieller Anwendungen wird in Zukunft zunehmend knapp und damit teuer. Biomasse stellt eine alternative, regenerative Rohstoffbasis dar.
- Die energetische Nutzung von Biomasse ist nur einmal möglich, bei der stofflichen Nutzung kann hingegen am Ende des Lebenszyklus immer noch eine energetische Nutzung erfolgen.
- Im Gegensatz zur energetischen Nutzung erfährt die stoffliche Nutzung im Allgemeinen keine direkte staatliche Förderung. Deshalb werden bei wachsender Konkurrenz zunehmende Nachteile für die stoffliche Nutzung erwartet.

Stoffliche Nutzungen nachwachsender Rohstoffe sind heute teilweise schon wirtschaftlich. Der Marktanteil chemischer Grundstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen liegt in Deutschland derzeit bei ca. 10 Prozent (TAB 2007a). Unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen ist nur ein langsamer Ausbau der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu erwarten. Der relative Anteil der stofflichen Nutzung wird voraussichtlich in den nächsten Jahren sogar weiter zurückgehen, bedingt durch den weiteren Ausbau der energetischen Nutzung (Kap. III.2.4).

Stand der politischen Entscheidungen

Der nationale Biomasseaktionsplan für Deutschland formuliert, dass stoffliche Verwendungsformen, z. B. in der verarbeitenden Industrie, in der Regel Vorrang haben sollten. Nach Möglichkeit ist eine energetische Verwendung erst am Ende stofflicher Nutzungskaskaden anzustreben (BMU/BMELV 2009a, S. 14). Auf der Ebene der Maßnahmen wird dies aufgegriffen durch (nach BMU/BMELV 2009a, S. 20)

- Unterstützung von Nutzungskaskaden durch Förderung von Forschung, Entwicklung und Demonstration sowie durch geeignete rechtliche Rahmenbedingungen,
- Unterstützung der Kopplungsnutzung durch Forschung, Entwicklung und Demonstration, z. B. zum Konzept der Bioraffinerie.

Vorliegende Empfehlungen

Der WBGU (2009, S. 323) geht davon aus, dass besonders die chemische Industrie ein Substitut für den Rohstoff Erdöl braucht, wenn in absehbarer Zeit Erdöl zum knappen Gut wird. Anders als bei Energiedienstleistungen, die auch aus weiteren Energiequellen (wie Wind-, Wasser- und Solarenergie) erbracht werden können, ist die chemische Industrie von organischen Rohstoffen abhängig. Deshalb sollten Bioraffinerien, die heute zur Herstellung von Biomethan oder synthetischem Diesel entwickelt werden, so ausgelegt werden, dass später Rohstoffe für die chemische Industrie aus Biomasse bereitgestellt werden können. Weiterhin wird vorgeschlagen, für zentrale Stoff- und Produktkategorien (Zellstoff, Papierprodukte u. a.) Nachhaltigkeitsstandards für den Anbau und die Gewinnung der Rohstoffe festzulegen und Produktstandards mit hohen Recyclingquoten zu setzen (WBGU 2009, S. 16 f.).

Das Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) des International Council for Science (ICSU) fordert ebenfalls, vorrangig Biomasse für stoffliche Verwendungen zu nutzen und zu recyceln, und erst am Ende des Lebenszyklus energetisch zu verwerten (Howarth et al. 2009, S. 11).

Handlungsoptionen

Ein starker Ausbau stofflicher Nutzungen ist noch auf erhebliche Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen angewiesen. Zukünftige Nutzungsmöglichkeiten sind beschrieben (TAB 2007a). Beispielsweise ist das Konzept der Bioraffinerie noch in einem relativ frühen Entwicklungsstadium. Kopplungs- und Kaskadennutzungen sind vielfach noch eine grundsätzliche Idee, die weiter konkretisiert werden muss.

Eine eher langfristige Zielsetzung ist es, ein breites Spektrum stofflicher, industrieller Nutzungen anzustreben, mit einer energetischen Nutzung erst am Ende des Lebenszyklus der stofflichen Nutzungen. Kopplungs- und Kaskadennutzungen müssten dafür intensiv weiterentwickelt und gefördert werden.

Wenn einer solchen langfristigen Perspektive Priorität eingeräumt wird, dann sollte möglichst früh mit dem Umbau der Förderpolitik begonnen werden, damit die zukünftig für stoffliche Nutzungen benötigte landwirtschaftliche Biomasse zur Verfügung steht und nicht in der Zwischenzeit durch Investitionen und Anlagenkapazitäten für energetische Nutzungen blockiert wird.

Für einen verstärkten Ausbau ist eine staatliche Förderung (neuer) stofflicher Nutzungsbereiche notwendig. Dies würde eine Verlagerung der Förderung von der energetischen zur stofflichen Nutzung nahe legen. Problem bei der Förderung stofflicher Nutzungen ist die sehr große Vielfalt stofflicher Nutzungswege, die noch bedeutend größer ist als bei der energetischen Nutzung. Dies stellt ein erhebliches Problem für die Entwicklung zielgerichteter Förderstrategien dar.

Bei einem Vorrang einer kurzfristigen (bis mittelfristigen) Perspektive würde dagegen die bevorzugte Förderung der energetischen Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse beibehalten werden, um landwirtschaftliche Biomassepotenziale nicht ungenutzt zu lassen. Ein weiterer Ausbau wäre in dem hier diskutierten Konkurrenzverhältnis solange nicht problematisch, wie es nicht zu einer Verdrängung (ggf. ebenfalls zunehmender) stofflicher Nutzungen kommt. Weiterhin gehört zu diesem Ansatz, die heute schon vorhandenen biogenen Abfälle besser oder sogar vollständig zu nutzen (Kap. VI.1.2). Hinsichtlich des – parallel zu verfolgenden – langfristigen Ausbaus stofflicher Nutzungen nachwachsender Rohstoffe sollte dies ergänzt werden um

- eine Abschätzung der neu erschließbaren Potenziale und Nutzungswege für Kopplungs- und Kaskadennutzungen sowie
- die Entwicklung entsprechender Forschungs- und Technologiestrategien.

1.2 Biogene Rest- und Abfallstoffe: unausgeschöpfte Potenziale besser nutzen

Die energetische Nutzung von biogenen Abfall- und Reststoffen führt nicht zu Flächennutzungskonkurrenzen. Bei der Bioenergie aus Nichtenergiepflanzen (also Holz und die verschiedenen biogenen Reststofffraktionen) bestehen noch erhebliche nicht ausgeschöpfte Potenziale. Diese sind langfristig mehr oder weniger konstant, im Gegensatz zu den in der Zeit veränderlichen Potenzialen bei Energiepflanzen. Wichtige Fraktionen bei den Festbrennstoffen sind Stroh, Wald- und Schwachholz (inklusive des zusätzlich erschließbaren Waldholzes), Landschaftspflegegut, Industrieholz und Altholz sowie beim Biogas tierische Exkremate und organische Siedlungsabfälle. Die größten Unterschiede in den Potenzialabschätzungen sind bei Holz und Stroh zu finden, u. a. in Abhängigkeit von den angenommenen landwirtschaftlichen, umwelt- und naturschutzrechtlichen Restriktionen (TAB 2007b).

Die Bioenergieerzeugung aus biogenen Abfall- und Reststoffen ist in ihrer Wirtschaftlichkeit nicht von der zukünftigen Entwicklung der Agrarpreise abhängig. Da-

gegen führen steigende Agrarpreise zu höheren Rohstoffkosten für die energetische Biomassenutzung auf der Basis von Energiepflanzen und damit zu einer Verschlechterung der Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen erneuerbaren Energien (vgl. z. B. Heißenhuber et al. 2008; Leible et al. 2007; TAB 2007b).

Stand der politischen Entscheidungen

Der nationale Biomasseaktionsplan für Deutschland sieht vor, dass insbesondere Biomassepotenziale erschlossen werden sollen, die bisher nicht oder unzureichend genutzt werden, wie Waldresthölzer und Biomasse aus der Landschaftspflege, oder die bei Verarbeitungsprozessen in Form von Reststoffen oder Nebenprodukten sowie Abfällen anfallen. Dazu werden insbesondere Gülle und Stroh sowie Bioabfälle gezählt (BMU/BMELV 2009a, S. 12). Auf der Ebene der Maßnahmen wird dies umgesetzt durch (BMU/BMELV 2009a, S. 19):

- Anreize im EEG (Einführung des Güllebonus, des Landschaftspflegebonus und Anhebung der Grundvergütung für Anlagen bis 150 kW im EEG 2009) zum verstärkten Einsatz von Gülle und Bioabfällen (inklusive Landschaftspflegematerial),
- Forschung, Entwicklung und Demonstration zur verstärkten Nutzung von Stroh.

Vorliegende Empfehlungen

Der SRU (2007, S. 142) fordert, dass die Ausschöpfung des Reststoffpotenzials unter Beachtung ökologischer Restriktionen (z. B. bei der Nutzung von Stroh und Restwaldholz) Priorität vor einem verstärkten Anbau von Energiepflanzen erhalten sollte.

In derselben Richtung argumentiert der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik beim BMELV: Bei der Bioenergieförderung sollten Energielinien, die nicht auf Agrarflächen zugreifen oder auf Agrarflächen in Ergänzung zur Nahrungsproduktion betrieben werden können, Vorrang erhalten (Waldrestholz, Gülle, Klärschlamm, sonstige Abfall- und Reststoffe, im begrenzten Umfang auch Stroh) (WBA 2007, S. 219).

Nach Ansicht des WBGU (2009, S. 16) hat die Nutzung von biogenen Abfall- und Reststoffen den Vorteil, dass kaum Konkurrenzen zu bestehenden Landnutzungen auftreten und Treibhausgasemissionen aus Landnutzungsänderungen und dem Anbau entfallen. Insgesamt sollte deshalb der energetischen Verwertung von biogenem Abfall (einschließlich Kaskadennutzung) sowie Reststoffen grundsätzlich eine höhere Priorität eingeräumt werden als der Nutzung von Energiepflanzen (WBGU 2009, S. 6). Der Einsatz biogener Abfälle und Reststoffe sollte so gefördert werden, dass er gegenüber der Stromerzeugung aus Energiepflanzen klar bevorzugt wird. Flankierend werden geeignete Regulierungen zur Reststoffentnahme aus Land- und Forstwirtschaft sowie zur Abfalldeponierung und zu Kaskadennutzungen für erforderlich gehalten.

Handlungsoptionen

Die bisherige Bioenergieförderung in Deutschland hat hauptsächlich zum Ausbau der Energiepflanzenutzung geführt. Die von mehreren Sachverständigengremien erhobene Forderung, der Bioenergienutzung auf der Basis von biogenen Rest- und Abfallstoffen Priorität einzuräumen und diese bevorzugt zu fördern, beruht auf der Annahme, dass mit der Energiepflanzenutzung verschärfte Flächenkonkurrenzen und andere negative Folgewirkungen verbunden sind. Diese sind aber in erster Linie von der Höhe der Ausbauziele für Energiepflanzenutzungen abhängig (Kap. VI.1.8). Energetische Nutzungen von biogenen Rest- und Abfallstoffen bieten allerdings auch unabhängig von der Flächenkonkurrenz Vorteile wie niedrige CO₂-Vermeidungskosten und günstige Ökobilanzergebnisse (Kap. II.3). Wie die Szenarienanalysen des TAB-Projekts gezeigt haben (Kap. III.3), kann eine zu starke Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe (z. B. von Stroh) jedoch auch zu negativen Umweltwirkungen, insbesondere zu Humusverlusten führen. Daher sollten parallel entsprechende Regelungen zur Reststoffentnahme aus Landwirtschaft (und Forstwirtschaft) getroffen werden. Dies wird in Kapitel VI.2 diskutiert.

Vor diesem Hintergrund sollte die Bioenergienutzung auf der Basis von biogenen Rest- und Abfallstoffen bei der weiteren Ausgestaltung der Förderinstrumente (z. B. im Rahmen des Marktanzreizprogramms) stärker berücksichtigt werden, um die noch nichtausgeschöpften Potenziale besser zu nutzen. Weiterhin sollten die bestehenden technologischen und wirtschaftlichen Restriktionen (die nicht Untersuchungsgegenstand dieses TAB-Projekts waren) genauer analysiert und vorliegende Studien zielgerichtet ausgewertet werden, um eine erfolgreiche Förderpolitik zu unterstützen.

1.3 Stationäre oder mobile Nutzung: Klimaschutzeffizienz der Energiepflanzenfläche gegen Klimaschutzbeitrag des Verkehrssektors abwägen

Zahlreiche Untersuchungen haben belegt, dass die Erzeugung von Strom und Wärme mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) am wettbewerbsfähigsten ist und die beste Effizienz beim Klimaschutz aufweist, wie schon in den Basisanalysen dargelegt (TAB 2007b). Die Analyse der MEAD-Szenarien (Kap. III.3) zeigt, dass die Szenarien mit einer stärkeren Gewichtung der Strom- und Wärmeerzeugung aus biogenen Rest- und Abfallstoffen sowie aus Energiepflanzen hinsichtlich der Konkurrenzentwicklung besser abschneiden als die Szenarien mit einem Schwerpunkt auf Biokraftstoffen. Dies bedeutet, dass mit der Strom- und Wärmeerzeugung ein höherer Beitrag zur regenerativen Energieversorgung und zur Verminderung von Klimagasemissionen erreicht werden kann, als wenn auf der gleichen Fläche Biokraftstoffe erzeugt werden. Die Priorisierung der Strom- und Wärmeerzeugung oder aber der Biokraftstoffproduktion aus Energiepflanzen entscheidet somit über den Beitrag an der regenerativen Energieversorgung bei gegebener Fläche, während das

Ausmaß der zukünftigen Flächenkonkurrenzen durch die Höhe der jeweiligen Ausbauziele bestimmt wird.

Die Einsparung an Treibhausgasemissionen und die Schonung begrenzter fossiler Energieträger wird im Wesentlichen – ohne die Berücksichtigung von Landnutzungsänderungen – bestimmt durch

- die Flächenproduktivität der jeweiligen Energiepflanze,
- die Effizienz des Konversionsverfahrens,
- den Wirkungsgrad der Endenergienutzung und
- den ersetzten fossilen Energieträger.

Mehrjährige Anbaukulturen wie Kurzumtriebsplantagen und Energiegräser schneiden aufgrund ihrer hohen Energieerträge pro Fläche (Flächenproduktivität) günstig ab. Das gleiche gilt für tropische Kulturen wie Ölpalmen und Zuckerrohr.

Stand der politischen Entscheidungen

Die Bundesregierung hält die Nutzung von Bioenergie in den drei Bereichen Wärme, Strom und Kraftstoffe für unverzichtbar, um die Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien zu erreichen (BMU/BMELV 2009a, S. 11). In den letzten Jahren erfolgte der Ausbau des Energiepflanzenanbaus hauptsächlich für die Erzeugung von Biokraftstoffen. Bei der ebenfalls erheblich angestiegenen Biogaserzeugung wird bisher nur ein Teil der anfallenden Wärme genutzt (Kap. II.). Bei der energetischen Verwertung von Biomasse soll nach dem nationalen Biomasseaktionsplan für Deutschland zukünftig verstärkt auf Optionen gesetzt werden, die eine besonders hohe Treibhausgasreduzierung erreichen, wie z. B. die Wärmenutzung und die Kraft-Wärme-Kopplung (BMU/BMELV 2009a, S. 15). Maßnahmen zur Umsetzung dieser Zielsetzung sind das am 1. Januar 2009 in Kraft getretene Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), das Marktanzreizprogramm „Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt“, die Neufassung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG), u. a. mit einem deutlich erhöhten sogenannten KWK-Bonus, sowie die Änderung verschiedener Verordnungen, um die Einspeisung von aufbereitetem Biogas (Biomethan) in das Erdgasnetz leichter zu ermöglichen (nach BMU/BMELV 2009a, S. 21 ff.).

Vorliegende Empfehlungen

Stationäre Nutzung mit Kraft-Wärme-Kopplung kann bei gleicher Anbaufläche wesentlich höhere Energiepotenziale ausschöpfen als der Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehrsbereich. Deshalb wird gefordert, einen Ausbau dieser kombinierten Nutzung anzustreben (SRU 2007, S. 143 u. 146; ebenso Howarth et al. 2009, S. 12). Der SRU (2007, S. 148) schlägt in diesem Zusammenhang vor:

- Das Förderinstrumentarium sollte die energetische Vorzugswürdigkeit des Bioenergieeinsatzes im Wärme- und Strombereich besser berücksichtigen als bisher.

- Bei der Förderung der Markteinführung sollten keine Technologien gefördert werden, deren mittel- bis langfristiger Klimaschutzbeitrag nicht in einem vernünftigen Referenzrahmen von gesamtwirtschaftlich kosteneffizienten Klimaschutzmaßnahmen liegt.

Der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik beim BMELV argumentiert allgemein, dass die knappen Ressourcen auf die effizientesten Klimaschutzstrategien konzentriert werden sollten (WBA 2007, S. 218).

Der WBGU (2009, S. 7 f.) betont ebenfalls, dass KWK-Pfade insgesamt sowohl den reinen Strom- als auch den reinen Wärmenutzungspfaden vorzuziehen sind. Weiterhin stellt er fest, dass Biokraftstoffe der 1. Generation, die auf Ackerland mit temperaten, einjährigen Anbaukulturen erzeugt werden (z. B. Biodiesel aus Raps oder Bioethanol aus Mais), hinsichtlich der Klimaschutzwirkung sehr ungünstig abschneiden. Unter Berücksichtigung der Emissionen aus indirekten Landnutzungsänderungen führen sie in der Regel sogar zu höheren Emissionen als die Nutzung fossiler Kraftstoffe (WBGU 2009, S. 8).

Bei der Wahl der Energiepflanzen wird argumentiert, dass mehrjährige Anbaukulturen wie Jatropha, Ölpalmen, Kurzumtriebsplantagen (schnellwachsende Hölzer) und Energiegräser hinsichtlich der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und der Flächenenerträge besser abschneiden als einjährige Anbaukulturen wie Raps, Getreide oder Mais und daher grundsätzlich zu bevorzugen sind (WBGU 2009, S. 7). Diese Einschätzung wird auch vom Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) des International Council for Science (ICSU) bestätigt, das im Anbau von mehrjährigen Pflanzen mit geringem Input, wie Kurzumtriebsplantagen und Energiegräsern, eine effektive Quelle für cellulosehaltige Biomasse sieht, verbunden mit Umweltvorteilen wie geringen Treibhausgasemissionen und Umweltbelastungen im Anbau (Howarth et al. 2009, S. 11).

Handlungsoptionen

Der hohe Klimaschutzbeitrag und die effektive Flächennutzung bei der Erzeugung von Strom und Wärme über Kraft-Wärme-Kopplung im stationären Bereich sind an die Effizienz der Konversionsverfahren und den Wirkungsgrad der Endenergienutzung gekoppelt. Die Treibhausgasreduktion fällt besonders hoch aus, wenn eine Kohleverstromung ersetzt wird. Wenn das Entscheidungskriterium ist, einen möglichst hohen Beitrag zur regenerativen Energieversorgung von der verfügbaren Fläche und produzierbaren Biomasse zu erreichen, dann sollte dem stationären Bereich eindeutig Priorität eingeräumt und die Förderinstrumente daran ausgerichtet werden.

Wenn Flächenkonkurrenzen vermieden werden sollen, dann müssen parallel zur verstärkten Förderung der Strom- und Wärmenutzung auch Ausbauziele und Förderung bei den Biokraftstoffen angepasst werden. Das Einfrieren der Biokraftstoffquoten bis 2014 (Kap. VI.1.5) kann als ein erster Schritt dazu betrachtet werden, wobei

dieser allerdings nicht mit der Verlagerung der Priorität auf die Strom- und Wärmeerzeugung begründet wurde.

Der Vorteil der stationären Nutzung zur Strom- und Wärmeerzeugung ist an die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung gebunden. Unsicherheiten bestehen hier, inwieweit ambitionierte Ziele zum Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung erreicht werden können. Dies ist stark an den Ausbau von Nah- und Fernwärmeversorgungen gebunden. Beispielsweise ist bei der Stromerzeugung aus Biogas in vielen Fällen die Wärmenutzung nicht zufriedenstellend (IE 2007b, S. 64 f.). Eine Ausrichtung auf die stationäre Nutzung erfordert daher gezielte Maßnahmen, um entsprechende Hemmnisse zu überwinden.

Die geringe Effizienz bei der mobilen Nutzung ist entscheidend bestimmt durch den geringeren Wirkungsgrad der Verbrennungsmotoren in Fahrzeugen (gegenüber den sehr hohen Wirkungsgraden bei der Kraft-Wärme-Kopplung). Dieser niedrige Wirkungsgrad im Verkehrsbereich gilt gleichermaßen für fossile Kraftstoffe wie für Biokraftstoffe. Wenn bei den Entscheidungskriterien die unterschiedlichen Wirkungsgrade in den Nutzungsbereichen einbezogen werden, dann können Biokraftstoffe in der Ausbastrategie berücksichtigt werden.

Ein weiteres Argument für die Bedeutung von Biokraftstoffen ist, das für die regenerative Strom- und Wärmeerzeugung zahlreiche Alternativen (z. B. Windenergie, Photovoltaik, Geothermie) zur Verfügung stehen, während im Verkehrsbereich auf absehbare Zeit keine alternativen Kraftstoffe vorhanden sind.

Eine Erhöhung (bzw. schon die Beibehaltung) der beschlossenen Biokraftstoffquoten bedeutet allerdings, dass nur ein begrenzter bis kein Spielraum für eine weitere Förderung der Strom- und Wärmenutzung auf der Basis von Energiepflanzen besteht, wenn Flächenkonkurrenzen und Verdrängungseffekte bei der Nahrungsmittelerzeugung vermieden werden sollen.

1.4 Landwirtschaft als Rohstofflieferant oder Bioenergieproduzent

Die Biomasseerzeugung für eine energetische Nutzung ist neben der Nahrungsmittelproduktion zunehmend zu einem weiteren Standbein der deutschen Landwirtschaft geworden. Dabei ergeben sich für die landwirtschaftlichen Betriebe zwei Möglichkeiten, die den Anteil der Landwirtschaft an der Wertschöpfungskette Bioenergie entscheidend mit bestimmen:

- landwirtschaftliche Betriebe als Rohstofflieferant oder
- Bioenergieerzeugung im landwirtschaftlichen Betrieb bzw. in der Region.

Ob Bioenergeträger lokal bzw. regional, auf nationaler bzw. europäischer Ebene oder über den internationalen Handel genutzt werden, hängt einerseits von der Transportwürdigkeit der Bioenergeträger und der kostengünstigsten Größe von Konversionsanlagen ab. Andererseits bestimmt die politische Ausgestaltung der Förderinstrumente entscheidend mit, welche Energiepflanzen über welche Konversionspfade genutzt werden. Mit Aus-

baustrategien zur Energiepflanzenutzung können also weitreichende strukturpolitische Wirkungen verbunden sein.

Stand der politischen Entscheidungen

Laut nationalem Biomasseaktionsplan für Deutschland soll die Bioenergienutzung unter anderen Zielen auch einen Beitrag zu Beschäftigung und Wertschöpfung, insbesondere im ländlichen Raum, leisten (BMU/BMELV 2009a, S. 10).

Strukturelle Wirkungen sind insbesondere mit der Änderung der Förderinstrumente im Bereich der Biokraftstoffe verbunden. Mit dem am 1. Januar 2007 in Kraft getretenen Biokraftstoffquotengesetz wurde eine Umstellung von der Steuerbegünstigung hin zu einem gesetzlich bestimmten Mindestanteil (Quote) der Biokraftstoffe am Kraftstoffabsatz vorgenommen. Eine degressiv gestaffelte steuerliche Begünstigung besteht für reinen Biodiesel und reines Pflanzenöl (die nicht der Erfüllung der Biokraftstoffquote dienen) bis Ende 2012 (BMU/BMELV 2009b, S. 16 f.). Gründe für diese Umgestaltung der Förderpolitik waren, dass die Mineralölsteuerausfälle zunehmen und der mengenmäßige Ausbau der Biokraftstoffe besser steuerbar werden sollte.

Dies führte zu deutlichen Verschiebungen im Markt für Biokraftstoffe. Der Reinkraftstoffmarkt ist in den letzten zwei Jahren dramatisch zurückgegangen. Der Absatz von Pflanzenölen hat sich 2008 gegenüber dem Vorjahr halbiert (BMU 2009, S. 10; VDB 2008). 2009 ist der Markt bei Biodiesel um rd. 70 Prozent, der für Pflanzenölkraftstoff um 90 Prozent gegenüber 2008 eingebrochen (Bundesverband Pflanzenöl 2010). Die Folge sind strukturelle Veränderungen, denn von der nicht mehr vorhandenen Konkurrenzfähigkeit von Pflanzenölkraftstoffen sind vor allem kleinere und mittlere, dezentrale Ölmühlen betroffen, die keine Alternativen zur Reinkraftstoffvermarktung haben. Dies führte zu Stilllegungen und Insolvenzen. Bei Biodiesel wurde der Absatzrückgang von Reinkraftstoff durch die Zunahme bei der Beimischung nicht ausgeglichen (UFOP 2009). Außerdem haben mittelständische Biodieselersteller Schwierigkeiten, Zugang zum Beimischungsmarkt zu bekommen.

BtL und Alkohole aus Lignocellulose sind als „besonders förderwürdige Biokraftstoffe“ bis 2015 steuerbegünstigt (unter Berücksichtigung der Überkompensationsregelung), auch wenn sie zur Erfüllung der Biokraftstoffquote dienen (BMU/BMELV 2009b, S. 17). Die sehr hohen Investitionskosten für BtL-Anlagen werden voraussichtlich dazu führen, dass diese nur von Finanzinvestoren oder Großunternehmen (z. B. aus der Mineralölindustrie) erstellt und betrieben werden können. Im Gegensatz dazu war der Biodieselmart bisher stark durch regionale Wirtschaftskreisläufe – von den Landwirten über mittelständische Biodieselersteller bis zu lokalen Spediteuren – geprägt.

Im Wettbewerb Bioenergieregionen des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) werden ab Juni 2009 25 regionale Pro-

jekte gefördert. Wettbewerbsziele für Deutschland sind (BMELV 2009):

- Ausschöpfung des wirtschaftlichen Potenzials der Bioenergie für den ländlichen Raum,
- Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele Deutschlands,
- Schaffung von Alternativen zu Energieimporten,
- Vorbildregionen mit innovativen Energiekonzepten.

Vorliegende Empfehlungen

Der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik beim BMELV stellt fest, dass die Bioenergiepolitik der Vergangenheit in erheblichem Maße zu Investitionen geführt hat, für die absehbar ist, dass sie ohne andauernde Subventionierung nicht rentabel betrieben werden können (z. B. bei Biodiesel). Nach Auffassung des Beirats können günstigere Arbeitsplatzwirkungen erreicht werden (WBA 2007, S. 192), wenn

- bei der dezentralen Stromerzeugung aus Biomasse die anfallende Wärme konsequent (insbesondere als Prozessenergie) genutzt wird und daraus Impulse für regionale Entwicklungsprozesse frei gesetzt werden,
- mehr Finanzmittel in Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (anstelle der Verbreitung von Standardtechnologien) gelenkt werden und damit technologieorientierte Arbeitsplätze entstehen,
- der Mitteleinsatz stärker auf jene Bioenergieproduktlinien und Konversionstechnologien konzentriert wird, die zukünftig im weltweiten Maßstab das Geschehen im Bereich Bioenergie bestimmen.

Im Gegensatz zu dieser internationalen Ausrichtung wird beispielsweise in einem Bericht für die USA argumentiert, die Schaffung von Arbeitsplätzen durch Ausrichtung auf regionale und lokale Märkte zu fördern (Sierra Club/Worldwatch Institute 2009).

Handlungsoptionen

Solange Förderstrategien bei Konversionspfaden ansetzen, sind mit der Auswahl der geförderten Konversionspfade auch unmittelbar regionalpolitische Wirkungen verbunden. Neben der Klimaschutzeffizienz und Wirtschaftlichkeit sollten deshalb auch regionalpolitische Ziele bei der Ausgestaltung der Förderinstrumente berücksichtigt werden. Zwei unterschiedliche Ausrichtungen können dabei verfolgt werden:

Wenn die Landwirtschaft wesentlich als Rohstofflieferant für Bioenergieträger, ggf. auch im internationalen Wettbewerb (Kap. VI.1.5), gesehen wird, um mit der Energiepflanzenutzung einen Klimaschutzbeitrag mit möglichst niedrigen Kosten der Energieträgerproduktion zu erreichen, dann sollten regionalpolitische Ziele für den Energiepflanzenanbau nachrangig sein. Im Biokraftstoffbereich ist dies durch die Quotenregelung mehr oder weniger gegeben, die über europäische und internationale Beschaffungsmärkte erfüllt werden kann. Im Strom- und

Wärmebereich wäre die EEG-Förderung an möglichst geringen CO₂-Vermeidungskosten auszurichten. Bei der Forschungs- und Entwicklungsförderung sollten dann Konversionspfade und -technologien (wie z. B. BtL und Ethanolherzeugung aus holzartiger Biomasse) im Mittelpunkt stehen, die auch für internationale Märkte interessant sind. Damit können dann indirekt auch positive regionale Effekte erzielt werden, die sich aus Technologieentwicklung und -export ergeben. Nachteil dieses Ansatzes ist, dass die Erfolgsaussichten neuer Technologien von der internationalen Energiepreisentwicklung und Bioenergieförderung abhängig sind.

Wenn die Nutzung regionaler Bioenergiepotenziale eine wichtige Rolle spielen soll und gefördert wird (wie z. B. mit dem Wettbewerb Bioenergieregionen), dann sollten die Förderinstrumente insgesamt auch so ausgestaltet werden, dass sie günstige Rahmenbedingungen für regionale Innovationen und Nutzungen schaffen. Im Strom- und Wärmebereich sollten dann mittels EEG besonders die Konversionswege gefördert werden, die neben einem günstigen Klimaschutzbeitrag auch auf eine lokale bzw. regionale Biomasseversorgung (wie z. B. Biogas) angewiesen sind. Bei den Biokraftstoffen wird die Steuerbefreiung von Reinkraftstoff (bzw. Besteuerung ohne Unterkompensation) als Möglichkeit diskutiert, um gezielt regionale Wirtschaftskreisläufe zu fördern. Förderkontinuität ist gerade für den Aufbau regionaler Bioenergienutzung von hoher Bedeutung. Bei den Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen wären regionale Innovationsnetzwerke, unter Beteiligung von Akteuren aus den regionalen Wertschöpfungsketten, besonders zu fördern. Nachteil dieses Ansatzes ist, dass der Ausbau der Bioenergienutzung aufgrund des notwendigen Aufbaus komplexerer regionaler Innovationsnetzwerke voraussichtlich nur langsamer verlaufen kann, als wenn über den Weltmarkt kurzfristig verfügbare Bioenergieträger bzw. Biokraftstoffe beschafft werden.

1.5 Verhältnis von inländischer Bioenergieerzeugung und Import von Bioenergieträgern gezielt gestalten

Bei ehrgeizigen Ausbauzielen, insbesondere für Biokraftstoffe, reichen die inländischen – und auch die europäischen – Produktionspotenziale nicht aus, und es wird zum zunehmenden Import von Bioenergieträgern kommen (BAU-Szenarien in Kap. III.2.4). Ein verschärfter Außenschutz oder eine erhöhte Förderung inländischer Bioenergieträger würde bewirken, dass es zu einer Verdrängung von der Nahrungsmittelproduktion kommt und auf dieser Weise Flächenkonkurrenzen exportiert werden (MEA-D-Szenario „Order from Strength“ in Kap. III.2.3).

In wirtschaftlicher Hinsicht stellt sich die Frage, wo Biokraftstoffe am kostengünstigsten und flächenproduktivsten hergestellt werden können. Tropische Länder in Lateinamerika und Südostasien und Pflanzen wie Ölpalme und Zuckerrohr sind hier gegenüber europäischen, gemäßigten Produktionsstandorten und Anbaukulturen eindeutig überlegen. Daher weisen importierte Biokraftstoffe

häufig eine günstigere Energiebilanz und höhere Treibhausgaseinsparungen auf, solange mit ihrem Anbau keine direkten oder indirekten Landnutzungsänderungen verbunden sind (Kap. II.3). Stromerzeugung in BHKW kann ebenfalls auf importierten Pflanzenölen (z. B. Palmöl) beruhen. Die Szenarienanalysen haben gezeigt (Kap. III.2.3), dass hohe Importanteile einerseits aufgrund der höheren Flächenproduktivität zu einem geringen Flächenbedarf führen. Auf diese Sachverhalte gründet sich die Forderung, den bestehenden Außenschutz für Bioenergieträger (insbesondere bei Bioethanol) abzubauen. Dies wird besonders von denjenigen unterstützt, die auch sonst von einer Liberalisierung des internationalen Agrarhandels überwiegend positive Wirkungen erwarten.

Andererseits stammen Importe von Bioenergieträgern vor allem aus Regionen, in denen natürliche Ökosysteme (insbesondere Regenwälder) schon bisher durch die Lebens- und Futtermittelerzeugung unter erheblichem Druck stehen (Kap. III.1.6). Die Erarbeitung von anwendbaren Nachhaltigkeitsstandards und der Aufbau von Zertifizierungssystemen brauchen Zeit, und die Einbeziehung von indirekten Landnutzungsänderungen wird mit Zertifizierungssystemen ausschließlich für Bioenergieträger vermutlich nicht gelingen. Insbesondere durch den Import von Biokraftstoffen könnte der zukünftig sowieso wachsende Druck auf natürliche Ökosysteme daher noch weiter verstärkt werden.

Das Verhältnis von inländischer Bioenergieerzeugung und Importen von Bioenergieträgern wird neben der zukünftigen Entwicklung der Wirtschaftlichkeit wesentlich bestimmt durch die politische Gestaltung des Außenschutzes bei Bioenergieträgern sowie die Auswahl der geförderten Bioenergielinien. Je stärker die Förderung auf solche Energiepflanzenutzungen zielt, die auf einer lokalen bzw. regionalen Nutzung beruhen (z. B. Biogas), desto weniger spielen Importe von Bioenergieträgern eine Rolle, weil für größere Entfernungen die Transportkosten zu hoch sind.

Der Import von Bioenergieträgern (Biokraftstoffen) in die EU hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Im Jahr 2007 betrug der Nettoimport von Bioethanol 397 000 t RÖE und der von Biodiesel 1,8 Mio. t RÖE. Hauptursache für den starken Anstieg der Importe von Biodiesel ist der geringere Preis von Sojaölmethylester aus den USA, bedingt durch deren Subventionierung von Biokraftstoffen, was im März 2009 zur Einführung von vorläufigen Antidumping- und Ausgleichszöllen durch die EU-Kommission führte (Europäische Kommission 2009, S. 8).

Stand der politischen Entscheidungen

Der nationale Biomasseaktionsplan für Deutschland geht davon aus, dass Deutschland mittelfristig aus Wettbewerbsgründen zunehmend auf Importe von Bioenergieträgern aus anderen EU-Mitgliedstaaten oder Drittländern angewiesen sein wird, um die energiepolitischen Ziele zu

erreichen (BMU/BMELV 2009a, S. 14). Die Bundesregierung setzt sich für die Schaffung eines kohärenten Zollsystems ein, das Biokraftstoffe, anders als bislang, nach einer einheitlichen Nomenklatur erfasst (BMU/BMELV 2009a, S. 20). Hinsichtlich der unterschiedlichen Importzölle für Bioethanol und Biodiesel wird nur festgestellt, dass die Zollsätze im Rahmen der laufenden WTO-Runde überprüft werden, ohne eine Position hinsichtlich des Außenschutzes zu beziehen.

Vorliegende Empfehlungen

Der SRU (2007, S. 143) stellt fest, dass ambitionierte Ziele für Biokraftstoffe den Import von Biomasse bzw. biogenen Energieträgern forcieren. Als Schlussfolgerung formuliert der SRU Empfehlungen zu den Ausbauzielen und einer nachhaltigen, integrierten Biomasseförderungsstrategie (Kap. 1.8), leitet aber keine Vorschläge zur Importgestaltung ab.

Für den WBGU (2009, S. 8) sind Import und Nutzung von Biokraftstoffen problematisch, da es noch keine etablierten Nachhaltigkeitsstandards für Biokraftstoffe gibt. Seine Einschätzung ist darüber hinaus, dass nach einer Einführung entsprechender Mindeststandards der Import von Pflanzenölen und Bioethanol beispielsweise aus tropischer Produktion für Strom- und Wärmeanwendungen sinnvoll sein kann. Für die Übergangszeit sollte jedoch die Förderung von solchen Biokraftstoffen, die einem Mindeststandard nicht genügen, unterlassen werden.

Nach Ansicht des Wissenschaftlichen Beirats Agrarpolitik beim BMELV sollte sich die Förderung auf die Verwendung und nicht auf die Erzeugung der Bioenergie konzentrieren. Die Bioenergieerzeugung sollte an den jeweils am besten geeigneten Standorten erfolgen und nicht durch Importzölle für Bioenergieträger behindert werden (WBA 2007, S. 220). Der freie Handel mit Biokraftstoffen sollte schrittweise verbessert werden, insbesondere der Abbau des Zollschatzes für Alkohol (WBA 2007, S. 230). Andererseits vertritt der Beirat die Einschätzung, dass auch der Verbrauch von zertifizierten, importierten Bioenergieträgern die Nutzungskonkurrenz verschärft (WBA 2007, S. 221).

Der WBGU schlägt vor, spürbare Marktzugangserleichterungen (z. B. deutliche Zollerleichterungen) für diejenigen Handelspartner vorzusehen, die die Mindeststandards einhalten, um die Akzeptanz von Mindeststandards zu erhöhen. Zudem sollten generell die Zölle und Exportsubventionen im Agrarsektor weiter abgebaut werden (WBGU 2009, S. 255). Als mittel- bis längerfristige Perspektive wird eine weitgehende, differenzierte Liberalisierung der Weltagrarmärkte mit Ausnahmeregelungen für Entwicklungsländer und besonderer Unterstützung für „Low-Income Food-Deficit Countries“ gefordert (WBGU 2009, S. 269 f.). Weiterhin wird vorgeschlagen, ein internationales Abkommen über (Bio-)Energiesubventionen zu initiieren, z. B. im Rahmen eines multilateralen Energiesubventionsabkommens (MESA) (WBGU 2009, S. 16).

Handlungsoptionen

Der weitere Verlauf der aktuellen WTO-Verhandlungsrunde, mit einer weiteren Liberalisierung der internationalen Agrarmärkte als Zielsetzung, wird wichtige Rahmenbedingungen setzen. Angesichts der aktuellen Einkommenskrise in der europäischen Landwirtschaft und der wieder zunehmenden Bedeutung von Exportsubventionen ist ein erfolgreicher Abschluss aber ungewiss. Außerdem zeigen die aktuellen Handelskonflikte, dass durch entsprechende Förderpolitiken für Energiepflanzen auch indirekt Verzerrungen der Märkte ausgelöst werden können. Dies wird es nicht erleichtern, zu internationalen Übereinkommen zu gelangen.

Wenn ökonomische Aspekte im Vordergrund stehen, sollte ein Abbau des bestehenden Außenschutzes für Bioenergieträger (insbesondere bei Bioethanol) vorgenommen werden, da dadurch deren kostengünstigste Erzeugung genutzt werden könnte. Bei einer solchen Liberalisierung für Bioenergieträger besteht allerdings die Gefahr, mit den erhöhten Importen direkte und indirekte Landnutzungsänderungen auszulösen. Eine notwendige Voraussetzung für einen Außenschutzabbau wäre deshalb eine funktionsfähige und effektive Zertifizierung (Kap. VI.3), wenn negative Wirkungen auf Umwelt und soziale Verhältnisse vermieden werden sollen.

Eine abgestufte Lösung ist, Marktzugangserleichterungen (z. B. deutliche Zollerleichterungen) nur den Entwicklungs- und Schwellenländern zu gewähren, die Mindeststandards einhalten. Dies könnte mittels bilateraler Abkommen mit wichtigen Erzeugerländern für Bioenergieträger erreicht werden.

Schließlich sind die Höhe der Ausbauziele und die Auswahl der geförderten Bioenergielinien entscheidend dafür, welche Bedeutung importierte Bioenergieträger erlangen können. Bei einer deutlichen Ausrichtung der Förderpolitik auf regionale Bioenergiepotenziale (Kap. VI.1.4) entfällt die Notwendigkeit, die Ausgestaltung des Außenschutzes zu verändern.

1.6 Nachhaltige Intensivierung der Agrarproduktion

Die globalen MEA-Szenarien zeigen, dass die pro Kopf der Weltbevölkerung zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Anbaufläche von derzeit rund 0,25 ha auf etwa 0,2 ha pro Kopf im Jahr 2050 zurückgehen wird. Damit wird deutlich, dass eine erhebliche Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge in den nächsten Jahrzehnten notwendig sein wird. Die Entwicklung der Flächenproduktivität auf globaler Ebene ist eine entscheidende Größe, die den Spielraum für eine zunehmende Energiepflanzenutzung bestimmt. Die Abschätzung der zukünftig erzielbaren Ertragssteigerungen ist jedoch mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Die aktuelle globale Finanz- und Wirtschaftskrise sowie die in jüngster Zeit stark schwankenden Weltagrarpreise behindern Investitionen im landwirtschaftlichen Bereich. Außerdem waren die letzten beiden Jahrzehnte durch eine erhebliche Unterfinanzierung landwirtschaftlicher Forschung und Entwicklung gekennzeichnet (Kap. III.1.1). Die Unsicherheit

wird noch dadurch verstärkt, dass die Auswirkungen des Klimawandels auf die global verfügbaren Anbauflächen und die zukünftige Ertragsentwicklung einen bedeutenden Unsicherheitsfaktor darstellen.

Auf globaler Ebene wie für Deutschland gilt, dass hohe Ertragssteigerungen bei Nahrungs- und Futtermitteln zu mehr verfügbarer Fläche für den Energiepflanzenanbau führen und den Konkurrenzdruck verringern. Hohe Ertragssteigerungen bei Energiepflanzen ermöglichen einen höheren Beitrag zur Energieversorgung bei gleicher Fläche. Die Ertragsentwicklung ist von der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung und den Investitionen im Sektor Landwirtschaft abhängig, kann aber zumindest teilweise auch durch forschungspolitische Förderung von Züchtung und landwirtschaftlichen Produktionstechniken und -systemen unterstützt werden.

Mit den Szenarienanalysen wurde weiterhin deutlich (Kap. III.3), dass Konkurrenzen nicht nur um Flächen bestehen, sondern auch um landwirtschaftliche Nutzungsansprüche an die Umwelt. Umweltwirkungen der Landwirtschaft sind vor allem in den Bereichen Wasser, Nährstoffe, Emissionen sowie Vielfalt und Stabilität von Ökosystemen relevant. Diese Konkurrenzbeziehungen bestehen bei der Verwendung der Biomasse für Lebensmittel, für stoffliche Nutzungsmöglichkeiten und für die energetischen Nutzungswege. Hohe Ertragssteigerungen bedeuten in der Regel eine Intensivierung des Anbaus mit höherem Einsatz landwirtschaftlicher Betriebsmittel (Dünger, Pflanzenschutzmittel etc.).

Stand der politischen Entscheidungen

Der nationale Biomasseaktionsplan für Deutschland geht davon aus, dass Kostensenkungen durch die Steigerung der flächenspezifischen Energieerträge und durch optimierte Technologien erreicht werden können. Insbesondere in der Pflanzenzüchtung, aber auch bei der Weiterentwicklung von Anbau- und Konversionssystemen werden Verbesserungen der Wirtschaftlichkeit angestrebt. Interessante Wege werden auch in der Kopplung verschiedener energetischer und stofflicher Nutzungspfade (z. B. Konzept der Nutzungskaskaden, Bioraffinerie) gesehen (BMU/BMELV 2009a, S. 14 f.) (s. a. Kap. VI.1.1).

Vorliegende Empfehlungen

Auf globaler Ebene ist mittlerweile die Bedeutung des Agrarsektors für die Erreichung der Millenniumsziele (Millennium Development Goals) – vor allem der Halbierung von Hunger und Armut bis 2015 – anerkannt, und Strategien und konkrete Vorschläge für Entwicklung durch Landwirtschaft sind formuliert (IAASTD 2008a u. 2008b; World Bank 2008).

Als Reaktion auf den starken Anstieg der Weltagrarpreise hat das Bundeskabinett 2008 einen Bericht „Globale Ernährungssicherung durch nachhaltige Entwicklung und Agrarwirtschaft“ mit Handlungsempfehlungen beschlossen, der u. a. langfristige Maßnahmen zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktivität und zur Intensivierung der Agrarforschung beinhaltet.

Handlungsoptionen

Die programmatische Anerkennung, die die Landwirtschaft als zentrales Element in der Entwicklungspolitik und für die Armutsbekämpfung erhalten hat, sollte jetzt auch in konkrete Programme und Projekte der Entwicklungszusammenarbeit umgesetzt werden. Eine Herausforderung ist dabei, unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen den Ausbau der landwirtschaftlichen Entwicklungszusammenarbeit und der Unterstützung der Internationalen Agrarforschungszentren und anderer internationaler Programme zu gewährleisten. Dieser Ausbau der Unterstützung ist und bleibt wichtig, da die Erhöhung der Agrarproduktion und die Verhinderung von Flächenkonkurrenzen langfristig eine zentrale Aufgabe sein werden.

Für die europäische (und deutsche) Landwirtschaft wird die mittel- bis langfristige Herausforderung sein, höhere Erträge bei gleichzeitig geringerem (energieintensivem) Betriebsmitteleinsatz und niedrigeren Klimagasemissionen zu erreichen. Die Entwicklung und Weiterentwicklung nachhaltiger landwirtschaftlicher Produktionsweisen wird erhebliche Forschungsanstrengungen erfordern, auch unabhängig vom Umfang des Energiepflanzenbaus.

1.7 Biokraftstoffe der nächsten Generation: offene Fragen klären

Mit Konversionsverfahren wie Biomass-to-Liquid (BtL) oder Celluloseethanol sollen aus fester Biomasse synthetische Kraftstoffe gewonnen werden. Diese Verfahren befinden sich noch in der Phase der Entwicklung und Erprobung (Kap. II.2). Sie zielen zumindest teilweise auf den Einsatz von biogenen Reststoffen (z. B. Waldrestholz, Stroh). Ihnen wird ein deutlich größeres Potenzial zur Substitution fossiler Energieträger und zur Verringerung von Klimagasemissionen zugesprochen als den bisher genutzten Biokraftstoffen (TAB 2007b, S. 182).

Die Szenarienanalysen mit ihren Annahmen zum Anteil der BtL-Kraftstoffe und der dazugehörigen Rohstoffbasis – Energiepflanzen wie Kurzumtriebsplantagen oder Nutzung von Reststoffen wie Stroh – haben gezeigt (Kap. III.2 und III.3), dass die Entwicklung bei den Biokraftstoffen der nächsten Generation die zukünftige Flächenkonkurrenz sowie weitere Umweltwirkungen (z. B. Humusbilanz) beeinflussen.

Das Biokraftstoffziel der EU von 10 Prozent-Anteil am Kraftstoffverbrauch im Transportbereich für das Jahr 2020 (ebenso wie das für Deutschland) ist unter der Voraussetzung getroffen worden, dass entsprechende neuartige Biokraftstoffe bis dahin kommerziell zur Verfügung stehen (siehe Erwägungsgrund 9, EU 2009).

Stand der politischen Entscheidungen

Die Bundesregierung hat die Biokraftstoffquoten aktuell herabgesetzt (Kap. VI.1.8), weil u. a. Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation, die nach ihrer Einschätzung eine deutlich bessere Klimabilanz als Biokraftstoffe der

sogenannten 1. Generation haben, noch nicht in relevanten Mengen zur Verfügung stehen (Bundesregierung 2008a).

Der nationale Biomasseaktionsplan für Deutschland sieht vor, die Herstellung von Biokraftstoffen der sogenannten 2. Generation im Pilot- sowie Industriemaßstab zu erproben. Dies soll helfen, die Technologien zu bewerten und offene Fragen zu ökologischen und ökonomischen Auswirkungen zu klären (BMU/ BMELV 2009a, S. 24).

Vorliegende Empfehlungen

Nach Einschätzung des WBGU (2009, S. 8) ist bei der Verwendung von Reststoffen (z. B. Restholz, Gülle, Stroh) die Klimabilanz von Biokraftstoffen zwar positiv, aber die Treibhausgaseinsparung ist nur etwa halb so groß wie bei Anwendungen im Strombereich. Auch Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation schneiden seiner Beurteilung nach daher nicht grundsätzlich besser ab.

Der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik empfiehlt, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine Politikmaßnahmen zur breiten Markteinführung (z. B. Steuerbefreiung oder Beimischungsverpflichtungen für die fernere Zukunft) von Biokraftstoffen der sogenannten 2. Generation ergriffen werden sollten. Solche Maßnahmen sollten erst dann in Betracht gezogen werden, wenn ein wissenschaftlich geprüftes und positiv bewertetes Szenario vorliegt, in dem überzeugend dargelegt wird, welches Segment der Kraftfahrzeugflotte auf welcher Rohstoffbasis und mit welchen Markt- und Ökosystemwirkungen auf Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation umgestellt werden soll (WBA 2007, S. 230).

Handlungsoptionen

Da die Konversionsverfahren für Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation sich noch in der Entwicklung und Erprobung befinden, sind Fragen der Realisierungsaussichten sowie der ökonomischen und ökologischen Vorteilhaftigkeit derzeit teilweise noch unbeantwortet. Wichtige offene Fragen sind:

- zeitlicher Rahmen für technische Entwicklung und Aussichten für Anwendung in industriellem Maßstab,
- nutzbare Rohstoffbasis (nur Holz oder auch Mix verschiedener Biomasse inklusive Rest- und Abfallstoffe),
- wirtschaftlicher Betrieb eher mit Rest- und Abfallstoffen oder mit Energiepflanzen,
- Probleme der Logistik und der langfristigen Vertragsbindung,
- Wirtschaftlichkeit gegenüber Biokraftstoffen der 1. Generation und gegenüber Strom- und Wärmenutzungen,
- ökologische Wirkungen von Anbau bzw. Reststoffnutzung, Konversion und Kraftstoffnutzung hinsichtlich verschiedener Kriterien.

Diese Fragen stellen Forschungsbedarf dar, der neben der Technikentwicklung selbst intensiv bearbeitet werden

sollte. Die Fragen sollten möglichst frühzeitig geklärt werden, da die Ergebnisse die zukünftige Ausgestaltung von Biokraftstoffquoten sowie die Bewertung konkurrierender Möglichkeiten der stofflichen Nutzung (Kap. VI.1.1) und der Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe im stationären Bereich (Kap. VI.1.2) erheblich beeinflussen.

1.8 Ausbauziele und Förderpolitik als Gesamtkonzept gestalten

Die Erzeugung von Biokraftstoffen, Strom und Wärme auf der Basis von Energiepflanzen konkurriert insgesamt um landwirtschaftliche Nutzflächen. Die Analyse der explorativen Szenarien im TAB-Projekt hat gezeigt (Kap. III.2 u. III.3), dass sich zukünftig die Flächenkonkurrenz sowohl verstärken als auch abschwächen kann. Somit ist eine Energiepflanzenutzung auch ohne verschärfte Konkurrenzen möglich. Dies wird durch allgemeine Rahmenbedingungen und durch die verfolgte Ausbaustrategie zur Energiepflanzenutzung bestimmt.

Die Aufteilung zwischen den Nutzungsbereichen Strom, Wärme und Kraftstoffe sowie die Auswahl der geförderten Bioenergielinien entscheiden darüber, welchen Beitrag die Bioenergie – und als Teilbereich davon die Energiepflanzen – bei der Nutzung erneuerbarer Energien und zum Klimaschutz leisten kann. Bei einer Schwerpunktsetzung auf Biokraftstoffe wird der Beitrag deutlich geringer ausfallen, als wenn die auf der gleichen Fläche erzeugte Biomasse für die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme genutzt wird (Kap. VI.1.3).

Es bestehen erhebliche Unsicherheiten, in welchem Umfang die Energiepflanzenutzung ausgedehnt werden kann, ohne negative Wirkungen auf andere Flächennutzungen und Umweltleistungen zu bewirken. Dies ist nicht zuletzt von der zukünftigen Entwicklung der Erträge und der Produktivität in der Landwirtschaft sowie von zukünftigen Ernährungsmustern abhängig. Von diesen nicht genau vorhersagbaren zukünftigen Entwicklungen (s. Szenarien in Kap. III.) hängt es ab, welche Produktionspotenziale die Landwirtschaft für die Energiepflanzenutzung bereitstellen kann.

Stand der politischen Entscheidungen

In der Europäischen Union wird ein Ausbau der erneuerbaren Energien auf 20 Prozent bis 2020 angestrebt. Für die Bereiche Strom und Wärme sind Ausbauziele nur für die erneuerbaren Energien insgesamt festgelegt. Eine Spezifizierung für Bioenergie und insbesondere für die Energieerzeugung auf der Basis von Energiepflanzen existiert in den beiden letzteren Bereichen nicht. Dagegen gibt es in Deutschland wie in der EU konkrete Ausbauziele für den Biokraftstoffeinsatz (Kap. III.2.1).

Das 2007 von der Bundesregierung festgelegte Ausbauziel für Biokraftstoffe von 17 Prozent (energetisch, Bruttoziel) für 2020 ist im Frühjahr 2008 auf die Größenordnung von 12 bis 15 Prozent gesenkt worden (BMU 2008a). Im April 2009 ist die im Biokraftstoffquotengesetz für 2009 vorgesehene Gesamtquote von 6,25 Prozent

auf 5,25 Prozent (energetisch) reduziert worden. Für den Zeitraum von 2010 bis 2014 liegt die Quote jetzt bei 6,25 Prozent anstelle der vorher beabsichtigten stufenweisen Erhöhung der Quote bis auf 8 Prozent im Jahr 2015 (Bundesregierung 2008a). Die Bundesregierung hat diese Änderung damit begründet, dass

- der Ausbau des Biokraftstoffanteils verlangsamt werden soll, da zunächst Nachhaltigkeitskriterien festzulegen sind,
- Nutzungskonkurrenzen mit Nahrungs- und Futtermitteln ausgeschlossen werden sollen,
- auf eine Beimischung von 10 Volumenprozent Ethanol aufgrund von Motorunverträglichkeit bei Altfahrzeugen verzichtet werden soll und
- relevante Anteile von Biokraftstoffen der sogenannten 2. Generation bereitgestellt werden sollen, die derzeit nicht verfügbar sind.

Mit der ersten Absenkung des Ausbauziels für Biokraftstoffe im Frühjahr 2008 hat das BMU das Ausbauziel für Strom aus erneuerbaren Energien von 27,5 Prozent auf 30 Prozent bis 2020 erhöht. Es wird davon ausgegangen, dass der Anteil der Biomasse an der gesamten Stromerzeugung von derzeit 3 Prozent auf 6 Prozent im Jahr 2020 steigt. Für den Wärmebereich liegt das Ausbauziel bei 14 Prozent (2020), ohne genaue Zielvorgabe für Wärmebereitstellung aus Biomasse. Abgestimmte Ausbauziele für Energiepflanzenutzung in allen drei Nutzungsbereichen bestehen also nicht.

Vorliegende Empfehlungen

In den vergangenen Jahren haben die Biokraftstoffe besondere Aufmerksamkeit gefunden, da sich ihr Anbau am schnellsten entwickelt hat und verpflichtende Ausbauziele formuliert worden sind. Zu dieser Entwicklung sind von verschiedenen Seiten Forderungen erhoben worden:

- Der SRU (2007, S. 146) plädiert für einen nur mäßigen Ausbau der Biokraftstoffe.
- Der EEA (2008) spricht sich für ein Außerkräftsetzen des europäischen 10-Prozent-Ausbauziels für Biokraftstoffe aus. Eine neue und umfassende wissenschaftliche Abschätzung der Umweltrisiken und -vorteile wird verlangt, auf deren Basis ein moderates und langfristiges Ausbauziel festgelegt werden sollte, das eine nachhaltige Nutzung gewährleistet.
- Der WBA (2007, S. 229) fordert, dass die Beimischungsziele für Biokraftstoffe schrittweise wieder rückgängig gemacht werden.
- Der WBGU (2009, S. 2 u. 8) schließlich verlangt einen raschen Ausstieg aus der Förderung von Biokraftstoffen im Verkehrsbereich. Die Beimischungsquoten sollten eingefroren und innerhalb der nächsten drei bis vier Jahre ganz zurückgenommen werden.

Darüber hinaus liegt eine Reihe von Stellungnahmen zu den unterschiedlichen Förderbereichen und insbesondere zu ihrem Zusammenwirken vor.

Die Förderlandschaft für Bioenergie wird vom SRU (2007, S. 147) als segmentiert eingeschätzt. Diese Segmentierung behindere insgesamt eine Optimierung des Biomasseeinsatzes nach wirtschaftlichen oder umweltpolitischen Gesichtspunkten. In Zukunft werde durch die Segmentierung ein Förderwettbewerb zwischen den verschiedenen Verwendungen angeregt. Der SRU fordert eine „nachhaltige Biomasseförderungsstrategie“ (SRU 2007, S. 148) mit

- Optimierung der Biomassenutzung hinsichtlich Vermeidung von THG-Emissionen,
- Entwicklung eines nationalen, europäischen und internationalen Ordnungsrahmens für den umweltgerechten Anbau von Energiepflanzen.

Laut SRU sollten die Treibhausgasemissionen dort vermieden werden, wo dies relativ am kostengünstigsten möglich ist. Für die einzelnen Förderbereiche sollten daher ein mittelfristiges Auslaufen der mengenbezogenen Förderung und eine möglichst weitgehende Integration in einen sektorübergreifenden Emissionshandel stattfinden. Langfristig anzustreben wäre ein gegenüber dem heutigen System grundlegend reformierter Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe (SRU 2007, S. 150).

In ähnlicher Weise spricht sich der WBA (2007, S. 220) dafür aus, die bisher vorherrschende Segmentierung der Bioenergieförderung schrittweise aufzuheben, damit sich die Bioenergielinien mit den geringsten CO₂-Vermeidungskosten durchsetzen können.

Auch der WBGU (2009, S. 7) fordert, dass die Nutzung der Bioenergie an der Klimaschutzwirkung ausgerichtet werden sollte. Weiterhin schlägt er vor, den Anbau von Energiepflanzen jeweils in eine integrierte Bioenergie- und Ernährungssicherungsstrategie einzubinden, die der Ernährungssicherheit Vorrang einräumen und über die Empfehlungen im Bericht „Globale Ernährungssicherung durch nachhaltige Entwicklung und Agrarwirtschaft“ der Bundesregierung (Kap. VI.1.6) hinausgehen sollte (WBGU 2009, S. 13). Der steigende Druck auf die Landnutzung durch sich ändernde Ernährungsweisen sollte stärker beachtet werden. Aufklärungskampagnen sollten das Problembewusstsein der Verbraucher vor allem in Industrieländern stärken und dadurch Verhaltensänderungen anregen (WBGU 2009, S. 14). Schließlich sollten Risiken der Landnutzung für die Ernährungssicherheit mittels eines globalen Monitoring- und Frühwarnsystems rechtzeitig erkannt werden (WBGU 2009, S. 14).

Handlungsoptionen

Um eine Verschärfung von Konkurrenzen mit der Nahrungsmittelproduktion und stofflichen Nutzungen zu vermeiden, sollten abgestimmte Ausbauziele für die Energiepflanzenutzung in den Nutzungsbereichen Strom, Wärme und Kraftstoffe festgelegt werden. Nur mit einer solchen Gesamtstrategie zur Energiepflanzenutzung können effektiv mögliche negative Wirkungen vermieden werden.

Die Festlegung abgestimmter Ausbauziele sollte mit hoher Transparenz erfolgen, damit diese besser nachvollziehbar und fairer diskutierbar werden. Dies gilt sowohl für wichtige zugrundeliegende Annahmen (z. B. die zugrundegelegten Ertragssteigerungen oder den angestrebten Importanteil) als auch für die zur Zielerreichung vorgesehenen Förderinstrumente und ihre Ausgestaltung.

Eine Gesamtstrategie zur Energiepflanzenutzung erfordert eine Verständigung über verschiedene Politikfelder, in denen teilweise unterschiedliche Ziele und Interessen verfolgt werden. Die gesellschaftlichen und politischen Konfliktfelder und Gestaltungsbereiche (Forschungs- und Innovationspolitik, Agrar- und Regionalpolitik, Klimaschutz- und Umweltpolitik, Handels- und Entwicklungspolitik) sind schon in den Basisanalysen skizziert worden (TAB 2007b, S. 217 ff.). Politische Gestaltungs- und Entscheidungsprozesse über verschiedene Politikfelder hinweg stellen eine Herausforderung dar, die im Rahmen der Strategieentwicklung und -implementierung zu bearbeiten ist.

Die Abschätzungen zukünftiger deutscher, europäischer und globaler Potenziale für die Energiepflanzenproduktion sind mit erheblichen Unsicherheiten verbunden und von zahlreichen Einflussfaktoren abhängig. Dem sollte insgesamt durch eine vorsichtige bzw. zurückhaltende Festlegung und flexible Anpassung der Ausbauziele Rechnung getragen werden. Solche eine flexible Handhabung von Ausbauzielen hat allerdings Vor- und Nachteile. Vorteile sind die Anpassung an tatsächliche nachhaltige Produktionsmöglichkeiten und die Vermeidung von unerwünschten Konkurrenzsituationen und negativen Folgewirkungen. Ebenso können so Fehlinvestitionen und Krisen einzelner Bioenergiezweige, wie sie aktuell aufgetreten sind, vermieden werden. Nachteil ist, dass für Investitionsentscheidungen zur Energiepflanzenutzung langfristige Festlegungen wichtig sind und die zurückhaltende Festlegung von Ausbauzielen zu verlangsamten Investitionsprozessen führen kann.

Integraler Bestandteil einer Gesamtstrategie zur Energiepflanzenutzung sollte ein umfassendes Monitoring sein, damit zeitnah negative Wirkungen auf Ernährungssicherheit, Klimaschutz und Umwelt als auch neue Chancen der Energiepflanzenutzung erkannt werden. Ein solcher Ausbau des Monitorings sollte umfassen:

- die Entwicklung des Energiepflanzenanbaus, der genutzten Konversionspfade und -technologien sowie den Bioenergieträgereinsatz auf der Basis von Energiepflanzen in den drei Nutzungsbereichen,
- die ökonomischen und ökologischen Wirkungen sowie
- die Entwicklung von Flächen- und Nutzungskonkurrenzen.

2. Umweltverträgliche Energiepflanzenproduktion

Die Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln wie auch von Energiepflanzen und nachwachsenden Rohstoff-

fen beeinflusst die Umwelt in erheblichem Maße, da rund die Hälfte der Fläche Deutschlands landwirtschaftlich genutzt wird. Energiepflanzen sind dabei nicht „per se“ problematischer für die Umwelt als Nahrungs- und Futtermittelpflanzen, denn ihr Anbau unterliegt denselben Regelungen zur Sicherung einer umweltverträglichen Landbewirtschaftung. Größtenteils handelt es sich um identische Kulturpflanzen und ähnliche Produktionsverfahren. Vor diesem Hintergrund, und weil der Energiepflanzenanbau einen integrativen Bestandteil der Landwirtschaft darstellt, ist es schwierig, Handlungsoptionen zu formulieren, die nur auf die umweltverträgliche Gestaltung des Energiepflanzenanbaus zielen. Dies gelingt am ehesten, wenn diejenigen Herausforderungen adressiert werden, die bei der Nahrungs- und Futtermittelproduktion aktuell nicht oder nur in abgeschwächter Form auftreten. Zu diesen Besonderheiten gehören

- der Anbau neuer, teilweise invasiver und mehrjähriger Energiepflanzen,
- die vermehrte Nutzung von Stilllegungsflächen, die zu wichtigen Rückzugsräumen für viele Tier- und Pflanzenarten in ausgeräumten Ackerbauregionen geworden sind,
- der Anbau von wenigen Energiepflanzen in engen Fruchtfolgen (z. B. Mais in der Nähe von Biogasanlagen) und
- die Ausdehnung der Ackerfläche zulasten von Grünland für den Anbau von Energiepflanzen.

Größtenteils werden in den nachfolgend skizzierten Handlungsoptionen jedoch Strategien und Maßnahmen benannt, die ganz allgemein unerwünschte Umwelteffekte bei der Pflanzenproduktion verringern können und den Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln, Energiepflanzen und nachwachsenden Rohstoffen gleichermaßen betreffen.

Welche Energiepflanzen wie angebaut werden und welche Umweltauswirkungen daraus resultieren, wird von den Standortbedingungen (Klima, Bodenqualität etc.), betriebsstrukturellen und ökonomischen Rahmenbedingungen (Betriebsgröße, technische Ausstattung etc.) sowie gesetzlichen Regelungen zum Schutz der Umwelt bestimmt (Kap. IV). Da diese Faktoren regional teilweise unterschiedlich sind und die Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus maßgeblich durch die standspezifischen Empfindlichkeiten des Naturhaushalts geprägt sind, sollte ein auf europäischer und nationaler Ebene abgestimmter Handlungsrahmen durch regionale, standortbezogene Regelungen ergänzt werden.

Stand der politischen Entscheidungen

Seit 2005 ist für alle Landwirte, die Direktzahlungen erhalten, die Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen obligatorisch (Verordnung Nr. 1782/2003 des Rates, Verordnung Nr. 796/2004 der Kommission). Diese Cross-Compliance-Regelungen umfassen 19 Einzelvorschriften einschlägiger EU Regelungen (Anhang III der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003) sowie Regelungen zur Erhal-

tung landwirtschaftlicher Flächen in gutem landwirtschaftlichem und ökologischem Zustand (Anhang III der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003) (BMELV 2006). Die für den Energiepflanzenanbau relevanten Regelungen im Rahmen von Cross Compliance sind:

- die Klärschlammrichtlinie (Richtlinie 86/278/EWG des Rates über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft), die in der Klärschlammverordnung umgesetzt ist. Sie regelt die Anwendung von Klärschlämmen auf landwirtschaftlichen Flächen und setzt Obergrenzen für Schadstoffe im Boden und im Klärschlamm sowie für die aufbringbare Menge und enthält zudem Aufbringungsverbote.
- die Nitratrichtlinie (Richtlinie 91/676/EWG des Rates zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen), die in der Düngeverordnung umgesetzt ist. Düngemittel müssen grundsätzlich so ausgebracht werden, dass Einträge von Nitrat in Gewässer durch Auswaschung oder oberflächlichen Abtrag so weit wie möglich vermieden werden.
- die Pflanzenschutzrichtlinie (Richtlinie 91/414/EWG über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln) ist durch das Pflanzenschutzgesetz, die Pflanzenschutzmittelverordnung, die Pflanzenschutzsachkundeverordnung, die Pflanzenschutzanwendungsverordnung und die Bienenschutzverordnung umgesetzt. Sie regeln das Inverkehrbringen und die sachgerechte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln.
- die Vogelschutzrichtlinie (Richtlinie 79/409/EWG über die Erhaltung der wild lebenden Vogelarten) zur Erhaltung aller europäischen wild lebenden Vogelarten. Sie ist inner- und außerhalb von Vogelschutzgebieten zu beachten und beinhaltet beispielsweise das Verbot bestimmte Landschaftselemente zu beseitigen.
- die FFH-Richtlinie (Richtlinie 92/43/EWG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wild lebenden Tiere und Pflanzen) zur Bewahrung der in FFH-Gebieten geschützten Lebensraumtypen und Arten in einem guten Zustand. In Schutzgebietsverordnungen und Einzelanordnungen können durch die Länder konkrete Bewirtschaftungsvorgaben gemacht werden (BMELV 2006).

Die unter Cross Compliance geregelte Verpflichtung zur Erhaltung der Flächen in einem gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand schreibt Maßnahmen in den Bereichen Erosionsvermeidung, Erhaltung der organischen Substanz im Boden und in der Bodenstruktur sowie die Instandhaltung aus der Erzeugung genomener Flächen und Landschaftselemente vor.

Die Cross-Compliance-Verpflichtung zur Erhaltung des Dauergrünlands entsprechend der Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 ist in Deutschland mithilfe eines mehrstufigen Verfahrens mit regionaler Bezugsebene umgesetzt (Kap. VI.3.3).

Cross Compliance ersetzt nicht das deutsche Fachrecht. Deshalb sind beim Anbau von Energiepflanzen neben den dargestellten Cross-Compliance-Verpflichtungen die bestehenden Verpflichtungen wie die gute fachliche Praxis oder das Bundesnaturschutzgesetz einzuhalten. Die gute fachliche Praxis der pflanzlichen Erzeugung setzt sich aus den Rechtsbereichen Düngemittelrecht, Pflanzenschutzrecht, Cross-Compliance-Vorgaben zur Instandhaltung von Flächen, Bodenschutzrecht, Naturschutzrecht und Gentechnikrecht zusammen. Nach dem Beschluss der Agrarministerkonferenz (2007) soll die gute fachliche Praxis auch künftig ein einheitliches Regelwerk sowohl für die Erzeugung von Lebens- und Futtermitteln als auch für den Anbau nachwachsender Rohstoffe sein. Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) fordert, dass die Grundsätze der guten fachlichen Praxis zu beachten sind, die Bewirtschaftung standortangepasst erfolgen und die nachhaltige Bodenfruchtbarkeit und langfristige Nutzbarkeit der Flächen gewährleistet werden muss. Zudem sind vermeidbare Beeinträchtigungen von Biotopen zu vermeiden.

Grundsätzlich gibt es zwei Wege zur umweltverträglichen Gestaltung des Energiepflanzenanbaus. Zum einen können spezifische Standards zur nachhaltigen Erzeugung von Bioenergieträgern (z. B. Biokraftstoffe) und entsprechende Zertifizierungsverfahren definiert und zur Anrechnung an die Biokraftstoffquoten oder zur Erlangung der EEG-Vergütung für die Stromerzeugung aus flüssigen Energieträgern verpflichtend gemacht werden – dies wird im Kapitel VI.4 diskutiert. Zum anderen können die allgemeinen ordnungsrechtlichen Regelungen zur Landwirtschaft an die neuen Herausforderungen des Energiepflanzenanbaus angepasst und dem Vollzug eine höhere Bedeutung beigemessen werden. Nachfolgend werden diejenigen Handlungsoptionen aufgezeigt, deren Ziel eine Fortschreibung der bestehenden Regelwerke ist.

Vorliegende Empfehlungen

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) stellt fest, dass bisher Steuerungsinstrumente fehlen, die eine hinreichende Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzbelangen im Rahmen der Ausdehnung des Energiepflanzenanbaus sichern könnten. Um diese Defizite zu beseitigen, sollten die bestehenden ökologischen Standards im Rahmen der guten fachlichen Praxis des nationalen Rechts und der europäischen Vorgaben des Cross Compliance weiterentwickelt und konsequent umgesetzt werden (SRU 2007, S. 144).

Handlungsoptionen

- Systematische Erarbeitung von Kriterien und Zielgrößen für eine umweltgerechte Erzeugung von Biomasse
- Defizitanalyse und Anpassung der bestehenden Regelwerke zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit des Anbaus von Energiepflanzen

Neben diesem übergeordneten Handlungsbereich ist eine Reihe von spezifischen Handlungsfeldern im Zusammen-

hang mit kritischen Punkten des Energiepflanzenanbaus relevant und wird im Folgenden diskutiert.

2.1 Dreigliedrige Fruchtfolge

Einige Energiepflanzen (z. B. Mais) können in engen Fruchtfolgen angebaut werden. Dies ermöglicht zwar eine effiziente Bewirtschaftung und kurzfristig hohe Erträge, jedoch wirken sich enge Fruchtfolgen langfristig negativ auf die Bodenfruchtbarkeit und die Biodiversität aus (WGBU 2008, S. 139). Durch die steigende Nachfrage nach Energiemais und -raps wird deren Anteil an der Fruchtfolge auf ertragreichen Standorten weiter erhöht. Dabei geht die aus Sicht der Artenvielfalt erforderliche Nutzungs- und Strukturvielfalt verloren. Zudem treten neue pflanzenbauliche Probleme auf (z. B. Resistenzprobleme bei der Rapsgranzkäferbekämpfung, erhöhtes Auftreten des Maiszünslers), wodurch sich die Nachfrage nach gentechnisch veränderten Organismen (Bt-Mais) erhöhen könnte. Schließlich kann durch enge Fruchtfolgen auf Maisbasis der Bodenumusgehalt massiv beeinträchtigt werden. Durch den nacheinander folgenden Anbau unterschiedlicher Kulturen in einer Fruchtfolge können diese negativen Auswirkungen verhindert werden. Die Nährstoffversorgung ist dadurch ausgewogener, der Schädlings- und Krankheitsdruck geringer, das Bodengefüge und der Humusgehalt bleiben stabiler.

Stand der politischen Entscheidungen

Seit der Europäischen Agrarreform von 2005 sind in Deutschland dreigliedrige Fruchtfolgen zur Erhaltung der organischen Substanz und der Bodenstruktur vorgeschrieben (BMELV 2006). Zudem besteht im Rahmen von Cross Compliance die Verpflichtung, ein Anbauverhältnis mit mindestens drei Kulturen sicherzustellen, um die organische Substanz im Boden zu erhalten und die Bodenstruktur zu schützen. Jede Kultur muss dabei mindestens 15 Prozent der Ackerfläche umfassen. Da die Einhaltung von Fruchtfolgen auf Betriebsebene erfasst wird und nicht auf Schlagebene, kann allerdings auf bestimmten Flächen eine Kultur in engerer Fruchtfolge angebaut werden (z. B. Mais in der Nähe einer Biogasanlage) und auf anderen Flächen eine weitere Fruchtfolge zur Anwendung kommen. Zudem kann die Cross-Compliance-Verpflichtung einer dreigliedrigen Fruchtfolge durch Erstellung einer jährlichen Humusbilanz oder durch Messung des Bodenumusgehalts ersetzt werden (Kap. VI.3.2).

Vorliegende Empfehlungen

Der SRU (2007) fordert die Einhaltung einer mindestens dreigliedrigen Fruchtfolge ohne Ausnahmeregelungen. Gleichzeitig sollte die Möglichkeit eröffnet werden, die Zahl der jährlich anzubauenden Kulturen und ihre maximalen Betriebsflächenanteile rechtlich vorzugeben.

Handlungsoptionen

- Die Wahlmöglichkeit im Rahmen von Cross Compliance zwischen dreigliedriger Fruchtfolge und Humusbilanz oder Bodenprobe sollte aufgehoben werden.

- In Fruchtfolgen von einjährigen Kulturen sollte eine mindestens dreigliedrige Fruchtfolge auf Schlagenebene eingehalten werden.
- Die Forderung einer mindestens dreigliedrigen Fruchtfolge auf Schlagenebene sollte in die gute fachliche Praxis aufgenommen werden.
- Die Zahl der jährlich anzubauenden Kulturen sollte in den Cross-Compliance-Regelungen und in der guten fachlichen Praxis vorgegeben und ihre maximalen Betriebsflächenanteile festgeschrieben und pro Kultur auf 50 Prozent der Ackerfläche begrenzt werden.

2.2 Ausgeglichere Humusbilanz

Humus ist Träger und Förderer der Bodenfruchtbarkeit. Er gibt den Bodenlebewesen ihre Lebensgrundlage, bestimmt wichtige Eigenschaften des Bodenzustandes und dient den Pflanzen als Vorratslager für Nährstoffe. Der Anbau von Energiepflanzen kann den Humusgehalt von Böden auf zwei Wegen verringern: Zum einen kann durch den Anbau von Energiepflanzen der Anteil an humuszehrenden Kulturen in der Fruchtfolge zunehmen, beispielsweise durch einen höheren Anteil an Mais und Zuckerrüben. Zum anderen werden durch die Nutzung der Ganzpflanze den Ackerflächen größere Mengen an Biomasse entnommen als beispielsweise bei der Getreideernte. Dadurch wird der Umfang an den für den Humusaufbau wichtigen Wurzel- und Ernterückständen verringert. Durch Ausbringung der Biogasgärrückstände, den Anbau von Zwischenfrüchten und die Anwendung organischer Dünge- und Bodenverbesserungsmittel kann die Humusbilanz jedoch wieder verbessert werden.

Stand der politischen Entscheidungen

Die Erhaltung eines für die jeweilige Bodenart typischen Gehalts an Humus in Ackerböden ist Bestandteil der guten fachlichen Praxis der Landwirtschaft und eines der wichtigsten Ziele des Bodenschutzes. Im Rahmen von Cross Compliance ist der Empfänger von Direktzahlungen dazu verpflichtet, ein Anbauverhältnis von mindestens drei Kulturen zu gewährleisten, auf betrieblicher Ebene eine Humusbilanz für seine Ackerflächen zu erstellen oder den Humusgehalt seiner Ackerflächen untersuchen zu lassen. Im letzteren Fall darf im Durchschnitt von drei Jahren die jährliche Humusbilanz nicht unter einen Wert von minus 75 kg Humuskohlenstoff (Humus-C) pro ha und Jahr absinken. Die Bodenprobe muss alle sechs Jahre durchgeführt werden und zeigen, dass der Grenzwert von 1 Prozent Humus auf Böden mit einem Tongehalt von 13 Prozent oder weniger bzw. 1,5 Prozent Humus auf Böden mit mehr als 13 Prozent Tongehalt nicht unterschritten wird.

Vorliegende Empfehlungen

Spezifische Standards für den Anbau von Energiepflanzen sind nach Meinung des SRU (2007) nur dort erforderlich, wo Auswirkungen auftreten, die beim Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln nicht vorkommen. In diesem Kontext sieht der SRU Regelungsbedarf hinsichtlich der

Entnahme von organischem Material, insbesondere von Reststoffen (Stroh, Laub, Totholz). Die Biomassennutzung eröffnet vorher nichtvorhandene Verwendungsmöglichkeiten für derartige Reststoffe. Es sollte vermieden werden, dass durch die Entnahme der Humusgehalt im Boden sinkt. Der SRU fordert einen Nachweis einer ausgeglichenen Humusbilanz.

Handlungsoptionen

- Die Regelungen zur Humusbilanz in der guten fachlichen Praxis und in den Cross-Compliance-Regelungen sollten verschärft werden. Zudem sollten die Kontrollen verbessert und die Sanktionen erhöht werden.
- Auf Betriebsebene sollte unter Einbeziehung der Grünlandflächen eine jährliche Humusbilanz erstellt oder alternativ alle sechs Jahre eine schlagbezogene Bodenhumusbestimmung durchgeführt werden. Diese Anforderung sollte in die gute fachliche Praxis aufgenommen werden.
- Um einer Humusreduktion durch den Energiepflanzenanbau entgegenzuwirken, sollte im Durchschnitt von drei Jahren mindestens eine ausgeglichene Humusbilanz nachgewiesen werden können.

2.3 Weiter gehender Schutz des Dauergrünlands

Die steigende Nachfrage nach Energiepflanzen kann eine Ausweitung der Ackerfläche zur Folge haben. Diese betrifft in Deutschland insbesondere das Dauergrünland, weil durch abnehmende Tierbestände infolge des Strukturwandels in der Milchviehhaltung der Bedarf an Grundfutter aus dem Grünland zurückgeht (Rösch et al. 2007). Die Umwandlung von Grünland in Ackerland hat negative Auswirkungen auf den Boden- und Wasserschutz und auf die Biodiversität. Außerdem setzt der Grünlandumbruch durch den damit verknüpften Humusabbau in erheblichem Maße Treibhausgase frei und konterkariert somit das Ziel, diese zu reduzieren. Der Umbruch von Grünland und das Trockenlegen von Mooren sind in Deutschland für rd. 30 Prozent der landwirtschaftlichen Klimagasemissionen verantwortlich (SRU 2008).

Stand der politischen Entscheidungen

Die Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 verpflichtet die Mitgliedstaaten im Rahmen von Cross Compliance Dauergrünland zu erhalten. Diese Verordnung wird in Deutschland mithilfe eines mehrstufigen Verfahrens mit regionaler Bezugsebene umgesetzt. Danach darf der Grünlandanteil auf der Ebene der Bundesländer, bezogen auf das Stichjahr 2003, um nicht mehr als 10 Prozent sinken. Der Umbruch von Dauergrünland ist genehmigungsfrei möglich bis sich der regional ermittelte Dauergrünlandanteil um bis zu 5 Prozent verringert hat. Ab einer Verringerung von 5 Prozent ist das Land verpflichtet, eine Verordnung zu erlassen, nach der der Umbruch von Dauergrünland einer vorherigen Genehmigung bedarf (BMELV 2006). In Schleswig-Holstein, Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern unterliegt der Umbruch von

Dauergrünland bereits der Genehmigungspflicht und es ist davon auszugehen, dass weitere Länder folgen werden. Da die 5-Prozent-Marke nur auf Landesebene einzuhalten ist, kann regional wesentlich mehr Grünland in Acker umgewandelt werden.

Die Umbruchregelungen des Cross Compliance gelten nicht für naturschutzrechtlich (z. B. durch die FFH- oder Vogelschutz-Richtlinie) besonders geschützte Lebensraumtypen des Grünlands. Hier gelten die Regelungen des Bundesnaturschutzgesetzes demzufolge ein Umbruchverbot für Grünland auf erosionsgefährdeten Hügeln, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand sowie auf Moorstandorten unzulässig ist. Dabei sind jedoch die jeweiligen Landesregelungen zu beachten. Während beispielsweise in Brandenburg die Änderung der Nutzungsart von Dauergrünland auf Niedermoor als Eingriff in Natur und Landschaft gilt, erfüllt der Grünlandumbruch auf Niedermoorstandorten in anderen Bundesländern (z. B. Niedersachsen) keinen Eingriffstatbestand. Ebenfalls besondere Regelungen gelten für Dauergrünland, das im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen (z. B. KULAP, MEKA) gefördert wird.

Trotz der EU-Vorschriften zum Erhalt des Dauergrünlands (Cross Compliance) findet derzeit ein zunehmender Umbruch von Grünland statt. Dies zeigt sich an der Abnahme der Grünlandfläche in Deutschland von 2003 bis 2007 um rund 154 000 ha auf 4,87 Mio. ha (Bundesregierung 2008b). Besonders besorgniserregend ist der damit verbundene Verlust von Flächen, etwa von Auen und (Nieder-)Mooren, die naturschutz- und klimapolitisch besonders relevant sind (Schöne 2008). Zur Kompensation des fehlenden Grundfutters aus dem Grünland und infolge der zunehmenden Nachfrage nach Grassilage als Kosubstrat in Biogasanlagen wird Extensivgrünland zunehmend intensiviert (v. a. in Süddeutschland). Dabei gehen artenreiche und schützenswerte Grünlandgesellschaften wie Salbei-Glatthafer-Wiesen verloren (Rösch/Skarka 2008).

Vorliegende Empfehlungen

Der SRU (2007) fordert ein generelles Verbot des Grünlandumbruchs. Ein solches Verbot entfaltet in der Praxis aber nur dann eine steuernde Wirkung, wenn es nicht durch ökonomische Anreize ausgehebelt wird. Die Förderung nachwachsender Rohstoffe verstärkt in Kombination mit anderen Elementen der Agrarförderpolitik die Anreize für einen erhöhten Grünlandumbruch (SRU 2007, S. 64). Deshalb fordert der SRU eine kritische Gesamtschau der Einzelbestandteile der für das Dauergrünland relevanten Agrarförderpolitik. Ziel sollte es sein, eine Strategie zur Erhaltung der Grünlandnutzung in Gebieten mit zurückgehender Milcherzeugung, Rinder- oder Schafhaltung zu entwickeln.

Handlungsoptionen

- Der im Rahmen von Cross Compliance mögliche Grünlandumbruch sollte immer einer Genehmigung unterliegen, auch bei einer Verringerung um unter

5 Prozent gegenüber dem Basiswert. Über die 5-Prozent-Marke hinaus sollte der Grünlandumbruch nicht mehr zulässig sein.

- Das im BNatSchG bestehende Verbot des Grünlandumbruchs auf ökologisch besonders sensiblen Flächen sollte ausgedehnt oder durch ein generelles Verbot des Umbruchs von Dauergrünland ersetzt werden. Ein umfassendes Umbruchverbot auf europäischer Ebene wird als erstrebenswert erachtet, erfordert allerdings eine Anpassung der Cross-Compliance-Verordnung.
- Strategien und Maßnahmen zur Grünlandnutzung mit Schwerpunkt auf die Erzeugung stofflich oder energetisch nutzbarer Biomasse und entsprechende Verfahren und Techniken sollten entwickelt und gefördert werden.
- Konzepte zur Identifizierung von Gebietskulissen und Grünlandstandorten, die eine umwelt- und sozialverträgliche Energieerzeugung (z. B. über die dauerhafte Anpflanzung holziger Energiepflanzen) zulassen, sollten erarbeitet und erprobt werden.

2.4 Bodenschutz durch ganzjährige Bodenbedeckung

Wenn beim Anbau von Energiepflanzen die unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Standorte gegenüber Erosion, Bodenverdichtung und anderen Bodenbeeinträchtigungen berücksichtigt werden und die Auswahl der Pflanzen, Fruchtfolgen und Anbausysteme darauf abgestimmt ist, kommt es selten zu Beeinträchtigungen des Bodens. Bei mehrjährigen Energiepflanzen und Energie-dauerkulturen sind bis auf das Jahr der Anpflanzung eine ganzjährige Bodenbedeckung und damit ein guter Bodenschutz gewährleistet. Besondere Vorkehrungen müssen allerdings bei annualen Energiepflanzen ergriffen werden. Hier stellt die ganzjährige Bodenbedeckung mit Zwischenfruchtanbau eine wichtige Maßnahme für den Schutz des Bodens dar.

Stand der politischen Entscheidungen

Die Rechtsgrundlage für bodenschutzbezogene Anforderungen an die Landwirtschaft ist das Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und die auf seiner Grundlage erlassene Bodenschutzverordnung (BBodSchV). Das Bodenschutzgesetz ist allerdings inhaltlich stark auf die Altlasten- bzw. Kontaminationsproblematik ausgerichtet. Die Landwirtschaft ist von den gesetzlichen Vorgaben weitgehend ausgenommen. Anforderungen an die bodenschutzbezogene Vorsorge sind für die Landwirtschaft in der Form allgemeiner Grundsätze der guten fachlichen Praxis festgelegt und umfassen (UBA 2008, S. 52):

- standortangepasste Bodenbearbeitung,
- Erhaltung und Verbesserung der Bodenstruktur,
- Vermeidung von Bodenverdichtungen,
- Vermeidung von Bodenabträgen,

- Erhaltung der naturbetonten Strukturelemente,
- Erhaltung oder Förderung der biologischen Aktivität des Bodens,
- Erhaltung des standorttypischen Humusgehalts des Bodens.

Eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe geht davon aus, dass die allgemein geltenden Grundsätze und Handlungsempfehlungen der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung konsequent weiterentwickelt und mit regionalen Daten und Erfahrungswerten zu Handreichungen für Beratung und Praxis so ausgestaltet werden müssen, sodass sie als Grundlage für die von dem Landwirt zu treffenden Entscheidungen über entsprechende Maßnahmenabfolgen genutzt werden können (BMVEL 2002, S. 7).

Im Rahmen von Cross Compliance gibt es Grundanforderungen zu „Erosionsvermeidung“ und „Erhaltung der organischen Substanz im Boden und der Bodenstruktur“ sowie „Vorgaben zur Düngung mit stickstoffhaltigen Düngemitteln“. Die Cross-Compliance-Anforderungen (zeitliche Einschränkung des Pflugeinsatzes, Mindestbedeckung der Oberflächen über Winter, Mindestfruchtwechsel oder Humusbilanz) gehen im Detail über die bisher herrschende Praxis – bis auf einen höheren Kontrollaufwand und Sanktionierungsmöglichkeiten bei Nichteinhaltung – nicht hinaus.

Vorliegende Empfehlungen

Speziell für den Bodenschutz kann eine längere Bodenbedeckung infolge einer veränderten Fruchtfolge zur Produktion von Biomasse einen positiven Beitrag zur Reduktion von Erosion leisten, wenn kurz bodenbedeckende Kulturen wie Zuckerüben oder Mais durch Fruchtfolgen mit lang bodenbedeckenden Kulturen wie Wintergetreide, Klee, Gras und insbesondere Gehölzplantagen ersetzt werden (SRU 2007, S. 46).

Die Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt empfiehlt, die Grundsätze der guten fachlichen Praxis zu ergänzen und zu konkretisieren, um der Landwirtschaft Anhaltspunkte für aus Sicht des Bodenschutzes vertretbare Methoden zu geben. Als ein Bereich wird genannt, dass Anbaumethoden zu wählen sind, die die Verdichtung und Erosion des Bodens soweit wie möglich vermeiden (UBA 2008, S. 59 f.).

Handlungsoptionen

- Im Rahmen von Cross Compliance sollte im Zusammenhang mit der Erhaltung der Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand eine ganzjährige Bodenbedeckung als verpflichtende Anforderung aufgenommen werden.
- Förderung und Ausbau der Bodenschutzmaßnahmen – beispielsweise im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen – wie die reduzierte (konservierende) Bodenbearbeitung oder die ganzjährige Bodenbedeckung mit

hilfe von Untersaaten, Mulchsaat und dem Anbau von Zwischenfrüchten.

- Erstellung von Gebietskulissen, die über die standörtliche Erosionsgefährdung und den Bedarf an einer ganzjährigen Bodenbedeckung informieren.
- Vermittlung von Bodenschutzmanagementwissen mit besonderem Schwerpunkt auf den bodenökologischen Prozessen und den möglichen sie unterstützenden Maßnahmen (derzeit vorherrschend ist die Fixierung auf Bodenchemie und Technik) in der landwirtschaftlichen Aus- und Fortbildung sowie Beratung.
- Erarbeitung und Einsatz kommunikativer und dialogorientierter Strategien, um das Bewusstsein für die elementare Bedeutung unserer Böden in Politik, Wirtschaft und Öffentlichkeit zu vertiefen.

2.5 Umweltgerechter Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln

Der Anbau von Energiepflanzen kann infolge hoher Ertragsziele und der damit verbundenen hohen Aufwendungen an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln den Nähr- und Schadstoffaustrag und die damit verbundenen Umweltrisiken erhöhen.

Stand der politischen Entscheidungen

Mit der 1996 in Kraft getretenen und 2006 novellierten Düngeverordnung soll ein schonender Einsatz von Düngemitteln (gute fachliche Praxis) erreicht und durch Vermeidung von Nährstoffverlusten langfristig die Nährstoffeinträge in die Gewässer und andere Ökosysteme verringert werden. Düngemittel müssen nach der Nitratrichtlinie so ausgebracht werden, dass Einträge von Nitrat in Gewässer durch Auswaschung oder oberflächlichen Abtrag so weit wie möglich vermieden werden. Das Pflanzenschutzgesetz und entsprechende Verordnungen regeln das Inverkehrbringen und die sachgerechte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln.

Im 6. Umweltaktionsprogramm der Europäischen Union (2002 bis 2012) wird in einer der sieben thematischen Strategien die nachhaltige Anwendung von Pestiziden gefordert. Pestizide umfassen sowohl chemische Pflanzenschutzmittel als auch Biozidprodukte. Zur Umsetzung dieser Strategie – vorerst nur für Pflanzenschutzmittel – haben sich das Europäische Parlament und der Rat nach zweijähriger Debatte auf eine Richtlinie über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden geeinigt, die im ersten Halbjahr 2009 in Kraft treten wird. Im Mittelpunkt steht die Pflicht der Mitgliedstaaten zur Einführung nationaler Aktionspläne, in denen sie quantitative Zielvorgaben, Maßnahmen und Zeitpläne zur Verringerung der Risiken und der Auswirkungen der Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf die Gesundheit und die Umwelt sowie Indikatoren zur Messung des Fortschritts bei der Risikoreduktion festlegen. Eine zentrale Aufgabe für alle Mitgliedstaaten ist dabei die verbindliche Einführung all-

gemeiner Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes bis zum 1. Januar 2014.

Die Bundesrepublik Deutschland wird bei ihrem nationalen Aktionsplan für die nachhaltige Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) auf den Erfahrungen des im Jahr 2002 begonnenen Prozesses für das Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz aufbauen. Das 2004 verabschiedete „Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz“ wurde in 2008 zu einem ersten „Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln“ erweitert. Viele der dort enthaltenen Ziele und Maßnahmen können in den zukünftigen NAP übernommen werden.

Vorliegende Empfehlungen

Der SRU (2004) erwartet aufgrund des ungebrochenen Einsatzes von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft und des langen Verbleibs von Schadstoffen im System der Boden-Grundwasser-Leiter weiter zunehmende Belastungen. EU-weite oder nationale quantitative Minderungsziele für die Anwendung von PSM wurden von verschiedenen Seiten befürwortet. So empfiehlt der Umweltausschuss des Europäischen Parlamentes eine Reduktion der genutzten Pflanzenschutzmittel (PSM) von 25 Prozent innerhalb von fünf Jahren und von 50 Prozent innerhalb von zehn Jahren (Europäisches Parlament 2007), der SRU von 30 Prozent in Deutschland bis 2008 (SRU 2004) und die Agrarminister der Länder von 15 Prozent in Deutschland in zehn Jahren (AMK 2005). Die Vorgabe einer reinen Mengenreduktion ist aber problematisch, weil die Gefahr besteht, dass konventionelle durch hochwirksame PSM mit geringerer Aufwandmenge ersetzt werden, ohne dass eine Reduktion des Gesamtrisikos erreicht wird. Als Zielvorgabe schlägt der SRU (2008) deshalb einen Behandlungsindex pro Anbaukultur vor, dessen Überschreitung im Durchschnitt in einer Region innerhalb von fünf Jahren maximal um 10 Prozent erlaubt sein sollte.

Der SRU (2004) empfiehlt zudem eine PSM-Abgabe. Diese könne seiner Ansicht nach vor allem in längerfristiger Perspektive zu einer spürbaren Verringerung der Umweltbelastung führen. Die Bemessungsgrundlage der Abgabe sollte dabei möglichst an der umweltbelastenden Wirkung des PSM ansetzen. Der SRU fordert weiter, die Einnahmen aus der Abgabe für eine bessere Pflanzenschutzberatung und im Bereich der Forschung und Entwicklung umweltschonender Pflanzenschutz- und Anbaumethoden zweckgebunden zu verwenden.

Der Umweltrat hält zudem höhere Anforderungen an die gute fachliche Praxis, verbindlich formulierte Handlungsanweisungen und eine stärkere Durchsetzung der Grundsätze des Integrierten Pflanzenschutzes für erforderlich. Zur Umsetzung des Reduktionsprogramms sollten für die einzelnen Anbaukulturen festgeschrieben werden, was gute fachliche Praxis und was integrierter Pflanzenschutz bedeuten.

Der SRU betont, dass die Eutrophierung der Landschaft eine der Hauptursachen für den Verlust der biologischen

Vielfalt darstellt, da durch die Austräge von Stickstoff die Umweltmedien Boden und Wasser stark belastet werden. Der SRU hat daher bereits in seinem Umweltgutachten 2004 eine Stickstoffüberschussabgabe empfohlen. Diese wird im Sondergutachten „Klimaschutz durch Biomasse“ (2007) wieder aufgegriffen: Insbesondere für eine umweltgerechte Flankierung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen sei eine Novellierung des Düngemittelgesetzes zum Zwecke der Einführung einer regional-spezifisch ausdifferenzierten Stickstoffüberschussabgabe mit einer Freigrenze von 40 kg/ha erforderlich.

Handlungsoptionen

- Aufwertung des integrierten Pflanzenschutzes im Rahmen der geltenden rechtlichen Regelungen, beispielsweise durch eine Beachtungspflicht im Rahmen von Cross Compliance; begleitet werden sollte dies durch eine Verpflichtung der zuständigen Behörden, Beratungsangebote für die Landwirte zum Zwecke der sachgerechten Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes bereitzustellen.
- Förderung des Anbaus von Energiepflanzen mit einem geringen Bedarf an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, insbesondere von holzigen Energiedauerkulturen.
- Untersuchungen zur Reduzierbarkeit des Düngemittel- und PSM-Einsatzes für Energiepflanzen in Abhängigkeit vom jeweiligen Konversionspfad.
- Förderung der Entwicklung und des Einsatzes teilflächenspezifischer Applikationstechniken für Dünge- und Pflanzenschutzmittel.
- Entwicklung von umweltverträglichen Applikationstechniken bei der Ausbringung von Reststoffen der Biomassekonversion.
- Entwicklung von ökotoxikologisch unbedenklichen PSM mit geringeren Aufwandmengen und leichter Abbaubarkeit.

2.6 Sicherung des Grundwasserstandes

Der Wasserbedarf landwirtschaftlicher Kulturen hat neben den klimatischen Bedingungen maßgeblichen Einfluss auf den Grundwasserverbrauch und die Grundwasserneubildung. Damit einher geht der Bedarf für Bewässerungsmaßnahmen, die mit einer Grundwasserentnahme verbunden sein können. Übersteigt die Evapotranspiration die Niederschlagsmenge an einem Standort, kommt es zur Grundwasserzehrung. Die Vegetationsdecke und ihre Dichte haben Einfluss auf Verdunstung und Versickerung. Die Landnutzung beeinflusst damit die Grundwasserneubildung. Ackerstandorte mit hohem Brachflächenanteil haben eine potenziell hohe Grundwasserneubildungsrate, Nadelwald eine vergleichsweise niedrige.

Die Bewässerung von landwirtschaftlichen Flächen hat in Deutschland wegen der vergleichsweise günstigen natürlichen Standortfaktoren eine relativ geringe Bedeutung. Die Ausdehnung der Ackerfläche, der höhere Wasserver-

brauch einzelner Energiepflanzen und die erwarteten geringeren Niederschläge im Sommer können jedoch den Bewässerungsbedarf zukünftig erhöhen. Insbesondere Kurzumtriebsplantagen und andere schnell- und hochwüchsige Kulturen (C4-Pflanzen) können regional den Wasserhaushalt empfindlich beeinträchtigen, indem sie die Grundwasserneubildung durch starke Verdunstung herabsetzen.

Stand der politischen Entscheidungen

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist in Deutschland ein Rahmengesetz des Bundes, das zusammen mit den Wassergesetzen der Länder den Hauptteil des deutschen Wasserrechts bildet. Das WHG gilt auch nach dem Inkrafttreten der Föderalismusreform fort, obwohl die Rahmengesetzgebung des Bundes abgeschafft wurde. Stattdessen hat der Bund nunmehr die konkurrierende Gesetzgebungskompetenz im Bereich des Wasserhaushaltsrechts; die Länder dürfen auf dem Gebiet des Wasserhaushaltsrechts von den Regelungen des Bundes abweichen. Das WHG enthält Bestimmungen über den Schutz und die Nutzung von Oberflächengewässern und des Grundwassers, außerdem Vorschriften über den Ausbau von Gewässern und die wasserwirtschaftliche Planung.

Das Gesetz ist 2002 wesentlich umgestaltet worden. Grund dafür war, dass die europäische Wasserrahmenrichtlinie, deren Ziel eine nachhaltige und umweltverträgliche Wassernutzung ist, in nationales Recht umgesetzt werden musste. Diese Richtlinie schreibt vor, dass die Gewässerbewirtschaftung nach Einzugsbereichen der Flüsse (Flussgebietseinheiten) organisiert wird. Konflikte zwischen Nutzungsinteressen und Schutzerfordernissen müssen von den Behörden im Einzelfall nach Abwägung entschieden werden. Dabei haben durch Änderungen des Gesetzes aufgrund der europäischen Wasserrahmenrichtlinie in letzter Zeit die ökologischen Aspekte an Gewicht gewonnen.

Vorliegende Empfehlungen

Der Schutz der Grundwasservorräte, die in Deutschland das wichtigste Trinkwasserreservoir darstellen, ist von entscheidender Bedeutung. Vielfach wird hierzulande der qualitative Aspekt des Wasserschutzes gegenüber dem quantitativen als wichtiger eingeschätzt. Dennoch entbrennen regional immer wieder Diskussionen um die Menge des zu fördernden Grundwassers. Vielfach sind genaue Kenntnisse über das regionale Erneuerungspotenzial nicht vorhanden. Wenn überbeanspruchte Grundwasserspiegel absinken, sind Ökosysteme und Bauwerke gefährdet. Der SRU empfiehlt, die anthropogene Nutzung auf die unterschiedlichen Grundwassereinheiten abzustimmen.

Handlungsoptionen

- Erstellung von Gebietskulissen, die über den standörtlichen Grundwasservorrat und die Grundwasserneubildungsraten informieren.

- FuE zur Identifizierung und Verringerung des Wasserbedarfs von Energiekulturen, ihrer Anbausysteme und Prozessketten unter Berücksichtigung virtueller Wasserbilanzen.
- Entwicklung von Konzepten, um das Wissen über den Klimawandel und dessen Folgen auf die Wasserverfügbarkeit für die Pflanzenproduktion in der Landwirtschaft zu verbessern.

2.7 Sicherung der Schutzziele in Schutzgebieten

Gebiete oder Landschaftsteile werden unter besonderen Schutz gestellt, um bestimmte Schutzziele zu verfolgen (Artenschutz, Grundwasserschutz, Landschaftsschutz, Hochwasserschutz). Aufgrund der Flächenausdehnung besteht beim Energiepflanzenanbau die Gefahr, dass die jeweiligen Schutzziele in den Schutzgebieten selbst und in der für den Schutz notwendigen Umgebung nicht konsequent eingehalten werden. Deshalb muss beim Energiepflanzenanbau darauf geachtet werden, dass die jeweiligen Schutzziele in den Schutzgebieten selbst und in der für den Schutz notwendigen Umgebung konsequent eingehalten werden.

Vorliegende Empfehlungen

Der SRU (2007) empfiehlt, eine Politik für den ländlichen Raum konsequent auszubauen. Ein deutlicher Schwerpunkt sollte dabei auf der Honorierung von Umwelt- und Naturschutzleistungen durch Landnutzer liegen. Parallel dazu sollen erste Ansätze in verschiedenen Bundesländern gestärkt werden, die auf Effizienzverbesserung von Agrarumweltmaßnahmen abzielen. Diese sollten auf Bedarfsflächen gelenkt, Leistungen ausgeschrieben und Zahlungen am erzielten Ergebnis orientiert werden.

Handlungsoptionen

- Überprüfung und ggf. Anpassung der jeweiligen Schutzgebietsverordnungen an die veränderten Bedingungen des Energiepflanzenanbaus durch die Länder.
- Verbesserte Kontrolle auf Länderebene um sicherzustellen, dass der Energiepflanzenanbau nicht zu einer Gefährdung der Schutzziele in Schutzgebieten führt und Erlass von Auflagen oder Sanktionen bei Verletzung der definierten Schutzziele.
- Bewertung des Invasionspotenzials von Energiepflanzen, die als invasive Neophyten gelten, und ggf. Erlass von Anbaubeschränkungen in sensiblen Regionen.
- Bewertung des Potenzials einer innerartlichen Verminderung der Diversität (z. B. durch Hybridbildung) und ggf. Ausschluss von Kulturarten mit hohem Einkreuzungspotenzial in gefährdeten Regionen.
- Züchtung von infertilen und nichtinvasiven Energiepflanzensorten (Topinambur, Robinie).
- Untersuchungen zur Beerntung invasiver Arten vor der Vermehrungszeit und der Ausbringung ausschließ-

lich männlicher Pflanzen (bei zweihäusigen Arten) zur verminderten Ausbreitung von invasiven Arten.

2.8 Stärkung der regionalen Kompetenzen

Die Umweltauswirkungen des Anbaus von Energiepflanzen werden stark durch die jeweiligen standörtlichen Empfindlichkeiten des Naturhaushaltes geprägt. Die Einbeziehung des Standorts ist deshalb für die Ausgestaltung eines umweltfreundlichen Energiepflanzenanbaus entscheidend. Diese erfolgt am effektivsten durch eine Stärkung der bereits bestehenden Landschaftsplanung, die als räumliche Umweltplanung den Schutz und die Entwicklung der Multifunktionalität der Landschaft unter der Prämisse einer nachhaltigen Landnutzung zum Ziel hat. Die Landschaftsplanung erarbeitet landschaftsbezogene flächendeckende Konzepte, in denen z. B. räumlich konkrete Vorgaben zur Vermeidung von Grünlandumbruch gemacht oder auf deren Grundlage Eignungsgebiete für die verschiedenen Bereiche des Energiepflanzenanbaus ausgewiesen werden können. Darüber hinaus können in den Planwerken mögliche Standorte von Bioenergieanlagen sowie Maßnahmen zur Optimierung der Landnutzung im Hinblick auf Klimaschutzeffekte (Minimierung von Treibhausgasemissionen) dargestellt werden.

Werden in den Landschaftsprogrammen der Länder, den Landschaftsrahmenplänen der Landkreise und den kommunalen Landschaftsplänen Aussagen zur Empfindlichkeit der Schutzgüter sowie zur Umweltrelevanz des Energiepflanzenanbaus gemacht, kann auf dieser Grundlage eine umweltverträgliche, Ressourcen schonende Landwirtschaft gefördert werden. Die Landschaftsplanung stellt damit wesentliche Informationen für die Steuerung der Energiepflanzenproduktion über die rechtsverbindliche Regional- und kommunale Bauleitplanung bereit.

Handlungsoptionen

- Stärkung der Landschaftsplanung als Informationsgrundlage für die Steuerung des Energiepflanzenanbaus über die Regionalplanung und die örtliche Bauleitplanung.
- Erweiterung des regionalen Informationsangebots für Landwirte, das die Besonderheiten des Energiepflanzenanbaus ebenso berücksichtigt wie die regionalen standörtlichen Begebenheiten.
- Ausarbeitung und Erprobung von regionalen Konzepten (Schlaggestaltung, Landschaftselemente, Fruchtfolgen etc.) des Energiepflanzenanbaus zur Förderung seiner Umweltverträglichkeit.

2.9 Anbau von Kurzumtriebsplantagen

Die Anlage von Plantagen mit schnellwachsenden Baumarten bietet im Regelfall gegenüber annuellen krautigen Energiepflanzen durch die extensive Bewirtschaftung viele ökologische Vorteile, insbesondere auch eine bessere CO₂-Bilanz. Hinzu kommt, dass der Energieträger Holz eine hohe Energiedichte und sehr gute Lagerfähigkeit aufweist und aufgrund seiner Materialeigenschaften

deutlich geringere Probleme bei der Konversion zu Nutzenergie aufwirft als andere feste Energieträger.

Der Anbau von schnellwachsenden Baumarten sollte wegen seiner ökologischen Vorteile gefördert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass Umwelt Nachteile, die im Einzelfall durch ungeeignete Baumartenwahl und Anbauverfahren entstehen können (Verringerung der Offenlandschaft und der Sickerwasserbildung, Ausbreitung invasiver Arten) durch Rechtsvorschriften und Verordnungen, die den Naturhaushalt betreffen, vermieden werden.

Stand der politischen Entscheidungen

Die dringend notwendige Neuordnung des Bundeswaldgesetzes ist im Mai 2009 zum dritten Mal in Folge gescheitert. Die Novelle war als Gesamtpaket mit Erneuerungen im Futtermittel- und Lebensmittelgesetz sowie im Tierschutz verhandelt worden. Nachdem sich die Große Koalition Anfang März auf einen gemeinsamen Entwurf für das Waldgesetz geeinigt hatte, scheiterte die Novelle in der Länderkammer. Mit dem Stopp der Waldgesetznovelle bleibt die eindeutige Zuordnung von Kurzumtriebsplantagen zur Land- oder Forstwirtschaft weiter ungerögelt.

Vorliegende Empfehlungen

Der SRU (2007) spricht sich weitgehend für einen Anbau von Kurzumtriebsplantagen (KUP) mit schnellwachsenden Gehölzen aus, da diese weniger negative Umweltauswirkungen verursachen als einjährige Energiepflanzen. Die Anlage von Extensiv-KUP kann in ausgeräumten Landschaften einen Beitrag zur Verbesserung der Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes einschließlich der Erhöhung der Biodiversität, der Hochwasserrückhaltung oder des Bodenschutzes leisten.

Handlungsoptionen

- Der gesetzliche Rahmen für den Anbau von Kurzumtriebsplantagen sollte konkretisiert und damit Planungssicherheit für die Landwirte geschaffen werden.
- Klare Abgrenzung des Anbaus von Baumarten im Kurzumtrieb zur Biomassegewinnung von der Forstwirtschaft, die in langen Produktionszeiträumen hochwertige Holzsortimente und naturnahe Wälder anstrebt.
- Die Novellierung des Bundeswaldgesetzes mit der Abgrenzung von Kurzumtriebshölzern vom Waldbegriff sollte möglichst umgehend abgeschlossen werden.
- Bessere Berücksichtigung der KUP in Rechtsvorschriften und Verordnungen, die den Naturhaushalt betreffen und Einordnung von KUP in die gute fachliche Praxis der Landwirtschaft, mit der Maßgabe, dass es sich hierbei nicht um einen Eingriff in Natur und Landschaft handelt. Allerdings sollte bei einer Gefährdung von Schutzziele und Schutzgebieten ihr Anbau eingeschränkt werden können.

- Forschung zum Anbau schnellwachsender Baumarten (Maschinentechnik, Erträge etc), zur Rekultivierung von KUP und zu den Auswirkungen von KUP auf den Wasserhaushalt.
- Einführung von Demonstrations- und Pilotprojekten zur Erweiterung der Wissensbasis und zur Einführung neuer Konzepte und Formen von KUP.
- Erstellung einer Gebietskulisse für die Anlage von KUP unter Beteiligung regionaler Stakeholder.

2.10 Berücksichtigung der Klimawirksamkeit

Die Landwirtschaft trägt zur Emission klimarelevanter Gase bei. Besondere Relevanz haben hier Kohlendioxid und Lachgas (N₂O). Durch Veränderungen in den Produktionselementen oder durch Anbaumaßnahmen (z. B. Anbau von KUP) können Emissionen vermieden werden. Während es bei einigen Wirkungszusammenhängen noch grundlegenden Forschungsbedarf gibt, liegen zu anderen Wirkungszusammenhängen bereits Kenntnisse vor (z. B. die qualitativen Auswirkungen der Stickstoffdüngung oder des Grünlandumbruchs, allerdings sind auch hier wichtige Forschungsfragen noch nicht beantwortet).

Vorliegende Empfehlungen

Die Landwirtschaft in Deutschland ist mit einem Anteil von rund 13 Prozent ein erheblicher Emittent von Treibhausgasen. In erster Linie sollten deshalb zusätzliche Emissionen vermieden und Potenziale zur THG-Minderung und Speicherung in der Landwirtschaft verstärkt genutzt und gefördert werden (SRU 2007). Dabei werden in der Regel Synergieeffekte mit dem Naturschutz entstehen.

Handlungsoptionen

- Forschung zu den Auswirkungen des Energiepflanzenanbaus auf den Kohlenstoffhaushalt und die Freisetzung klimarelevanter Emissionen.
- Förderung von Landbaumaßnahmen und veränderten Energiepflanzenanbauverfahren (Bodenbearbeitungsverfahren, Art und Intensität der Düngung und Bewässerung usw.) zur Verminderung der Emissionen klimawirksamer Gase (insbesondere von CO₂ und N₂O) und Analyse der Anreizsysteme zur emissionsärmeren Bewirtschaftung, beispielsweise durch Schaffung von Anreizen im Rahmen von Agrarumweltprogrammen.
- Angebote zur Beseitigung der Wissensdefizite bei den Landwirten bzgl. der Auswirkungen der landwirtschaftlichen Wirtschaftsweisen auf Klimagasemissionen. Entsprechende Beratungsangebote durch die zuständigen Behörden sollten verpflichtend sein.
- Forschung zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiepflanzenanbau und die daraus resultierenden Anpassungsanforderungen.

3. Zertifizierung

Die Förderung erneuerbarer Energien geschieht mit dem Ziel der Ressourcenschonung und der Vermeidung negativer Umweltwirkungen, insbesondere zur Verringerung von Klimagasemissionen. Um dies erreichen zu können, muss die Produktion der Energiepflanzen selbst so umweltverträglich wie möglich erfolgen (Kap. IV), und es muss gewährleistet sein, dass diese „positiven Umweltleistungen“ nicht durch Effekte auf die konkurrierende Produktion von Lebens- und Futtermitteln sowie Rohstoffen für die stoffliche Nutzung zunichte gemacht oder sogar ins Gegenteil verkehrt werden (Kap. III). Als besonders problematisch gilt die Gefahr einer direkten Ausdehnung des Energiepflanzenausbaus bzw. einer indirekten Verdrängung sonstiger landwirtschaftlicher Produktion in Gebiete mit hohem Wert für Biodiversität und Naturhaushalt (z. B. Regenwaldgebiete oder Torfböden als Kohlenstoffsenken).

Im Sinn eines umfassenden Nachhaltigkeitsverständnisses müssten neben den ökologischen Wirkungen auch die sozioökonomischen Konsequenzen betrachtet werden, darunter v. a. eine Preissteigerung für landwirtschaftliche Rohstoffe insgesamt bzw. davon ausgehende Wirkungen auf die Ernährungssituation armer Bevölkerungsgruppen sowie eine Änderung der Eigentumsverhältnisse als Folge höherer Bodenpreise, insbesondere eine mögliche Verdrängung von Kleinbauern.

Würden diese Effekte lediglich die EU-Länder betreffen, genüge eine Anpassung der EU-Agrar- und Umweltpolitik (Kap. VI.2). Die europäische Bioenergieförderung führt aber zunehmend zu Importen von Bioenergieträgern (insbesondere flüssige Biokraftstoffe wie Ethanol aus Zuckerrohr sowie pflanzliche Öle aus Ölpalme und Soja), da komparative Vorteile der Energiepflanzenproduktion vor allem in Südamerika und Südostasien bestehen und ambitionierte Ausbauziele alleine mit heimischer Energiepflanzenproduktion nicht zu erfüllen sind. Ausbauziele und Förderung der Bioenergienutzung in Europa können daher zu direkten und indirekten Auswirkungen in den Herkunftsländern entsprechender Importe führen.

Als zentrale Maßnahme, um negative Effekte zu verhindern, gelten die Etablierung von Nachhaltigkeitsstandards und eine verpflichtende Zertifizierung derjenigen Bioenergieträger, die für die Erfüllung politisch vorgegebener Quoten genutzt werden, bzw. für solche, deren Produktion mit öffentlichen Geldern gefördert werden.

Es besteht ein relativ breiter Konsens, Nachhaltigkeitsstandards und eine entsprechende Zertifizierung für die durch Fördermaßnahmen neu induzierte Nachfrage nach Bioenergieträgern zu etablieren. Als problematisch gelten die begrenzte Reichweite, die Unsicherheiten bezüglich der tatsächlichen Auswirkungen sowie die vielen offenen Fragen und Probleme der Umsetzung (Kap. V.4). Die grundsätzliche Kritik von Umwelt- und Entwicklungsorganisationen richtet sich vor allem gegen die Höhe der Zielvorgaben für die Bioenergieträgernutzung, die als eigentlicher Auslöser der Probleme verstanden wird (Kap. VI.1.8).

Insgesamt kann als Konsens in der europäischen Debatte bezeichnet werden, dass die von der EU für flüssige Bioenergieträger beschlossenen Nachhaltigkeitsstandards keinen dauerhaft hinreichenden Maßstab setzen können und sollen, sondern eine am derzeit politisch Durchsetzbaren orientierte erste Stufe darstellen. Dies zeigt sich in der Richtlinie selbst, die eine Vielzahl von Fortentwicklungsansätzen, nationalen Erweiterungsmöglichkeiten und konkreten Monitoringaufträgen enthält (Kap. V.2.1).

Die Reichweite der EU-Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (EE-RL) ist in mehreren Dimensionen begrenzt:

- durch ihre Beschränkung auf bestimmte Produkte und Nutzungszwecke (flüssige Bioenergieträger),
- durch die Beschränkung auf zwei Bewertungskriterien für importierte Bioenergieträger (Treibhausgasreduktion und Schutz für die biologische Vielfalt wertvoller Gebiete) und
- durch ihren eingeschränkten Gültigkeits- bzw. Verpflichtungsbereich (für Beimischungsquoten flüssiger Bioenergieträger bzw. bei der Förderung ihres Einsatzes mit öffentlichen Geldern oder fiskalischen Maßnahmen).

Die EE-RL umfasst kein generelles Import- und Nutzungsverbot für Bioenergieprodukte, die nicht diesen Standards entsprechen und/oder nicht zertifiziert sind. Angesichts der ambitionierten Quotenvorgaben für Biokraftstoffe wird sich allerdings auf absehbare Zeit in Europa voraussichtlich kein großer Markt für unzertifizierte Biokraftstoffe entwickeln.

Aus der Reichweitenbegrenzung lassen sich wichtige Herausforderungen und Ansatzpunkte für eine Weiterentwicklung ableiten, die zum Teil einen mittel- bis langfristigen Zeithorizont betreffen und entsprechend der länder- und kontinentübergreifenden Wirkungszusammenhänge auf europäischer oder internationaler Ebene angesiedelt sind. Es sind dies:

- eine Ausdehnung auf weitere Bioenergieträger (u. a. feste Bioenergieträger),
- eine Einbeziehung weiterer Nutzungszwecke (z. B. stoffliche Nutzung),
- eine Erweiterung der Nachhaltigkeitskriterien sowie
- eine Ausweitung auf die weltweite Biomasseproduktion.

Die politischen und administrativen Basisaufgaben der kommenden Jahre bestehen jedoch erst einmal in der nationalen Umsetzung und Implementierung des durch die EE-RL vorgesehenen Systems und der Gewährleistung einer kontrollierten und effizienten Einhaltung der Vorgaben. Weil dies vermutlich nicht ohne Schwierigkeiten bei der praktischen Umsetzung geschehen wird und daher möglicherweise nicht so schnell wie geplant erfolgen kann (der SRU rechnet mit einem Zeitraum von einer Dekade, um ein wirksames Zertifizierungssystem aufzubauen; SRU 2007, S. 90), sollte parallel an der Weiter-

entwicklung der EU-Vorgaben im Sinne der Reichweitenausdehnung gearbeitet werden.

3.1 Implementierung des beschlossenen Zertifizierungssystems

In einem Gesetzestext können die Nachhaltigkeitskriterien aufgrund der unterschiedlichen klimatischen Rahmenbedingungen in den verschiedenen Anbauregionen und aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher biogener Rohstoffe nicht im Detail ausformuliert und quantifiziert werden. Die mit der Zertifizierung beauftragten Unternehmen müssen die Einhaltung der Kriterien bis zu einem gewissen Grad nach ihrem eigenen Ermessen beurteilen. Somit kommt den Zertifizierungsunternehmen besonders bei der Einführung von Zertifizierungssystemen eine hohe Verantwortung zu. Ein breiter Erfahrungsschatz und vereinheitlichte Vorgaben für Zertifizierungsunternehmen existieren noch nicht. Diese können und müssen erst mit steigender Erfahrung der Zertifizierungsunternehmen weiter vereinheitlicht und konkretisiert werden (Lewandowski/Faaij 2006, S. 42; UNEP et al. 2007, S. 12).

Stand der politischen Entscheidungen

Nach Veröffentlichung der Richtlinie im Amtsblatt der EU im Juni 2009 haben die Mitgliedsländer 18 Monate Zeit für die Umsetzung durch nationale Verordnungen, d. h. bis Ende 2010. Das am 23. April 2009 vom Bundestag angenommene Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen hat sich an den Zielen und Vorgaben der EE-RL orientiert, obwohl deren genauer Wortlaut noch nicht feststand. Eine Nachhaltigkeitsverordnung für Biokraftstoffe für den Verkehrsbereich soll nun so schnell wie möglich erlassen werden.

Für den stationären Bereich, also die Stromerzeugung auf Basis flüssiger Bioenergieträger, hat das Bundeskabinett am 10. Juni 2009 die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) beschlossen (Bundeskabinett 2009). In ihr wurden höhere Standards als in der EE-RL formuliert, was möglich ist, weil der Nawaro-Bonus einen Ausgleich für eine höhere Umwelt- bzw. Nachhaltigkeitsleistung darstellt. Verglichen mit dem Entwurf der Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung aus dem Jahr 2007, enthält die BioSt-NachV deutlich detailliertere Vorgaben für die Ausgestaltung der Zertifikate, der Zertifizierungsstandards und -stellen. Die behördliche Kontrolle soll durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung erfolgen. Die konkrete Entwicklung und Umsetzung eines Zertifizierungskonzepts wird im Pilotprojekt ISCC vom BMELV gefördert (Kap. V.2.2).

Vorliegende Empfehlungen

Der WBGU empfiehlt, ein international anwendbares Zertifizierungssystem für alle Arten von Biomasse zu entwickeln. Dies erleichtere die spätere Ausweitung der Bioenergiestandards auf andere Biomassenutzungen (WBGU 2009, S. 249). Das Pilotzertifizierungssystem ISCC (Kap. V.2.2) ist hierzu in der Lage: Es erfasst alle Arten von Bioenergieträgern und ist so konzipiert, dass langfris-

tig alle Biomassearten darunter gefasst werden können. Je nach Pflanzen und Regionen wurden unterschiedliche Mindeststandards und THG-Bilanzen erarbeitet, die der Zertifizierung zugrunde gelegt werden sollen.

Für die Umsetzung des Zertifizierungssystems müssten laut WBGU unabhängige Zertifizierungsinstitutionen geschaffen sowie Kontrollorgane eingerichtet werden, die den Markt für Bioenergiezertifizierung überwachen und die Einhaltung der Standards national und international durchsetzen sowie die Nichteinhaltung sanktionieren können (WBGU 2009, S. 249). Eine möglichst weitgehende Auslagerung der Zertifizierung an private, akkreditierte Zertifizierungsinstitutionen würde die Kosten für die öffentliche Hand reduzieren. Die stichpunktartige Kontrolle der Einhaltung der Standards müsste dennoch durch staatliche Stellen sichergestellt werden. Entwicklungsländer und vor allem die am wenigsten entwickelten Länder (LDCs) sollten bei der Einrichtung von Zertifizierungssystemen und Kontrollstellen sowie bei der Durchführung der Zertifizierung durch technische und finanzielle Hilfe unterstützt werden.

Handlungsoptionen

Für die eigentlichen Zertifizierungen soll auf die Strukturen und Erfahrungen freiwilliger Zertifizierungssysteme (z. B. für Holz) aufgebaut werden (Kap. V.3.1). Im Zuge der nötigen Anpassung dieser Systeme sollten deren bisherige Erfahrungen aus der Zertifizierung von anderen landwirtschaftlichen Produkten systematisch evaluiert und für eine Verbesserung genutzt werden. Wie in Kapitel V.4.3 dargelegt, stellt die Kontrolle der vorgeschriebenen Produktionskriterien einschließlich einer Verhinderung von Manipulationen durch funktionierende Sanktionierungssysteme die wichtigste Herausforderung dar. Zwei zentrale Elemente einer effizienten Umsetzung sind daher eine Standardisierung der Zertifizierungsanforderungen sowie eine Optimierung der Kontrollmechanismen (Ecofys 2008, S. 83 f.).

Die Zertifizierungsvorgaben sollten schrittweise vereinheitlicht und konkretisiert werden, um eine einheitliche Zertifizierung zu gewährleisten und den Ermessensspielraum der zertifizierenden Unternehmen zu begrenzen. Die Anerkennungsbehörden sollten bei der Anerkennung und Kontrolle von Zertifizierungssystemen möglichst konkrete Vorgaben für die Zertifizierungsunternehmen machen und diese im Laufe der Zeit weiter verfeinern bzw. gegebenenfalls auch korrigieren.

Eine transparente, unabhängige und zuverlässige Verifizierung der Einhaltung der Vorschriften von Zertifizierungssystemen ist die Voraussetzung für die Funktionalität und die Glaubwürdigkeit der Systeme. Die Effektivität der Kontrollmechanismen in der Nachhaltigkeitsverordnung sollte daher regelmäßig überprüft werden, die entsprechenden Vorschriften müssen nötigenfalls angepasst werden. Ein zentrales Problem stellt die Kontrolle der Zertifizierungsvorgaben in Entwicklungs- und Schwellenländern dar. Hier ist eine intensive Zusammenarbeit zwischen den europäischen Import- und den Exportlän-

dern notwendig. Von grundlegender Bedeutung erscheint die Etablierung eines effizienten Sanktionierungssystems.

3.2 Ausdehnung auf andere Bioenergieträger und die stoffliche Nutzung

Eine Ausdehnung der Nachhaltigkeitsanforderungen auf andere, insbesondere feste Bioenergieträger wäre für die Strom- und Wärmeproduktion relevant, für die Kraftstoffproduktion hingegen erst bei einer kommerziellen Anwendung von BtL-Verfahren. Eine Ausdehnung von Nachhaltigkeitsanforderungen auf weitere (nichtenergetische) Biomasseanwendungen stellt eine Aufgabe ganz anderer Dimension dar, insbesondere wenn es um den quantitativ größten Bereich, die Produktion von Lebens- und Futtermitteln geht. Überlegungen zu einem globalen Ansatz werden in Kapitel VI.3.5 vorgestellt.

Einen Zwischenschritt würde die systematische Einbeziehung der stofflichen Nutzung biogener Rohstoffe bedeuten, der von verschiedenen Seiten befürwortet bzw. gefordert wird. Gerade mit Blick auf eine Kaskadennutzung (erst stofflich, dann energetisch) drängt es sich auf, Lösungsansätze zur prinzipiellen Gleichstellung zu entwickeln (Kap. VI.1.1).

Stand der politischen Entscheidungen

Die Nachhaltigkeitsanforderungen der EU-RL betreffen ausschließlich flüssige Bioenergieträger. Die Richtlinie enthält aber den Auftrag an die Kommission, im Jahr 2009 eine Ausweitung der Zertifizierung auf feste Bioenergieträger zu analysieren (Artikel 17 Absatz 9; EU 2009). Auch die deutsche Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) zum EEG bezieht sich nur auf flüssige Bioenergieträger.

Eine Ausweitung der Nachhaltigkeitsanforderungen auf gasförmige Bioenergieträger (also insbesondere Biogas) wird bisher nicht diskutiert. Da Biomasse für Biogasanlagen nicht über größere Entfernungen wirtschaftlich transportiert werden kann, wäre von einer Zertifizierung vor allem die heimische bzw. europäische Produktion betroffen. Mögliche Probleme wie die Konzentration des Maisanbaus um Biogasanlagen werden bisher nur als potenzieller Regelungsstatbestand für die gute fachliche Praxis bzw. die Cross-Compliance-Vorgaben wahrgenommen (Kap. VI.2.1).

Die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen geschieht sehr verteilt in unterschiedlichen Wirtschaftsbereichen. Bislang gibt es weder eine übergreifende Förderung der Produktion von Biomasse für eine stoffliche Nutzung noch konkrete Nachhaltigkeitsanforderungen. Das BMELV fördert im Rahmen des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“ seit 2008 einen Schwerpunkt „Innovative Mehrfachnutzung von nachwachsenden Rohstoffen, Bioraffinerien“. Im Sommer 2009 soll ein „Aktionsplan stoffliche Nutzung“ vorgelegt werden, der sich mit Fragen der zukünftigen Förderung bzw. des Verhältnisses von stofflicher und energetischer Nutzung befassen wird (Agra-Europe 2009b).

Vorliegende Empfehlungen

Der WBGU plädiert für grundsätzliche Mindeststandards für sämtliche Bioenergieprodukte, unabhängig von ihrer Art und Verwendung (WBGU 2009, S. 243 ff.). Bei der stofflichen Nutzung von Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft empfiehlt er, für zentrale Stoff- und Produktkategorien (Zellstoff, Papierprodukte u. a.) Nachhaltigkeitsstandards für den Anbau und die Gewinnung der Rohstoffe festzulegen (WBGU 2009, S. 16 f.).

Der im Dezember 2008 gegründete „Rat zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ fordert eine Gleichstellung der stofflichen Nutzung gegenüber der energetischen Nutzung in allen neuen Regularien. Dabei geht es ihm nicht darum, die alten, sektoralen Instrumente zur Förderung der energetischen Nutzung auf die stoffliche Nutzung zu übertragen, sondern er schlägt vor, neue politische Rahmenbedingungen zu entwickeln, welche die möglichst effiziente und nachhaltige Nutzung von Agrarressourcen sicherstellen sollen (nova-Institut 2009). Vorgeschlagen wird eine zukünftige Kopplung der Förderung an Produktionskriterien (in Land- und Forstwirtschaft) und nicht an Verwendungszwecke (Carus 2009).

Handlungsoptionen

Die Nachhaltigkeitsanforderungen der EE-RL wie auch die deutschen BioSt-NachV beziehen sich nur auf flüssige Bioenergieträger. Nachdem mittlerweile zunehmend feste Bioenergieträger, sprich Holz(produkte), aus Russland, Nord- und Südamerika nach Europa importiert werden, erscheint eine Ausweitung der Nachhaltigkeitsstandards naheliegend bzw. notwendig.

Eine Gleichstellung von Biomasse zur stofflichen Nutzung erscheint ebenfalls plausibel, müsste aber vor allem praktikabel gestaltet werden. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen der Etablierung von Nachhaltigkeitsstandards als Voraussetzung einer Förderung der inländischen bzw. europäischen Produktion und einer Zertifizierungsanforderung für importierte Rohstoffe. Letztere erscheint jedoch verwendungsspezifisch (das hieße nur im Fall einer stofflichen Nutzung, nicht aber bei einer Verwendung als Lebens- oder Futtermittel) schwer vorstellbar, weil importierte Biomasseprodukte oftmals für beide Verwendungszwecke genutzt werden können und die Märkte teilweise sehr fragmentiert und die Stoffströme entsprechend klein sind. Eine generelle Zertifizierung für stoffliche Nutzungen ist daher eigentlich nur im Rahmen der Etablierung eines globalen Biomasseproduktionsstandards praktikabel (Kap. VI.3.5).

3.3 Erweiterung der Zertifizierungskriterien

Anders als der deutsche Entwurf der BioNachV vom Oktober 2007 (Kap. V.2.2) oder das britische Carbon and Sustainability Reporting sieht die EE-RL bei importierten Bioenergieträgern keine Vorgaben für einzelne Umweltparameter (Boden, Wasser, Luft etc.) vor. Sie beschränkt sich auf zwei Zertifizierungskriterien: die Reduktion der Treibhausgasemissionen gegenüber fossilen Referenzkraftstoffen sowie auf die Definition von Flächen, auf de-

nen Energiepflanzen nicht angebaut werden dürfen, um zertifiziert werden zu können (Kap. V.2.1). Weder in der BioNachV vom Oktober 2007 noch in der EU-RL wurden soziale Kriterien aufgenommen (Kap. V.4.1).

Stand der politischen Entscheidungen

Die EE-RL erlaubt weiter gehende Kriterien in den Einzelstaaten, wenn es um eine Förderung besonders wünschenswerter, umwelt- und sozialverträglich produzierter Produkte geht (Kap. V.2.1). Hinzu kommt eine Berichts- und ggf. Anpassungspflicht. Die EU-Kommission ist verpflichtet, dem Europäischen Parlament und Rat in Bezug auf relevante Exportländer für Bioenergieträger alle zwei Jahre (zum ersten Mal 2012) über soziale Folgen einer erhöhten Nachfrage nach Biokraftstoffen in der Gemeinschaft und in Drittländern zu berichten. Die Kommission soll Korrekturen der EU-RL vorschlagen, wenn nachweisbar ist, dass sich die Biokraftstoffherstellung in erheblichem Maße auf die Nahrungsmittelpreise auswirkt.

Von der Möglichkeit höherer Anforderungen macht der BioSt-NachV zum EEG Gebrauch, der eine Gewährung des Nawaro-Bonus in der Einspeisevergütung für den stationären Bereich von deutlich weiter gehenden Kriterien als die EE-RL abhängig macht, sowohl durch Vorgaben für den Schutz einzelner Umweltkompartimente (Boden, Wasser, Luft) als auch zur Beobachtung sozialer Auswirkungen (Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln, Wahrung von Flächennutzungsrechten) sowie der Beachtung von Vorgaben zum Arbeitsschutz (Kap. V.2.2).

Vorliegende Empfehlungen

Der WBGU plädiert dafür, Mindeststandards als grundsätzliche Voraussetzung für die Nutzung sämtlicher Bioenergieprodukte einzuführen, unabhängig von ihrem Einsatz zur Quotenerfüllung (WBGU 2009, S. 243 ff.). Dieser Mindeststandard sollte nach Ansicht des WBGU in etwa den Vorgaben des BioSt-NachV-Entwurfs (für die Gewährung des Nawaro-Bonus) entsprechen. Explizit verweist der WBGU darauf, dass die Dimension der Ernährungssicherheit in einem Mindeststandard für Bioenergie auf Ebene einzelner Produzenten nicht adäquat erfasst werden könne, weshalb sie nicht in den vorgeschlagenen Prinzipienkatalog integriert wurde (WBGU 2009, S. 243).

Als Voraussetzung für eine öffentliche Förderung des Anbaus von Energiepflanzen oder die Bereitstellung von Biomasserohstoffen formuliert der WBGU eine umfassende Verschärfung der Nachhaltigkeitskriterien, darunter ihre Erweiterung um soziale und sozioökonomische Kriterien, von einer deutlich stärkeren Reduktion der Treibhausgasemissionen bis hin zu expliziten Verbesserungen der Arbeitsbedingungen sowie einer Berücksichtigung der Interessen der lokalen und indigenen Bevölkerung in Entwicklungsländern (WBGU 2009, S. 246 f.).

Von NGO-Seite wird die mangelnde Einbindung zivilgesellschaftlicher Initiativen aus den Anbauregionen außerhalb Europas immer wieder als Defizit herausgestellt, das dringend zu beheben sei. Aufgrund der räumlichen Ent-

fernung sowie der begrenzten finanziellen Mittel und politischen Einflussmöglichkeiten dieser Interessengruppen bestehe die Gefahr, dass ihre Belange bei der Erstellung von Zertifizierungssystemen in Europa nur unzureichend berücksichtigt werden (Ecofys 2008, S. 83). Dies könne zu Akzeptanz- und Umsetzungsproblemen der Zertifizierungssysteme in den Anbauländern führen. Die Berücksichtigung der Kriterien des „ISEAL Code of Good Practice for Setting Social and Environmental Standards“ könnte den Einbindungsprozess unterstützen (ISEAL 2008).

Handlungsoptionen

Aus der Nachhaltigkeitsregelung der EE-RL selbst sowie der Entstehungsgeschichte bzw. ihren Vorgängersystemen ergeben sich vor allem drei Ansatzpunkte für die Fortentwicklung und Erweiterung der Zertifizierungskriterien:

- eine konsequente Umsetzung und Auswertung der Berichtspflichten,
- eine Verschärfung der bestehenden und eine Aufnahme weiterer ökologischer Kriterien und sozialer bzw. sozioökonomischer Kriterien sowie
- die (stärkere) Einbindung von zivilgesellschaftlichen Initiativen und Nichtregierungsorganisationen aus den betroffenen Entwicklungsländern.

Für die zeitgerechte und umfassende Erfüllung der Berichtspflichten der EE-RL ist es insbesondere nötig, frühzeitig die entsprechende Datenerhebung und -auswertung zu organisieren und zu gewährleisten. Auch der BioSt-NachV-Kabinettsentwurf zum EEG umfasst die Auflage einer Beobachtung sozialer Auswirkungen (Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln, Wahrung von Flächennutzungsrechten). Diese ähnlichen Berichtspflichten bei gleichzeitig unterschiedlichen Vorgaben für die ökologischen Kriterien bieten (falls der BioSt-NachV-Kabinettsentwurf so oder ähnlich umgesetzt wird) die Möglichkeit, nach Vorlage der ersten Kommissionsberichte im Jahr 2012 eine vergleichende Analyse der Effekte vorzunehmen. Um einen solchen Vergleich aussagekräftig durchführen zu können, sollte so schnell wie möglich untersucht werden, ob und wie die entsprechende Datenerhebung koordiniert bzw. abgestimmt erfolgen kann. Zu prüfen wäre auch, ob es in anderen Mitgliedstaaten Bereiche gibt, in denen über die EE-RL hinausgehende Anforderungen gestellt werden, und ob deren Effekte in die Analyse ebenfalls miteinbezogen werden könnten.

Allerdings sollten keine zu großen Erwartungen an die Belastbarkeit dieser Daten geknüpft werden. Es ist abzuwarten, dass sich ähnlich wie bei anderen Monitoringsystemen für komplexe Effekte (z. B. der Umweltwirkungen des Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen; TAB 2000) große Interpretationsspielräume ergeben werden: Dies gilt sowohl für die Feststellung von Auswirkungen als auch für die Bewertung, ob diese Auswirkungen als erheblich zu betrachten sind und ob sie ursächlich vom Energiepflanzenanbau verursacht sind. Denn nur dann ist eine Anpassung EE-RL durch „Verschärfung“ der bestehenden und eine Aufnahme weiterer ökologischer Krite-

rien und/oder sozialer bzw. sozioökonomischer Kriterien vorgesehen. Auf jeden Fall ist es nötig, so aussagekräftige und belastbare Daten zu den Effekten wie möglich zu erhalten.

Wie in Kapitel V.4.1 dargestellt, wird von verschiedenen Seiten darauf hingewiesen, dass die WTO-Kompatibilität des europäischen Zertifizierungssystems nicht konsequent unter dem Blickwinkel der klaren Zielstellung geprüft worden sei, soziale Standards als Nachhaltigkeitskriterium aufzunehmen – diese kann vor einer Einführung gar nicht vollständig beurteilt werden. Ob dies dem Willen geschuldet war, so schnell wie möglich überhaupt eine Regelung zu etablieren, oder nicht eher die erkennbar ablehnende Haltung wichtiger Exportländer (gegenüber einer vermuteten Einmischung in innere Angelegenheiten) ausschlaggebend war, sei dahingestellt. Auf jeden Fall ist der Verweis auf eine mangelnde WTO-Kompatibilität nicht hinreichend als Begründung für das dauerhafte Ausklammern von Arbeits- und Sozialstandards.

Dass bei der weiteren Entwicklung und Festlegung der Zertifizierungskriterien besonderes Augenmerk auf die Einbindung von zivilgesellschaftlichen Initiativen und Nichtregierungsorganisationen aus den betroffenen Entwicklungsländern gelegt werde sollte, betont auch der Biomasseaktionsplan der Bundesregierung (BMU/BMELV 2009, S. 17). Nötig ist eine entsprechende organisatorische und finanzielle Unterstützung, beispielsweise im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit. Ein deutlich weiter gehender Schritt wäre die Festlegung eines Mindestanteils an Biomasserohstoffen, die von Kleinbauern stammen, analog zu dem Fördersystem in Brasilien. Auch in Deutschland werden kleine Produzenten stärker gefördert als große, so bei der Vergütung pro erzeugter Energieeinheit der Biogasproduktion.

3.4 Berücksichtigung von indirekten Landnutzungsänderungen

Neben den sozialen bzw. sozioökonomischen Kriterien war und ist die Frage der indirekten Landnutzungsänderungen (synonym: Verdrängungseffekte) als Zertifizierungskriterium der schwierigste Diskussionspunkt bei der Entwicklung der Nachhaltigkeitsverordnungen, für den in keinem der existierenden oder vorgeschlagenen Systeme eine Lösung gefunden wurde (Kap. V.4.4).

Stand der politischen Entscheidungen

Die Einschätzung des Bundesministeriums der Finanzen aus dem Herbst 2007, dass keine argumentativ und in ihren Auswirkungen auf die Handelsströme und die Landnutzung hinreichend abgesicherte Methodik zur Einbeziehung des indirekten Effekts einer Landnutzungsänderung in die Treibhausgasbilanzierung zur Verfügung steht (BMF 2007, S. 35), führte zur Forderung, dass staatliche Behörden in Zusammenarbeit mit den Anbauländern die Entwicklung in diesen Ländern verfolgen und regelmäßig berichten. In der EE-RL wird die EU-Kommission verpflichtet, dem Europäischen Parlament und Rat bis Ende 2010 einen Bericht vorlegen, in dem sie die Auswirkun-

gen indirekter Landnutzungsänderungen auf die Treibhausgasemissionen prüft und Möglichkeiten untersucht, wie diese Auswirkungen verringert werden können (Artikel 19 Absatz 6; EU 2009). Gegebenenfalls soll ein Vorschlag für eine konkrete Methodologie unterbreitet werden.

Vorliegende Empfehlungen

Der bislang einzige – zumindest in größerem Maß diskutierte – konkrete Vorschlag zur Einberechnung indirekter Landnutzungsänderungen in die Treibhausgasbilanzierung der Bioenergieträger ist die Integration eines länderabhängigen „risk adders“ (Öko-Institut/IFEU 2009). Demzufolge soll die Treibhausgasbilanz der Produktion von Biokraftstoffen immer dann mit einem zusätzlichen Emissionsaufschlag belegt werden, wenn Verdrängungseffekte bei der Rohstoffproduktion nicht ausgeschlossen werden können. Die Höhe des „risk adders“ soll auf Basis der Kohlenstoffvorräte in verschiedenen Weltregionen sowie dem Anteil dieser Weltregionen an den globalen Exporten biogener Rohstoffe bestimmt werden.

Andere in diesem Zusammenhang vorgebrachte Überlegungen bzw. Vorschläge betreffen stattdessen Strategien zur Vermeidung der indirekten Landnutzungsänderungseffekten bzw. deren negativen Folgen, darunter:

- Produktion von Energiepflanzen auf ungenutzten Landflächen mit geringer Biodiversität (oder durch die Ertragssteigerung bestehender Plantagen oder die Nutzung biogener Abfälle) (Ecofys 2007b),
- Etablierung einer transparenten und partizipativen Landnutzungsplanung in den Exportländern (Fehrenbach 2007),
- Schaffung eines globalen, multilateralen Übereinkommens zum Schutze ökologisch wertvoller Landgebiete (WBGU 2009) oder
- Etablierung eines globalen Landnutzungsstandards (WBGU 2009).

Die ersten beiden Möglichkeiten stellen Vorschläge zur Erweiterung der Kriterien im europäischen Zertifizierungssystem dar, der Vorschlag des WBGU bezieht sich eher auf die mittel- bis langfristige Perspektive einer Erfassung der gesamten Biomasse durch Nachhaltigkeitskriterien (Kap. VI.4.5).

Handlungsoptionen

Für die Einführung eines „risk adders“ spricht die einfache Integration in die Zertifizierungssysteme – allerdings wird er notwendigerweise immer auf einer Modellierung beruhen, weil die indirekten Landnutzungsänderungen ihrem Wesen nach nicht zweifelsfrei nachgewiesen oder gar in Echtzeit verfolgt werden können. Modellrechnungen von Öko-Institut und IFEU zu Raps, Palmöl, Zuckerrohr, Mais und Weizen zeigen, dass unter den getroffenen Annahmen als Haupteffekt Bioenergieträger aus der EU und den USA die Anforderungen an die Treibhausgasreduktion nicht mehr erfüllen würden (Öko-Institut/IFEU 2009,

S. 8). Der „risk adder“ würde demnach den Import von Bioenergieträgern fördern, die in tropischen Ländern im Prinzip CO₂-effizienter produziert werden können (Kap. VI.1.5). Dass gerade hierdurch unerwünschte, indirekte Landnutzungsänderungen verhindert werden können, erscheint wenig überzeugend.

Plausibler, wenn auch alles andere als einfach, erscheint die systematische Evaluierung von ungenutzten (oder stillgelegten) Landflächen mit geringer Biodiversität und deren Nutzung für die Energiepflanzenproduktion im Rahmen transparenter und partizipativer Landnutzungsplanung (Kap. V.4.4). Gegen diese Option wird eingewendet, dass es bislang keinen Nachweis gibt, dass Energiepflanzen (oder andere Nichtnahrungsmittelpflanzen für stoffliche Nutzungen) effizient auf Standorten angebaut werden könnten, die nicht auch für den Anbau von Nahrungsmitteln genutzt werden könnten (Howarth et al. 2009, S. 8). Andererseits wird aber auch die Hoffnung formuliert, durch einen Energiepflanzenanbau eine Sanierung von biophysikalisch degradierten, d. h. z. B. versalzten oder dürrebeschädigten Flächen, erreichen zu können (WBGU 2009, S. 96). Um welche Flächengrößen es sich weltweit bzw. in relevanten Produktionsländern handelt, wird derzeit in mehreren Projekten untersucht (Öko-Institut/IFEU 2009, S. 15 f.).

Weil es keine anerkannte Methodologie für die Definition solcher nutzbarer, marginalen Flächen gibt und eine Ausweisung nach politischen Kriterien befürchtet werden muss, wäre eine Kooperation aller Beteiligten und Betroffenen (Behörden, Unternehmen, Gemeinden, Bewohner, Nichtregierungsorganisationen aus dem Umwelt- und Sozialbereich, Biodiversitätsexperten) in den Exportländern und den Importländern nötig. In einer ersten Stufe bieten sich hier bi- oder multilaterale Projekte an, bei denen eine entsprechende Prospektion von den EU-Mitgliedstaaten gefördert wird. Hierdurch würden die Produktionsländer eine Datengrundlage für eine Potenzialabschätzung erhalten, welche Mengen an Energiepflanzen in Zukunft zusätzlich ohne Verdrängungseffekte produziert werden können.

Wenn dies in allen relevanten Exportländern, also v. a. in Brasilien, Thailand, Malaysia und Indonesien gelänge, könnten die EU-Länder wiederum abschätzen, ob eine Umwandlung der bisherigen Anforderung an den Schutz besonders biodiversitäts-, natur- und klimaschutzrelevanter Flächen in eine Vorgabe zur Nutzung bzw. Beschränkung auf die ungenutzte Landflächen mit geringer Biodiversität angesichts der gehandelten Bioenergieträgermengen überhaupt denkbar wäre (und mit WTO-Vorgaben kompatibel). Zumindest im Rahmen der nationalen, besonderen Förderung besonders wünschenswerter Produkte und Produktionsweisen könnte diese Anforderung aber schon jetzt integriert werden, sobald belastbare Daten verfügbar sind.

3.5 Erfassung der weltweiten Biomasseproduktion?

Insbesondere die Schwierigkeiten, unerwünschte indirekte Effekte eines verstärkten Energiepflanzenanbaus

durch die Vorgabe von Nachhaltigkeitsstandards und eine entsprechende verpflichtende Zertifizierung zu verhindern, legen nahe, dass die langfristige Perspektive in der Erfassung der weltweiten Biomasseproduktion liegt (Kap. V.5).

Stand der politischen Entscheidungen

Für keinen Verwendungszweck land- und forstwirtschaftlicher Produkte gibt es vergleichbare Nachhaltigkeitsvorgaben wie für die Nutzung als Bioenergieträger. Für bestimmte Teilsegmente gibt es freiwillige Zertifizierungssysteme (Kap. V.3.1).

Inhaltlich verbunden sind die beiden großen Umweltkonventionen, die UN-Klimarahmenkonvention sowie die Biodiversitätskonvention. Beide enthalten bislang keine spezifischen Regelungen für die Energiepflanzenproduktion – eine gesonderte Behandlung dieses einen Verwendungszwecks passt nicht richtig zu der globalen Ausrichtung beider Vertragswerke auf den Schutz von Umweltgütern insgesamt.

Vorliegende Empfehlungen

Alle umfassenden Analysen und Empfehlungen der vergangenen Jahre zur zukünftigen weltweiten nachhaltigen Produktion von Energiepflanzen münden in der Langfristperspektive globaler Anbaustandards und entsprechender Abkommen. Der SRU hat 2007 die Konturen eines „Biomasseabkommens“ umrissen (SRU 2007, S. 92 ff.), der WBA hat auf die seiner Meinung nach höchste Priorität einer globalen Klimaschutzstrategie hingewiesen (WBA 2007, S. 218 ff.), und der WBGU beschreibt sehr ausführlich einen möglichen Weg von weltweiten Mindeststandards für Bioenergieträger hin zu einem globalen Landnutzungsstandard als Zielvision (Kap. V.5). Schon „mittelfristig“ ist laut WBGU ein solcher Standard anzustreben, der die Produktion aller Biomassearten für verschiedenste Nutzungen (Nahrungs- und Futtermittel, energetische und stoffliche Nutzung usw.) länder- und sektorübergreifend regelt (WBGU 2009, S. 334). Vorgeschlagen wird die Etablierung einer „globalen Kommission für nachhaltige Landnutzung“, die Grundlagen, Mechanismen und Leitlinien erarbeitet (WBGU 2009, S. 256). Sie könnte beim UN-Umweltprogramm (UNEP) angesiedelt werden und mit anderen UN-Organisationen kooperieren. Ihre Ergebnisse sollten im Rahmen des globalen Umweltministerforums der UNEP oder den Foren der G8+5-Staats- und Regierungschefs auf die Agenda gesetzt werden (WBGU 2009, S. 19).

Nicht nur aus politischen Beratungsgremien oder NGOs, sondern auch aus der Wirtschaft gibt es Stimmen, die verpflichtende Biomassennachhaltigkeitszertifikate für alle Verwertungsbereiche befürworten, um eine Fragmentierung der Agrarmärkte mit erheblichen Mehrkosten entlang der Verarbeitungs- und Wertschöpfungskette zu verhindern – so z. B. die Verbände der deutschen Ölmühlen (OVID), der Getreidehändler (VdG) sowie des Großhandels mit Öl(rohstoffen) und Fetten (GROFOR) (Agra-Europa 2009a).

Handlungsoptionen

Eine detaillierte Bewertung, Kommentierung oder Ergänzung der vielfältigen und differenzierten Handlungsempfehlungen insbesondere des WBGU zur Gestaltung der globalen Bioenergiepolitik (über die eigentliche Standardsetzung hinaus in den Bereichen Klimaschutz, Weltenernährung, Biodiversität, Wasser- und Bodenschutz, Agrar- und Industriepolitik sowie Entwicklungszusammenarbeit) liegt außerhalb der Aufgabenstellung des vorliegenden Berichts. Fraglos ist, dass ein globaler Biomasse- oder Landnutzungsstandard eine sehr umfassende, realistischerweise kaum als „mittelfristig“ zu bezeichnende, sondern langfristige Zielstellung beschreibt. Die enormen Schwierigkeiten, die sich in den vergangenen Jahren und Jahrzehnten bei dem Versuch gezeigt haben, durch internationale bzw. globale Verhandlungen messbare Fortschritte im Umwelt- und Gesundheitsbereich oder bei der Bekämpfung von Armut, Mangelernährung und sozialer Ungerechtigkeit zu erreichen, sollten sicher nicht dazu führen, in den Bemühungen nachzulassen. Aber diese Schwierigkeiten dürfen nicht übersehen werden bei einer Einschätzung, wie realistisch das Instrument internationaler Bereichspolitikgestaltung ist, um wie im vorliegenden Fall die weltweiten Folgen politischer Entscheidungen in einigen Industrieländern aufzufangen.

Wenn man diese realistischerweise langfristige Zeiterperspektive in Rechnung stellt, kann sich ein Zukunftsszenario ergeben, das auch ohne eine Etablierung weltweiter Biomasseabkommen auskommt: Wenn die wichtigen naturressourcenreichen Länder mit großem landwirtschaftlichen Potenzial einen großen Fortschritt in ihrem sozioökonomischen, gesellschaftlichen und politischen Entwicklungsstand erreichen sollten, dann werden sie vermutlich im eigenen Interesse so hohe Umwelt- und Sozialstandards für eine nachhaltige Nutzung ihres Territoriums etablieren, dass sich diese nicht deutlich von denen in der EU unterscheiden werden. Eine gesonderte Nachhaltigkeitszertifizierung für importierte Bioenergieträger wäre dann unnötig.

Mit Blick auf den Beitrag der Einführung eines unilateralen Mindeststandards und entsprechender Zertifizierungssysteme durch die EU (die auch vom WBGU als sinnvoller erster Schritt beurteilt wird, der über bi- und multilaterale Abkommen abgesichert und ausgeweitet werden kann und soll; Kap. V.5) und die starke Thematisierung der Gefahr vorwiegend negativer ökologischer und sozialer Folgen einer stärkeren politischen Förderung der Energiepflanzenutzung sollte nicht vergessen werden, dass hierdurch so stark wie nie zuvor weltweit politische Prozesse in Gang gesetzt wurden zur Diskussion des Problems, wie eine nachhaltigere Landwirtschaft aussehen sollte und erreicht werden könnte. Gerade weil die Energiepflanzenutzung vorrangig durch politische Entscheidungen befördert worden ist, konnte die Forderung nach einer verpflichtenden „Nachhaltigkeitszertifizierung“ von Bioenergieträgern Wirkung entfalten – anders als bei der marktgeprägten Lebens- und Futtermittelproduktion oder auch der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe.

Vielleicht wird sich im Rückblick herausstellen, dass die Verurteilung der Biokraftstoffe als neokolonialistisches Luxusgut und die dadurch ausgelösten Bewusstwerdungs- und Gestaltungsprozesse letztlich die Etablierung globaler nachhaltiger Landnutzungsstandards – wie immer diese dann auch aussehen und umgesetzt werden mögen – angestoßen und ermöglicht haben.

4. Handlungsperspektiven der Energiepflanzennutzung

In der Gesamtschau lassen sich vier grundsätzliche Ausrichtungen der Energiepflanzennutzung bzw. Handlungsperspektiven bei Ausbauzielen und Förderpolitiken identifizieren. Sie sind durch jeweils spezifische Vor- und Nachteile gekennzeichnet.

Handlungsperspektive: Priorität für Biokraftstoffe beibehalten

Im Mittelpunkt steht bei dieser Handlungsperspektive das Festhalten an dem bindenden Ausbauziel von 10 Prozent Biokraftstoffanteil für die EU und dem deutschen Ausbauziel von 12 bis 15 Prozent für Deutschland (jeweils für das Jahr 2020). Dahinter stehen die Zielsetzungen, die Nutzung nichtfossiler Kraftstoffe auszubauen und damit einen Beitrag des Verkehrsbereiches zur Reduktion von Klimagasemissionen zu leisten sowie eine höhere Versorgungssicherheit zu erreichen.

Konsequenz dieser Ausrichtung müsste sein, die Strom- und Wärmeerzeugung auf der Basis von Energiepflanzen in Deutschland mehr oder weniger auf dem heutigen Niveau einzufrieren (bzw. ggf. sogar zurückzuführen), um zusätzliche Flächenkonkurrenzen zu vermeiden. Auch unter günstigen Rahmenbedingungen wird es schwierig werden, den Biokraftstoffanteil im Jahr 2020 größtenteils auf der Basis der deutschen (bzw. europäischen) Produktion von Biokraftstoffen der sogenannten 1. Generation zu erreichen.

Deshalb sind diese Quoten auch unter dem Vorbehalt festgelegt worden, dass im Zieljahr ein merklicher Anteil durch Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation (insbesondere BtL) bereitgestellt werden kann. Damit ist allerdings eine erhebliche Unsicherheit verbunden: Einerseits lässt sich derzeit nicht sicher abschätzen, ob diese Konversionstechnologien bis dahin technologisch ausgereift sind und wirtschaftlich betrieben werden können. Andererseits ist zurzeit unklar, in welchem Umfang Reststoffe genutzt werden können oder Energiepflanzen (z. B. Kurzumtriebsplantagen) als Rohstoffbasis benötigt werden. Nicht auszuschließen ist, dass die Erreichung des Ausbauziels für Biokraftstoffe bei ungenügenden Fortschritten gefährdet sein kann.

Diese Handlungsperspektive wird aufgrund der geringen Energieproduktivität pro Fläche zu einem relativ geringen Beitrag der Bioenergie (bzw. hier der Energiepflanzenutzung) zur Bereitstellung regenerativer Energien führen. Ebenso können nur begrenzte Einsparungen bei den Klimagasemissionen erwartet werden. Die Unsicherheiten bei der Höhe und Klimawirksamkeit von NO_x -Emis-

sionen infolge der Stickstoffdüngung sind bei den Biokraftstoffen der sogenannten 1. Generation von besonderer Bedeutung und können den Klimaschutzbeitrag noch weiter verringern.

Eine Bereitstellung der Biokraftstoffe im Wesentlichen durch inländische (bzw. europäische) Erzeugung würde verhindern, dass der global bestehende Druck zur Ausweitung landwirtschaftlicher Nutzflächen weiter erhöht wird. Dies gilt allerdings nur so lange, wie als Folge der europäischen Biokraftstoffproduktion nicht ein Teil der europäischen Futter- und Nahrungsmittelproduktion ins Ausland verdrängt wird. Eine Ausrichtung auf die europäische Erzeugung von Biokraftstoffen erfordert einen entsprechenden Außenschutz. Dies gilt nicht nur für die Biokraftstoffe der sogenannten 1. Generation, sondern voraussichtlich auch für die Biokraftstoffe der nächsten Generation, weil diese unter Umständen in tropischen Ländern mit großen Holzvorräten billiger produziert werden können. Die Beibehaltung bzw. der Ausbau von Außenschutzregelungen ordnen sich eher in eine globale Entwicklung hin zu einer Abschottung von Wirtschaftsräumen ein, die insgesamt zu einer besonders hohen Ausdehnung landwirtschaftlicher Flächen mit allen ihren Folgen führen würde.

Aus der Konzentration auf Biokraftstoffe aus inländischer Erzeugung ergibt sich, dass von den diskutierten Handlungsoptionen zur umweltverträglichen Energiepflanzenproduktion diejenigen eine besondere Dringlichkeit besitzen, die sich auf den Anbau von Energiepflanzen zur Biokraftstoffherstellung beziehen, beispielsweise zum Schutz des Dauergrünlandes und zum umweltgerechten Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Unter dieser Handlungsperspektive hätte die Zertifizierung keine hohe Priorität, wenn sich die Energiepflanzenutzung auf inländische Erzeugung konzentriert und mögliche negative Umweltwirkungen des Energiepflanzenanbaus durch eine Fortschreibung der ordnungsrechtlichen Regelungen zur Landbewirtschaftung verhindert werden. Vorrangige Aufgabe bei der Zertifizierung wäre eine erfolgreiche Implementierung des beschlossenen Zertifizierungssystems.

Handlungsperspektive: Priorität auf Strom- und Wärmeerzeugung aus Energiepflanzen verschieben

Diese Ausrichtung zielt darauf, die landwirtschaftlichen Energiepflanzenpotenziale mit möglichst klimateffizienten Produktlinien zu nutzen. Die Strom- und Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung weist derzeit und auf absehbare Zeit die besseren Einsparpotenziale bei den Treibhausgasemissionen auf. Sie kann beispielsweise auf der Basis von biogenen Festbrennstoffen oder Biogas erfolgen. Außerdem resultiert aus der Ganzpflanzennutzung eine höhere Flächenproduktivität der Energiebereitstellung als bei Biokraftstoffen der sogenannten 1. Generation. Entsprechende Ausbauziele für die Strom- und Wärmeerzeugung auf der Basis von Energiepflanzen wären festzulegen und die Förderpolitiken dahingehend anzupassen. Damit ließen sich höhere Anteile der Bioenergie am regenerativen Strom und am gesamten Strom-

verbrauch erzielen, als in der „Leitstudie 2008“ vorgesehen. Zielsetzung dieser Handlungsperspektive ist, eine möglichst hohe Energieproduktivität pro Fläche, einen relativ hohen Beitrag zur regenerativen Energieversorgung und einen möglichst großen Beitrag zur Vermeidung von Treibhausgasen zu erreichen.

Konsequenz dieser Ausrichtung müsste die stufenweise Zurücknahme der Biokraftstoffquote bis zur ihrer völligen Abschaffung sein. Dies würde eine Änderung der europäischen Festlegungen zum Biokraftstoffanteil verlangen. Außerdem würde dies auf den Widerstand der europäischen Biokraftstoffindustrie stoßen, die sich in den letzten Jahren gerade erst auf der Basis der staatlichen Förderung von Biokraftstoff entwickelt hat. Eine Kompromisslösung könnte ein Einfrieren der Quote bei den derzeit festgelegten 5,75 Prozent sein, als Vertrauensschutz und zur Ausnutzung der getätigten Investitionen. Eine Zurücknahme der Biokraftstoffförderung würde auch bedeuten, dass verstärkte Anstrengungen bei effizienteren Fahrzeugen und bei neuen Antriebssystemen unternommen werden müssten, um Klimaschutzziele im Verkehrsbereich zu erreichen.

Unsicherheiten bestehen bei dieser Ausrichtung darin, inwieweit ambitionierte Ziele zum Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung erreicht werden können. Diese ist stark an den Ausbau von Nah- und Fernwärmeversorgungen gebunden. Eine Ausrichtung auf die stationäre Nutzung erfordert daher gezielte Maßnahmen, um entsprechende Hemmnisse zu überwinden, da der Vorteil der stationären Nutzung zur Strom- und Wärmeerzeugung an die Kraft-Wärme-Kopplung gebunden ist.

Bei einer Ausrichtung auf die Strom- und Wärmeerzeugung (aus Energiepflanzen) liegt es nahe, auch der Bioenergienutzung auf der Basis von biogenen Rest- und Abfallstoffen Priorität einzuräumen und diese bevorzugt zu fördern. Die energetische Nutzung von biogenen Rest- und Abfallstoffen bietet die Möglichkeit, zur Vermeidung von Flächenkonkurrenzen beizutragen. Außerdem sind mit ihr weitere Vorteile verbunden wie niedrige CO₂-Vermeidungskosten und günstige Ökobilanzergebnisse, weil die Umweltbelastungen aus der landwirtschaftlichen Biomassebereitstellung wegfallen.

Priorität für die Strom- und Wärmeerzeugung schafft günstige Voraussetzungen für die Nutzung regionaler Bioenergiepotenziale, da in der Regel die benötigte Biomasse nicht über größere Entfernungen transportwürdig ist und daher nicht über internationale Märkte bezogen werden kann. Dies gilt beispielsweise für die Energiepflanzennutzung in Biogasanlagen ebenso wie für die Nutzung biogener Rest- und Abfallstoffe. Außerdem sind hiermit besonders gute Chancen für die Landwirtschaft als Bioenergieproduzent verbunden. Daher würde die hier diskutierte Ausrichtung unterstützt, wenn die Förderung regionaler Innovations- und Nutzungsnetzwerke zu Bioenergie ausgebaut würde.

Von den diskutierten Handlungsoptionen zur umweltverträglichen Energiepflanzenproduktion sind hier insbesondere diejenigen relevant, die sich auf den Anbau von

Energiepflanzen zur Strom- und Wärmeerzeugung beziehen. Beispielsweise gilt dies für die Einhaltung mindestens dreigliedriger Fruchtfolgen bei einjährigen Kulturen, um u. a. eine Konzentration des Maisanbaus um Biogasanlagen herum zu verhindern.

Als Alternative oder Ergänzung kommt eine Ausweitung der Zertifizierung auf alle Arten von Bioenergieträgern, also auch feste und gasförmige, infrage, wenn die Nachhaltigkeitsanforderungen über die bestehenden europäischen Standards für die Landwirtschaft hinausgehen bzw. ggf. durch den Energiepflanzenanbau notwendige Anpassungen der ordnungsrechtlichen Regelungen ersetzen sollen.

Handlungsperspektive: Auf die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe umsteuern

Biomasse wird hier als eine zukünftig immer wichtiger werdende Grundlage eines breiten Spektrums stofflicher Nutzungen gesehen. Eine energetische Nutzung soll erst am Ende des Lebenszyklus der stofflichen Nutzungen erfolgen. Kopplungs- und Kaskadennutzungen sollen so weit wie möglich entwickelt und genutzt werden. Zielsetzung dieser Handlungsperspektive ist, eine Alternative für das in Zukunft zunehmend knapp und damit teurer werdende Erdöl als wichtiger Grundstoff der chemischen Industrie und vieler industrieller Anwendungen aufzubauen. Auch aus Klimaschutzgründen soll nach einer alternativen, regenerativen Rohstoffbasis gesucht werden.

Stoffliche Nutzungen nachwachsender Rohstoffe sind heute schon teilweise wirtschaftlich. Unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen ist aber nur ein langsamer Ausbau der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu erwarten. Für einen schnellen Ausbau ist daher eine staatliche Förderung neuer Nutzungsbereiche notwendig. Damit müsste eine Verlagerung der Förderung von der energetischen zur stofflichen Nutzung erfolgen. Mit dem Umbau der Förderpolitik wäre bei dieser Ausrichtung möglichst früh zu beginnen, damit die zukünftig für stoffliche Nutzungen benötigte landwirtschaftliche Biomasse dann zur Verfügung steht und nicht in der Zwischenzeit durch Investitionen und Anlagenkapazitäten für energetische Nutzungen blockiert wird.

Ein starker Ausbau stofflicher Nutzungen wäre auf erhebliche Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen angewiesen. Beispielsweise ist das Konzept der Bioraffinerie noch in einem relativ frühen Entwicklungsstadium. Bei dieser Ausrichtung sollten die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu Konversionstechnologien für Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation möglichst offen angelegt werden, damit diese Technologien ggf. auch für die Bereitstellung von Rohstoffen für die stoffliche Nutzung eingesetzt werden können. Außerdem wäre der Abschätzung der neu erschließbaren Potenziale und Nutzungswege für Kopplungs- und Kaskadennutzungen sowie der Entwicklung entsprechender Forschungs- und Technologiestrategien eine hohe Priorität einzuräumen.

Das Problem bei einer Ausrichtung auf stoffliche Nutzungen ist die sehr große Vielfalt stofflicher Nutzungswege,

die noch bedeutend größer ist als bei der energetischen Nutzung. Dies erschwert es deutlich, zielgerichtete Förderstrategien zu entwickeln. Die Konsequenz einer frühzeitigen Umsteuerung auf stoffliche Nutzungen wäre außerdem, dass kurz- bis mittelfristig Potenziale der Energiepflanzenutzung nicht vollständig ausgeschöpft würden.

Priorität für die stoffliche Nutzung würde bei der Zertifizierung die Dringlichkeit erhöhen, Nachhaltigkeitsstandards für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu entwickeln und diese in Zertifizierungssysteme einzubeziehen. Das Problem ist dabei, dass eine generelle Zertifizierung für stoffliche Nutzungen nur im Rahmen der Etablierung eines globalen Biomasseproduktionsstandards praktikabel sein dürfte.

Handlungsperspektive: Bioenergieträger importieren

Zielsetzung dieser Handlungsperspektive ist, die Energiepflanzenutzung möglichst flächen-, klimaschutz- und kosteneffizient zu gestalten. Aufgrund der höheren Flächenproduktivität und stärkeren Vermeidung von Treibhausgasemissionen sowie der niedrigeren Produktionskosten würden Biokraftstoffquoten im Wesentlichen durch Importe aus tropischen Ländern (z. B. Biodiesel auf der Basis von Palmöl, Bioethanol auf der Basis von Zuckerrohr) erfüllt. Hierfür würden eine Wiederaufnahme und ein erfolgreicher Abschluss der Doha-Runde der WTO-Verhandlungen mit einem entsprechenden Abbau von Außenschutzregelungen im Agrarbereich eine wichtige Rolle spielen. Entsprechend wäre auch der entsprechende Abbau von Zöllen und Subventionsregelungen für Bioenergieträger in der EU notwendig.

Da der Energiepflanzenanbau in Deutschland bei dieser Handlungsperspektive tendenziell keine große Ausweitung erfahren wird, hat die Weiterentwicklung der ordnungsrechtlichen Regelungen zur Landbewirtschaftung und ihre Anpassung an neue Herausforderungen des Energiepflanzenanbaus keine hohe Priorität. Stattdessen sind Standardsetzungen und Zertifizierung zentrale Elemente dieser Ausrichtung. Sie ist darauf angewiesen, dass eine nachhaltige Erzeugung der Bioenergieträger in Exportländern gewährleistet und das Problem indirekter Landnutzungsänderungen erfolgreich in den Griff bekommen wird. Außerdem würde die Erweiterung der Zertifizierungskriterien (hinsichtlich weiterer ökologischer sowie sozialer bzw. sozioökonomischer Kriterien) an Priorität gewinnen.

Hier liegt auch das größte Risiko dieser Ausrichtung. Die Erfassung indirekter Landnutzungsänderungen mit Zertifizierungssystemen wird durchweg als sehr problematisch beurteilt. Wenn durch den Import von Biokraftstoffen direkt oder indirekt Umwandlungen von Regenwäldern oder Torfböden in landwirtschaftliche Produktionsflächen bewirkt werden, dann kommt es zu erheblichen zusätzlichen Emissionen von Treibhausgasen.

Den Zielsetzungen dieser Handlungsperspektive entspricht es weiterhin, mittelfristig die mengenbezogene Förderung in den einzelnen Nutzungsbereichen auslaufen zu lassen und durch eine möglichst weitgehende Integration in einen sektorübergreifenden Emissionshandel zu ersetzen, wie dies beispielsweise der Sachverständigenrat für Umweltfragen fordert. Eine Verknüpfung mit der Zertifizierung von Bioenergieträgern besteht darin, dass auch für den Emissionshandel die Reduktion der Klimagasemissionen erfasst und zertifiziert werden muss.

Literatur

1. In Auftrag gegebene Gutachten

Aretz, A., Hirschl, B., Murach, D., Knur, L., Schlepphorst, R., Hoyer, A., Grundmann, P., Köthke, M., Rode, M., Wiehe, J. (2008): Dimensionen einer umweltverträglichen Energiepflanzenproduktion. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Fachhochschule Eberswalde (FHE), Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB), Institut für Umweltpfplanung, Leibniz Universität Hannover (IUP)

Bringezu, S., Schütz, H. (2008): Ausbau der Energiepflanzenutzung und Flächenkonkurrenz national und international. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal

Degen, B. (2007): Ansätze und Herausforderungen der pflanzenzüchterischen Optimierung von Energiepflanzen – Schwerpunkt schnellwachsende Baumarten. Bargteheide

Grundmann, P., Kimmich, C. (2008): Ausbau der Energiepflanzenutzung und regionale Flächenkonkurrenz. Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB), Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus, Humboldt-Universität zu Berlin

IE (Institut für Energetik und Umwelt) (2007a): Zielvorgaben und Förderpolitiken zu Bioenergie (insbesondere Energiepflanzen) im internationalen Vergleich (Bearbeiter: Thrän, D., Schreiber, K., Seidenberger, T., Thierbach, E., Weiske, A.). Leipzig

Klein, H., Kesten, E. (2007): Züchtung von Energiepflanzen für die Nutzung spezifischer Inhaltsstoffe und zur Nutzung als Energiequelle aus Ganzpflanzen. Bonn/Einbeck

Kleßmann, C., Meyer, S. (2008): Zertifizierung biogener Energieträger. Ecofys Germany, Berlin

2. Weitere Literatur

Agra-Europe (2009a): Ölmühlen und Handel fordern Nachhaltigkeitsstandards für Nahrungs- und Futtermittel. In: Agra-Europe 21/09, 18. Mai, Länderberichte S. 26–27

Agra-Europe (2009b): Stoffliche Biomassenutzung soll Vorrang haben. In: Agra-Europe 22/09, 25. Mai, Länderberichte S. 12–14

Agra-Europe (2009c): Biospritgesetz ohne Palm- und Sojapassagen geplant. In: Agra-Europe 6/09, 2. Februar, Länderberichte S. 32–33

Aldhous, P. (2004): Borneo is burning. In: Nature Vol. 432, S. 144–146

Alsing, I. (1992): Lexikon Landwirtschaft, München

AMK (Agrarministerkonferenz) (2005): Agrarministerkonferenz am 03.04.2005 auf dem Petersberg/Königswinter. Ergebnisprotokoll

Anonym (1993): Definition und Einordnung von Verfahren der Bodenbearbeitung und Bestellung. KTBL Arbeitsblatt Nr. 0236

Arbeitsgemeinschaft Regenwald und Artenschutz (2007): NGOs fordern sofortiges Moratorium der EU für Fördermaßnahmen für Biokraftstoffe und Bioenergie. www.wrm.org.uy/actors/BDC/SBSTTA/Moratorium_German.pdf

Baeumer, K. (1978): Allgemeiner Pflanzenbau. Stuttgart

Barsig, M. (2004): Vergleichende Untersuchungen zur ökologischen Wertigkeit von Hybrid- und Schwarzpapeln. Literaturrecherche, TU Berlin

Basel (2004): The Basel Criteria for Responsible Soy Production. http://assets.panda.org/downloads/05_02_16_basel_criteria_engl.pdf

Berg, A. (2002): Breeding birds in short-rotation coppices on farmland in central Sweden – the importance of Salix height and adjacent habitats. In: Agriculture, Ecosystems & Environment, 90 (3), S. 265–276

Berg, E., Schmitz, B. (2007): Weather based instruments in the context of whole farm risk management. 101st EAAE Seminar „Management of Climate Risks in Agriculture“, Berlin, July 5-6 2007, www.eaae.hu-berlin.de/Program (12.03.08)

BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2009): Bioenergie-Regionen. Bundeswettbewerb zum Aufbau regionaler Netzwerke im Bereich Bioenergie. Ausgangslage. www.bioenergie-regionen.de/ausgangslage.html

BMF (Bundesministerium der Finanzen) (2007): Entwurf einer Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von zu Biokraftstoffen verwendeter Biomasse (Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung – BioNachV). Fassung vom 05.12.2007

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2007c): Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung. Internet-Update, Stand: November 2007. www.erneuerbare-energien.de/inhalt/2720/20012/ (12.03.2008)

BMU (2008a): Weiterentwicklung der Strategie zur Bioenergie.

BMU (2008b): Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2007 – Stand: 12. März 2008. BMU KI III 1 – Daten EE 2007

BMU (2009): Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2008. Stand April 2009

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2009a): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. Berlin

- BMU, BMELV (2009b): Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. Anhang, Berlin
- BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (2002): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenverdichtungen und Boden-erosion. Bonn
- BNatSchG (Bundesnaturschutzgesetz) (2007): Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz). 25.03.2002 (BGBl. I S. 1193), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 10. Mai 2007 (BGBl. I S. 666)
- Böse, S. (2007): Auf die Humusbilanz achten! 01.11.2007. www.saaten-union.de/index.cfm/portal/1/nav/410/article/3301/pa
- BP (2006): Energie in Zahlen. BP Statistical Review of World Energy, Juni 2006. www.bp.com/statisticalreview (23.01.2007)
- Braun, Joachim von (2008): Die globale Ernährungs- und Agrarkrise und die Rolle von Innovation zu ihrer Bewältigung. Charles Valentine Riley Memorial Lecture. Washington, DC, February 28, 2008-05-14
- Bundesregierung (2008a): Entwurf eines Gesetzes zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen. Deutscher Bundestag, Drucksache 16/11131, Berlin
- Bundesregierung (2008b): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Cornelia Behm: Entwicklung der biologischen Vielfalt in der Landwirtschaft. Deutscher Bundestag, Drucksache 16/8746, Berlin
- Bundesregierung (2009): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung – BioSt-NachV). Verordnung der Bundesregierung, Deutscher Bundestag, Drucksache 16/13326, Berlin
- Bundesverband Pflanzenöl (2010): Meldung vom 07.04.2010. www.bv-pflanzenoele.de/aktuelles_steuern.html
- Büntrup, M. (2008): Steigende Nahrungsmittelpreise – Ursachen, Folgen und Herausforderungen für Entwicklungsländer. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, Analysen und Stellungnahmen 4/2008, Bonn
- Burger, F. (2004): Energiewälder und Ökologie. Positive Auswirkungen auf Flora, Fauna und Boden. In: LWF aktuell 48/2004, S. 26–27
- Burger, F. (2006): Zur Ökologie von Energiewäldern. In: Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landschaftspflege, 79, S. 74–80
- Carus, M. (2009): Stoffliche Nutzung Nachwachsender Rohstoffe in Deutschland und weltweit. Aktueller Stand – Flächenkonkurrenz – Besonderheiten – Potenziale und Rahmenbedingungen. Vortrag auf der Tagung „Biomass in Future Landscapes“ von DBFZ und ZALF, Berlin,
31. März 2009 www.nova-institut.de/pdf/09-03-31_stoffliche_nutzung_carus.pdf
- Clay, J. (2004): World Agriculture and Environment. Washington, DC
- Coelho, S.T. (2005): Biofuels – advantages and trade barriers. Presentation to the United Nations Conference on Trade and Development, Geneva, 4 February 2005
- Collins, K. (2008): The role of biofuels and other factors in increasing farm and food prices – a review of recent developments with a focus on feed grain markets and market prospects. Supporting material for a review conducted by Kraft Foods Global, Inc.
- Dederer, M. (2006): Pflanzenbauliche Verwertung von Gärresten. In: Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdüngern in der Landwirtschaft. KTBL Schriften 144, S. 191–197
- Department for Transport (2007): Sustainability of Biofuels under the Renewable Transport Fuel Obligation. www.dft.gov.uk/press/speechesstatements/statements/rt-fostatement
- Destatis (2006): Bevölkerung Deutschlands bis 2050 – 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- DMG [Deutsche Meteorologische Gesellschaft] (2007): Stellungnahme der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft zur Klimaproblematik vom 9.10.07, www.geo-fu-berlin.de (31.10.07).
- EC (European Commission, Directorate-General for Energy and Transport) (2006c): Energy & Transport in Figures 2006. http://ec.europa.eu/dgs/energy_transport/figures/pocketbook/2006_en.htm (24.01.2007), Brüssel
- Ecofys (2006): Sustainability Reporting within the RTFO: Framework Report. Studie im Auftrag des UK Department for Transport, Utrecht www.renewablefuels-agency.org/db/documents/080215_RTFO_Sustainability_Framework_report_final.pdf
- Ecofys (2007b): Towards a harmonized sustainable biomass certification scheme. Studie im Auftrag des WWF, Utrecht/Köln www.globalbioenergy.org/uploads/media/07_06_ECOFYS_WWF_Towards_an_Harmonised_Sustainable_Biomass_Certification_Scheme_01.pdf
- Ecofys (2007c): Sustainability Reporting under the RTFO: Pilot evaluation report. Studie im Auftrag des UK Department for Transport, Utrecht
- Econsense (Forum Nachhaltige Entwicklung der deutschen Wirtschaft e.V.) (2007): Nachwachsende Rohstoffe – eine vielversprechende Option nachhaltig gestalten. Berlin www.econsense.de/PUBLIKATIONEN/ECONSENSE_PUBLIK/images/Diskussionsbeitrag_Nachwachsende_Rohstoffe_ein_politischer_Beitrag.pdf
- EEA (European Environmental Agency) (2006): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report 7/2006. Copenhagen

EEA (European Environmental Agency) Scientific Committee (2008): Suspend 10 percent biofuel target. www.eea.europa.eu/highlights/suspend-10-percent-biofuel-target-says-eeas-scientific-advisory-body

Emch, N., Mühlethaler, U., Hofer, P., Egli, M. (2005): Bodenverdichtung – der Unterboden macht dicht. Merkblatt der Kantone AG, BE, BL, LU und SO. Arbeitsgruppe Landwirtschaftlicher Bodenschutz Nordwestschweiz und LU

EPEA Internationale Umweltforschung GmbH (2007): Nahrungsmittel als Kraftstoffe? Eine wissenschaftliche Bewertung von ökologischen und sozialen Auswirkungen von Biokraftstoffen der ersten Generation. www.epea.com/documents/Biokraftstoffe%20ZUSAMMENFASSUNG%20-%20Deutsch.pdf (22.10.2007)

Estrella, N., Sparks, T. H., Menzel, A. (2007): Trends and temperature response in the phenology of crops in Germany. In: *Global Change Biology*, 13, S. 1737–1747

Europäische Kommission (2008): Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. http://ec.europa.eu/energy/climate_actions/doc/2008_res_directive_de.pdf

Europäische Kommission (2009): Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament: Fortschrittsbericht „Erneuerbare Energien“: Bericht der Kommission gemäß Artikel 3 der Richtlinie 2001/77/EG und Artikel 4 Absatz 2 der Richtlinie 2003/30/EG sowie über die Umsetzung des EU-Aktionsplans für Biomasse (KOM(2005)628). KOM(2009) 192.

EU (Europäische Union) (2009): RICHTLINIE 2009/28/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTES UND DES RATES vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 140, S. 16–62, 5.6.2009

Eulenstein, F., Willms, M., Schindler, U., Müller, L., Mirschel, W., Dalchow, C., Augustin, J., Wiggering, H. (2007): What are the effects of climate change on agriculture in north-east central Europe? 101st EAAE Seminar „Management of Climate Risks in Agriculture“, Berlin, July 5-6 2007, www.eaae.hu-berlin.de/Program (12.03.08)

EWI/Prognos (2007): Energieszenarien für den Energiegipfel 2007. Endbericht für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Basel/Köln

FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) (2003): *World agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective*. Rome/London

FAO (2008a): *Food Outlook. Global Market Analysis*.

FAO (2008b): *Soaring Food Prices: Facts, Perspectives, Impacts and Actions Required*. Document HLC/08/INF/1 prepared for the High-Level Conference on World Food

Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy, 3 – 5 June 2008, Rome

FAO (2008c): *The State of Food and Agriculture. Biofuels: prospects, risks and opportunities*. Rome

Fehrenbach, H. (2007): *Instrumente für nachhaltigen Anbau und Nutzung von Biomasse – Was können Standards und Zertifizierungssysteme leisten?* IFEU-Institut, Präsentation im Rahmen eines Fachgesprächs der SPD Bundestagfraktion am 14. November 2007, Berlin www.spd-fraktion.de/cnt/rs/rs_datei/0,,9952,00.pdf

Fehrenbach, H., Giegrich, J., Reinhardt, G., Schmitz, J., Sayer, U., Gretz, M., Seizinger, E., Lanje, K. (2008): *Criteria for a Sustainable Use of Bioenergy on a Global Scale*. Umweltbundesamt, UBA-Texte 30/08, Berlin www.biofuelstp.eu/downloads/Criteria_for_sustainable_bioenergy_German_Research.pdf

Fischer, G., Teixeira, E., Hizsnyik, E. T., van Velthuisen, H. (2008): *Land use dynamics and sugarcane production*. In: Zurbier, P., van de Vooren, J. (2008): *Sugarcane ethanol*. Wageningen Academic Publishers, S. 29–62

Flade, M., Plachter, H., Henne, E. (Hg.) (2003): *Naturschutz in der Agrarlandschaft: Ergebnisse des Schorfheide-Chorin-Projektes*. Wiebelsheim

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (Hg.) (2005): *Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen*. Gülzow

FNR (2006): *Biokraftstoffe – eine vergleichende Analyse*. Gülzow

FNR (Hg.) (2007): *Nachwachsende Rohstoffe: Anbau in Deutschland*. www.fnr-ser.ver.de/cms35/Statistik.64.0.html (12.02.2007)

FNR (2009): *Entwicklung des Anbaus von Rohstoffpflanzen 2008*. www.nachwachsenderohstoffe.de/serve/daten-und-fakten/anbau.html?spalte=3

FOEI (Friends of the Earth International) (2009): *Public warned over 'Green Soy' scam*. Press release www.foei.org/en/media/archive/2009/public-warned-over-green-soy-scam

FSC (Forest Stewardship Council) (2002): *FSC International Standard. FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship*. www.fsc.org/keepout/en/content_areas/77/134/files/FSC_STD_01_001_V4_0_EN_FSC_Principles_and_Criteria.pdf

Freyer, B. (2003): *Fruchtfolgen. Konventionell, integriert, biologisch*. Stuttgart

Frielinghaus, M. (Hg.) (1997): *Merkblätter zur Bodenerosion in Brandenburg*. Müncheberg

Fritsche, U. R., Dehoust, G., Jenseit, W., Hünecke, K., Rausch, L., Schüler, D., Wiegmann, K., Heinz, A., Hiebel, M., Ising, M., Kabasci, S., Unger, C., Thrän, D., Fröhlich, N., Scholwin, F., Reinhardt, G., Gärtner, S., Patyk, A., Baur, F., Bemmann, U., Groß, B., Heib, M., Ziegler, C., Flake, M., Schmehl, M., Simon, S. (2004): *Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nut-*

- zung von Biomasse. Öko-Institut, Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, Institut für Energetik und Umwelt (IE), Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Institut für Zukunfts EnergieSysteme, Institut für Geoökologie der TU Braunschweig, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaus der TU München. Verbundprojekt gefördert vom BMU. Darmstadt u. a.O.
- Fritsche, U., Zimmer, W. (2006): Nutzungskonkurrenzen um Biomasse: Methodik, Daten und Schlussfolgerungen. Aktualisiertes Arbeitspapier im Rahmen des vom BMU geförderten Verbundvorhabens RENEWABILITY, Darmstadt
- Geier, U., Frieben, B., Haas, G., Molkenthin, V., Köpke, U. (1998): Ökobilanz Hamburger Landwirtschaft. Umweltrelevanz verschiedener Produktionsweisen. In: Schriftenreihe Institut für organischen Landbau. Köpcke, U. (Hg.), Berlin
- Gerber, N., van Eckert, M., Breuer, T. (2008): The Impacts of Biofuel Production on Food Prices: a review. ZEF Discussion Papers on Development Policy Number 127, Bonn
- Glastra, R., Wacker, E., Richert, W. (2002): Oil Palm Plantations and Deforestation in Indonesia. What Role do Europe and Germany Play? WWF Germany, with WWF Indonesia and WWF Switzerland, Zürich
- Global Nature Fund (2007): Bedrohter See des Jahres 2007: Pantanal – Brasilien, Paraguay und Bolivien. www.globalnature.org (30.3.2007)
- Grant, C., Knight, C., Nation, E., Barratt, D. (2007): Farming profitability in a changing climate – a risk management approach. 101st EAAE Seminar „Management of Climate Risks in Agriculture“, Berlin, July 5–6 2007, www.eaae.hu-berlin.de/Program (12.03.08)
- Graß, R. (2008): Energie aus Biomasse – ein Beitrag zum Klimaschutz? In: *Ökologie & Landbau*, 145, 1/2008, S. 26–28
- Graß, R., Scheffer, K. (2005): Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. In: *Natur und Landschaft, Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege* 9/10 2005, S. 435–439
- Hege, U., Peretzki, F. (2006): Pflanzenernährung und Düngung. In: *Pflanzliche Erzeugung*. München, S. 191–302
- Heißenhuber, A., Demmeler, M., Rauh, S. (2008): Auswirkungen der Konkurrenz zwischen Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion auf Landwirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 17 (2), S. 23–31
- Hellebrand, H. J., Scholz, V., Kern, J., Kavdir, Y. (2005): N₂O-Freisetzung beim Anbau von Energiepflanzen. In: *Agrartechnische Forschung*, 11 (2005), Heft 5, S. 114–124
- Herrmann, A., Taube, F. (2006): Die energetische Nutzung von Mais in Biogasanlagen – Hinkt die Forschung der Praxis hinterher? In: *Berichte über Landwirtschaft* 84, S. 165–197
- Hofmann, B., Tischer, S., Christen, O. (2003): Einfluss langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Humusgehalt und biologische Bodeneigenschaften. In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, 15, S. 288–289
- Holzner, H. (2006): Aschen aus der Biomasseverwertung – Charakteristik und Verwendungsmöglichkeiten. In: *Verwertung von Wirtschafts- und Sekundärdüngern in der Landwirtschaft*, KTBL Schrift 444, S. 87–100
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., Page, S. (2006): Peat-CO₂. Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics Report Q3943. Amsterdam
- Howarth, R. W., Bringezu, S., Bekunda, M., de Frature, C., Maene, L., Martinelli, L., Sala, O. (2009): Rapid assessment on biofuels and environment: overview and key findings. In: Howarth, R. W., Bringezu, S. (eds) (2009): *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use*. Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) International Biofuels Project Rapid Assessment. 22–25 September 2008, Gumpersbach, Germany. Cornell University, Ithaca, S. 1–13. <http://cip.cornell.edu/biofuels/>
- Howarth, R. W., Bringezu, S., Martinelli, L. A., Santoro, R., Messer, D., Sala, O. E. (2009): Introduction: Biofuels and the Environment in the 21st Century. In: Howarth, R. W., Bringezu, S. (eds) (2009): *Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use*. Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) International Biofuels Project Rapid Assessment. 22–25 September 2008, Gumpersbach, Germany. Cornell University, Ithaca NY, USA. S. 1–13, <http://cip.cornell.edu/biofuels/>
- IAASTD (2008a): Executive Summary of the Synthesis Report. www.agassessment.org/docs/SR_Exec_Sum_280508_English.pdf
- IAASTD (2008b): Global Summary for Decision Makers. www.agassessment.org/docs/Global_SDM_060608_English.pdf
- IE (2006): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. 2. Zwischenbericht. IE in Kooperation mit Fichtner GmbH & Co. KG, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Prof. Stefan Klinski, FHW, Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU, Leipzig
- IE (2007b): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbaren-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Endbericht. IE in Kooperation mit Fichtner GmbH & Co. KG, Stuttgart, Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Jena, Prof. Stefan Klinski, FHW Berlin. Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU, Leipzig

- IEA (International Energy Agency) (2007): Renewables in global energy supply. Paris.
- IEA (2008): World Energy Outlook 2008. Paris
- ISEAL (2008): Code of Good Practise: 7. Participation in the Standards Development Process. www.isealalliance.org/index.cfm?fuseaction=Page.viewPage&pageId=824&parentID=500
- Jedicke (1995): Naturschutzfachliche Bewertung von Holzfeldern – Schnellwachsende Weichlaubhölzer im Kurzumtrieb, untersucht am Beispiel der Avifauna. In: Mitt. NNA, 6 (1), S. 109–119
- Jessel, B., Tobias, K. (2002): Ökologisch orientierte Planung. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart
- Junginger, M., van Dam, J., Faaij, A., Jürgens, I., Best, G., Fritsche, U. (2006): Overview of recent developments in sustainable biomass certification. Paper written within the frame of IEA Bioenergy Task 40, Utrecht u. a. O. www.canbio.ca/documents/publications/ieatask40certificationpaperdraftforcomments22..pdf [sic!]
- Kahle, P., Boelke, B. (2004): Auswirkungen des Anbaus schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf ausgewählte Bodeneigenschaften, In: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Bornimer Agrartechnische Berichte, 35, S. 99–108
- Kaltner, F., Azevedo, G.F.P., Campos, I.A., Mundim, A.O.F. (2005): Liquid biofuels for transportation in Brazil. Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H. (Hg.) (2001): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin u. a. O.
- Karpenstein-Machan, M. (2005): Energiepflanzenbau für Biogasanlagenbetreiber. Frankfurt am Main
- KIT-Pressestelle (2008): Der nächste Schritt zum Biokraftstoff: Start für bioliq® Projektstufe II am KIT – Vertragunterzeichnung zur Vergaserstufe. Karlsruhe Presseinformation 86/2008, Karlsruhe.
- Köller, K. (1998): Direktsaat – ein Beitrag zum umweltschonenden Anbau nachwachsender Rohstoffe. In: Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Band 27, S. 81–92
- Koester, J. (2009): Ungleiche Soja-Standards. In: Genethischer Informationsdienst GID Nr. 194, Juni, S. 56–57
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. Reinheim
- KTBL (2006a): Biogaserzeugung im ökologischen Landbau. Ergebnisse des KTBL-Fachgesprächs am 5. und 6. April 2006 in Braunschweig, KTBL-Heft 65, Darmstadt
- KTBL (2006b): Energiepflanzen. Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. Darmstadt
- LBP (Bayrische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau) (Hg.) (2000): Zwischenfruchtanbau. Freising
- Leible, L., Kälber, S., Kappler, G., Lange, S., Nieke, E., Proplesch, P., Wintzer, D., Fürniß, B. (2007): Kraftstoff, Strom und Wärme aus Stroh und Waldrestholz – Eine systemanalytische Untersuchung. Wissenschaftliche Berichte FZKA 7170. Karlsruhe
- Leible, L., Kälber, S., Kappler, G. (2009): Biomass-to-Liquid: Hoffnungsträger für eine umweltfreundliche mobile Zukunft? In: DVGW energie | wasser-praxis 60(2009)4, S. 17–19
- Leible, L., Kälber, S., Kappler, G. (2008): Energiebereitstellung aus Stroh und Waldrestholz. In: BWK (Brennstoff – Wärme – Kraft) 60(2008)5, S. 56–62
- Leick, B.-C.-E. (2003): Emission von Ammoniak (NH₃) und Lachgas (N₂O) von landwirtschaftlich genutzten Böden in Abhängigkeit von produktionstechnischen Maßnahmen. Dissertation am Institut für Pflanzenernährung der Universität Hohenheim, Universität Hohenheim
- Lewandowski, I., Faaij, A.P.C. (2006): Steps towards the development of a certification system for sustainable bioenergy trade. In: Biomass and Bioenergy 30, S. 83–104
- Liesebach, M., Mulsow, H., Rose, A., Mecke, R., Hofmann, M. (1999): Ökologische Aspekte der Kurzumtriebswirtschaft. In: Hofmann, M. (Hg.): Modellvorhaben Schnellwachsende Baumarten. Schriftenreihe Nachhaltende Rohstoffe 13, S. 455–473
- Lindemann, G. (2009): Erstes Zertifizierungssystem für nachhaltig erzeugte Biomasse nimmt Form an. BMELV, Pressemitteilung, 17.02.09 www.iscc-project.org/aktuelles, zuletzt abgerufen am 30.06.2009
- Lipps, M., Bolli, S. (2007): Weather risks and machinery costs – A Monte-Carlo simulation for the wheat harvest. 101st EAAE Seminar „Management of Climate Risks in Agriculture“, Berlin, July 5-6 2007, www.eaae.hu-berlin.de/Program (12.03.08)
- Lips, A., Jaberg, C., Frei, G., Dubois, D. (1999): Besiedlung nachwachsender Rohstoffe durch Flora und Fauna, In: Agrarforschung 6(8), S. 305–308
- LLH (Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen) (2005): Zwischenfruchtanbau. Aktuelle Fachinformation Pflanzenproduktion. In: Merkblätter, Grünlandwirtschaft und Futterbau 21, Bad Hersfeld
- Lütke Entrup, N., Oehmichen, J. (2000): Lehrbuch des Pflanzenbaus. Band 2: Kulturpflanzen. Gelsenkirchen
- LWK NRW (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen) (2007a): Bedeutung des Humusgehaltes für die Bodenfruchtbarkeit. www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/ackerbau/fruchtfolge/humus.htm (19.12.07)
- LWK NRW (2007b): Bodenerosion durch Wasser. Ursachen, Bedeutung und Umgang in der landwirtschaftlichen Praxis von NRW. www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/ackerbau/pdf/broschuere-bodenerosion.pdf (27.02.08)

- LWK NRW (2008a): Fruchtfolgegestaltung. www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/ackerbau/fruchtfolge/gestaltung-fruchtfolge.htm (14.02.08)
- Makeschin, F. (1994): Effects of energy forestry on soils. In: *Biomass and Bioenergy* 6, S. 63–79
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005a): *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC
- MEA(2005b): *Ecosystems and Human Well-being: Scenarios*. Vol. 2, Washington, DC
- Meier, D., Schöll, S., Klaubert, H., Markgraf, J. (2006): Betriebsergebnisse der ersten BTO-Anlage zur ablativen Flash-Pyrolyse von Holz mit Energiegewinnung in einem BHKW. In: DGMK (Hg.) (2006): *DGMK-Tagungsbericht Nr. 2 (DGMK-Fachbereichstagung „Energetische Nutzung von Biomasse“*, 24.–26.04.2006 Velen). Hamburg, S. 115–120
- Meó Consulting Team, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Faserinstitut Bremen (2006): *Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe*. FNR (Hg.), Gülzow
- Mitchell, Donald (2008): A note on rising food prices. Draft paper from Donald Mitchell, World Bank, circulated by the Guardian. <http://image.guardian.co.uk/sysfiles/Environment/documents/2008/07/10/Biofuels.PDF> (17.02.2009)
- MLUV (Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg) (2007): *Agrarbericht 2007*. Potsdam
- Möller, K., Leithold, K.G., Michel, J., Schnell, S., Stinner, W., Weiske, A. (2006): Auswirkungen der Fermentation biogener Rückstände in Biogasanlagen auf Flächenproduktivität und Umweltverträglichkeit im Ökologischen Landbau – Pflanzenbauliche, ökonomische und ökologische Gesamtbewertung im Rahmen typischer Fruchtfolgen viehhaltender und viehloser ökologisch wirtschaftender Betriebe. Endbericht Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück – AZ 15074
- Moritz, H. (2008): Klimawandel – Bluff oder Bedrohung? In: *Top Agrar* 3/2008, S. 22–25
- Morton, D. C., DeFries, R.S., Shimabukuro, Y. E., Anderson, L. O., Arai, E., del Bon Espirito-Santo, F., Freitas, R., Morisset, J. (2006): Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *PNAS Early Edition*, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606377103
- Nastari, P. M. (2005): *Ethanol: The global overview*. Presentation to the International Ethanol Conference, Brisbane, Australia, 9-10 May 2005
- NeoFlora (2007): *Robinia pseudoacacia L. (Fabaceae), Robinie*. Internethandbuch Neophyten. www.flora-web.de/neoflora/handbuch/robiniapseudoacacia.html (18.02.08)
- Nitsch, J. (2007): *Leitstudie 2007. „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ – Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050.*, Untersuchung im Auftrag des BMU, Stuttgart
- Nitsch, J., Krewitt, W., Nast, M., Viebahn, P., Gärtner, S., Pehnt, M., Reinhardt, G., Schmidt, R., Uihlein, A., Barthel, C., Fishedick, M., Merten, F. (2004): *Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland*. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Technische Thermodynamik, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie, Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU, Stuttgart u. a. O.
- nova-Institut (2009): „Rat zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ gegründet. Pressemitteilung der nova-Institut GmbH, Hürth, 4. März 2009 www.nova-institut.de/pdf/09-03-04_rat_stoffliche_nutzung_nova-institut_0.pdf
- Oberholzer, H.-R., Weisskopf, P., Gaillard, G., Weiss, F., Freiermuth Knuchel, R. (2006): *Methode zur Beurteilung der Wirkungen landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodenqualität in Ökobilanzen, SALCA-SQ*, www.agroscope.admin.ch/oekobilanzen/01197/index.html?Lang=de
- OECD-FAO (Organisation for Economic Co-operation and Development, Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2007): *Agricultural Outlook 2007–2016*
- Öko-Institut (2006): *Sustainability Standards for Bioenergy*. Studie im Auftrag des WWF
- Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V.), IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH) (2009): „Entwicklung von Strategien und Nachhaltigkeitsstandards zur Zertifizierung von Biomasse für den internationalen Handel (Bioglobal)“ *Nachhaltige Bioenergie: Stand und Ausblick*. Zusammenfassung bisheriger Ergebnisse des Forschungsvorhabens FKZ 37 07 93 100, im Auftrag des Umweltbundesamtes. Darmstadt/Heidelberg www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3740.pdf
- Ökotest (2002). *Auf dem Holzweg? Ratgeber Bauen, Wohnen, Renovieren*. Ausgabe 4, Frankfurt a.M.
- Pardey, P. G., Alston, J. M., Piggott, R. R. (Eds.) (2006): *Agricultural R&D in the developing world: Too little, too late?* International Food Policy Research Institute, Washington, DC
- Paulsen, H. M., Schochow, M. (2007): *P, K, Mg, S und N-Versorgung von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau*. 9. Wissenschaftstagung im ökologischen Landbau. <http://orgprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html> (25.11.07)
- Paulsen, H. M., Schochow, M., Behrendt, A. (2007): *N-Bedarf und N-Effizienz von Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau*. <http://orgprints.org/view/projects/wissenschaftstagung-2007.html> (25.11.07)

- Pölking, A., Stiepel, B., Premke-Kraus, M., Will, J., Lütke, S. (2006): Bioenergie und Biogasförderung nach dem neuen EEG und ihre Auswirkungen auf Natur und Landschaft. Agroplan, Büro für Umwelt- und Agrarplanung, www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_288agroplan.pdf (27.02.08)
- Prochnow, A., Heiermann, M., Drenckhan, A., Schelle, H. (2007): Niedriges Niveau. Gasausbeuten von Landschaftspflegeaufwuchs. In: Neue Landwirtschaft, 3/2007, S. 84 f.
- Rainforest Foundation (2002): Trading in Credibility. London www.rainforestfoundation.org/files/Trading%20in%20Credibility%20full%20report.pdf
- Ravindranath, N. H., Manuvie, R., Fargione, J., Canadell, J. G., Berndes, G., Woodse, J., Watson, H., Sathayeh, J. (2009): Greenhouse Gas Implications of Land Use and Land Conversion to Biofuel Crops. In: Howarth, R. W., Bringezu, S. (Hg.): Biofuels: Environmental Consequences and Interactions with Changing Land Use. Proceedings of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) International Biofuels Project Rapid Assessment, 22-25 September 2008, Gumpersbach, Germany. Cornell University, Ithaca, S. 111–125, <http://cip.cornell.edu/biofuels/files/SCOPE06.pdf>
- Reinhardt, G., Scheurlen, K. (2004): Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien. IFEU, IUS Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, IUS – Weisser & Ness GmbH 2004, im Auftrag des Bundesamt für Naturschutz, www.bmu.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/endbericht_nataspekte_nutzung_ee.pdf (27.02.08)
- Reinhardt, G., Gärtner, S., Patyk, A., Rettenmaier, N. (2006): Ökobilanzen zu BTL: Eine ökologische Einschätzung. Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu). Forschungsprojekt im Auftrag des BMVEL, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hg.), Heidelberg; www.fnr-server.de/pdf/literatur/pdf_251ifeu-btlstudie-fnr.pdf (07.02.2007)
- Reinhold, G. (2005): Eigenschaften und Einsatz der Gärreste in der Pflanzenproduktion. Vortrag auf dem KONaRo-Fachgespräch, 25. Oktober 2005, Bernburg
- REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) (2005): Renewables 2005 Global Status Report. Washington, DC
- RFA (2009): Quarterly Report 3: 15 April 2008 – 14 January 2009. www.renewablefuelsagency.org/db/_documents/RFA_quarterly_report_Apr_2008_Jan_2009.pdf
- Rode, M. (2005): Energetische Nutzung von Biomasse und der Naturschutz, In: Natur und Landschaft, Zeitschrift für Naturschutz und Landschaftspflege 9/10, S. 403–412
- Rode, M., Schneider, C., Ketelhake, G., Reißhauer, D. (2005): Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 80283040. Bundesamt für Naturschutz, BfN-Skripten 136. Bonn-Bad Godesberg
- Röhrich, C., Ruscher, K. (2003): Anlage eines Feldstreifens mit schnellwachsenden Baumarten – erste Ergebnisse. In: Tagungsband „Holz vom Feld für die energetische und stoffliche Nutzung“, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden
- Rösch, C., Jörissen, J., Skarka, J., Hartlieb, N. (2008): Wege zur Reduzierung von Flächennutzungskonflikten. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 17 (2), S. 66–71
- Rösch, C., Raab, K., Skarka, J., Stelzer, V. (2007): Energie aus dem Grünland – eine nachhaltige Entwicklung? Wissenschaftliche Berichte FZKA 7333. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe
- Rösch, C., Skarka, J. (2008). Maisfelder statt Wiesen? Grünland im Spannungsfeld verschiedenen Nutzungskonkurrenzen. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 17 (2), S. 31–41
- Rösch, C., Skarka, J., Raab, K., Stelzer, V. (2009): Energy production from grassland – Assessing the sustainability of different process chains under German conditions. Biomass and Bioenergy 33 (2009), S. 689–700
- Rösch, Chr.; Dusseldorp, M. (2007): Precision Agriculture: Was innovative Technik zur nachhaltigeren Landwirtschaft beitragen kann. In: GAIA 16/4 (2007), S. 272–279
- Rosegrant, M.W. (2008): Biofuels and Grain Prices: Impacts and Policy Responses. Testimony for the U.S. Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs, May 7, 2008. www.ifpri.org/pubs/testimony/rosegrant20080507.asp (17.02.2009)
- Rosegrant, M.W., Msangi, S., Sulser, T., Valmonte-Santos, R. (2006): Biofuels and the global food balance. In: Hazell, P., Pachauri, R.K. (eds.) (2006): Bioenergy and Agriculture – Promises and Challenges. www.ifpri.org/2020/focus/focus14.asp
- RSPO (2007): RSPO Principles and Criteria for Sustainable Palm Oil Production. [www.rspo.org/resource_centre/RSPO%20Principles%20&%20Criteria%20for%20Sustainable%20Palm%20Oil%20\(final%20public%20release\).pdf](http://www.rspo.org/resource_centre/RSPO%20Principles%20&%20Criteria%20for%20Sustainable%20Palm%20Oil%20(final%20public%20release).pdf)
- RTRS (Round Table on Responsible Soy) (2009): RTRS Campinas Declaration on Conservation and Compensation. <http://en.responsiblesoy.org/downloads/RTRSCampinasDeclaration.pdf>
- Salzmann, M., Rüter, S. (2007): Zur umweltökonomischen und naturschutzfachlichen Bedeutung der konservierenden Bodenbearbeitung. In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 3/2007, S. 351–379
- Scheffer, K. (1998): Ein produktives, umweltschonendes Ackernutzungskonzept zur Bereitstellung von Energie und Wertstoffen aus der Vielfalt der Kulturpflanzen. –

- Neue Wege. In: Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg 27, S. 65–81
- Scheffer, K. (2005): Anbau und Nutzung von Energiepflanzen. Eine Option mehr für Ökonomie und Ökologie im Ökologischen Landbau. In: Landinfo, 4/2005, S. 17–21
- Scheurlen, K., Thiele, M., Wettstein, C. (2004): Wirkfaktoren der energetischen Nutzung von Biomasse. In: Scheurlen, K. & Reinhardt, G.: F+E Vorhaben: Naturschutzaspekte bei der Nutzung erneuerbarer Energien. FKZ 801 02 160, S. 11–54
- Schimmel, D., Baker, D. (2002): The wildfire factor. In: Nature Vol. 420, S. 29–30
- Schittenhelm, S., Hufnagel, J., Arman, B., Toews, T. (2007): Zusatzwasser für Energiepflanzen. Anbaugestaltung und Beregnung sichern Erträge. In: Neue Landwirtschaft 10/2007, S. 46–48
- Scholz, V., Hellebrand, H.J., Höhn, A. (2004): Energetische und ökologische Aspekte der Feldholzproduktion. In: Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Bornimer Agrartechnische Berichte 35, S. 15–31
- Schönberger, H. (2008): Klimawandel: Was auf Ackerbauern zukommt. In: Top Agrar 3/2008, S. 30–37
- Schöne, F. (2008): Auswirkungen der Flächen- und Nutzungskonkurrenz auf die biologische Vielfalt in Deutschland. Maßnahmen zum Erhalt der Biodiversität in der Kulturlandschaft. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 17(2008)2, S. 60–66
- Schönleber, N., Henze, A., Zeddies, J. (2007): Angebotspotenziale der Landwirtschaft in Europa zur Sicherung der Nahrungsmittelproduktion und ihr potenzieller Beitrag zu erneuerbaren Energien. Paper prepared for presentation at the 47th annual conference of the GEWISOLA (German Association of Agricultural Economists) and the 17th annual conference of the ÖGA (Austrian Association of Agricultural Economists), „Changing Agricultural and Food Sector“, Freising/Weihenstephan, Germany, September 26–28
- Schütte, A., Gottschau, T. (2006): Synthetische Biokraftstoffe (BtL-Kraftstoffe): Verfahren, Aktivitäten und Potenziale für die Landwirtschaft. In: Beiträge zur Veranstaltung „Bioenergie – Basis für eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Landwirtschaft“, Güstrow, www.fnr.de (31.01.2007)
- Schütz, H., Bringezu, S. (2006): Flächenkonkurrenz bei der weltweiten Bioenergieproduktion. Kurzstudie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie im Auftrag des Forums Umwelt und Entwicklung. Wuppertal/Bonn
- Seitz, B., Kowarik, I. (2003): Perspektiven für die Verwendung gebietseigener („autochthoner“) Gehölze. In: NEOBIOTA, 2, S. 3–26.
- Siegert, F. (2004): Brennende Regenwälder. In: Spektrum der Wissenschaft Februar 2004, S. 666–672
- Sierra Club, Worldwatch Institute (2009): Smart Choices for Biofuels. Washington, DC
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2004): Umweltgutachten 2004. Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Berlin
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2008): Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels.
- Steger, S. (2005): Der Flächenrucksack des europäischen Außenhandels mit Agrarprodukten. Wuppertal Papers Nr. 152, Wuppertal
- Steinmann, H.H., Tiedemann, A. (2005): Möglichkeiten und Grenzen der Fruchtfolgegestaltung im Ackerbau aus phytomedizinischer, ökologischer und ökonomischer Sicht. Landesanstalt für Pflanzenbau Rheinstetten (Hg.), Rheinstetten
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2000): Risikoabschätzung und Nachzulassungs-Monitoring transgener Pflanzen (Autoren: Sauter, A., Meyer, R.). Sachstandsbericht, TAB-Arbeitsbericht Nr. 68, Berlin
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2001): Bioenergieträger und Entwicklungsländer (Autoren: Meyer, R., Börner, J.). Endbericht, TAB-Arbeitsbericht Nr. 73, Berlin
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2005): Alternative Kulturpflanzen und Anbauverfahren (Autor: Meyer, R.). Endbericht zu Teil I des TA-Projekts „Moderne Agrartechniken und Produktionsmethoden – ökonomische und ökologische Potenziale“, TAB-Arbeitsbericht Nr. 103, Berlin
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2006): Perspektiven eines CO₂- und emissionsarmen Verkehrs – Kraftstoffe und Antriebe im Überblick (Autor: Grünwald, R.). Vorstudie, TAB-Arbeitsbericht Nr. 111, Berlin
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2007a): Industrielle stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe (Autorin: Oertel, D.). Sachstandsbericht, TAB-Arbeitsbericht Nr. 114, Berlin
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2007b): Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen (Autoren: Meyer, R., Grünwald, A., Rösch, Ch., Sauter, A.). Basisanalysen, TAB-Arbeitsbericht Nr. 121, Berlin
- Thrän, D., Weber, M., Scheuermann, A., Fröhlich, Zeddies, J., Henze, A., Thoroe, C., Schweinle, J., Fritsche, R., Jenseit, W., Rausch, L., Schmidt, K. (2005): Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Forschungsprojekt des Instituts für Energetik und Umwelt u. a. im Auftrag des BMU, Leipzig

- Toepfer International (2008): Erzeugung von Nahrungsmitteln und von Bioenergie – ein Widerspruch? In: Marktbericht April 2008. Hamburg
- Transnational Institute (2007): Paving the way for agro-fuels. Amsterdam <http://archive.corporateeurope.org/docs/agrofuelpush.pdf>
- UBA (Umweltbundesamt) (Hg.) (2008): Bodenschutz beim Anbau nachwachsender Rohstoffe. Empfehlungen der „Kommission Bodenschutz beim Umweltbundesamt“. Dessau-Roßlau
- UFOP (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen) (2009): UFOP-Marktinformation Ölsaaten und Bio-kraftstoffe. Ausgabe Mai 2009
- UNEP (United Nation Environment Programme) (2006): One Planet Many People. Atlas of our changing environment. Thematic Slides. www.na.unep.net/OnePlanetManyPeople/powerpoints.html
- UNEP (2007a): Global Environment Outlook – GEO4. www.unep.org/geo/geo4/report/GEO-4_Report_Full_en.pdf (20.11.2008)
- UNEP (2007b): The last stand of the orangutan. State of emergency: illegal logging, fire and palm oil in Indonesia's national parks. Rapid Response Assessment
- UNEP, DaimlerChrysler, Ministerium für Ernährung und ländlichen Raum Baden-Württemberg (2007): Compilations of existing certification schemes, policy measures, ongoing initiatives and crops used for bioenergy. Working Group on developing sustainability criteria and standards for the cultivation of biomass used for biofuels. Working paper. www.uneptie.org/energy/activities/biocooperation/pdf/WorkingPaper2007.pdf
- UN World Commission on Environment and Development (1987): Our Common Future. Brundtland Report
- Van Doorne (2007): WTO/EG-rechtelijke toetsing van de door de projectgroep Duurzame Productie van Biomassa opgestelde duurzaamheidcriteria.
- VDB (Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie) (2008): Biokraftstoffe in Deutschland – Auswirkungen des Gesetzes zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen. 18.11.2008, Berlin
- Vetter, A. (2007): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die Produktion von Energiepflanzen. In: Symposium Energiepflanzen 2007, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 31, Gelsenkirchen, S. 55–67
- Von Haaren, C. (Hg.) (2004): Landschaftsplanung. Stuttgart
- WBA (Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung. Empfehlungen an die Politik.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2003): Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. Berlin u. a. O.
- WBGU (2009): Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Berlin
- Werner, A., Berger, G., Stachow, U., Glemitz, M. (2000): Abschätzungen der Auswirkungen transgener Sorten auf Umweltqualitätsziele. Technischer Bericht, Müncheberg, www.bats.ch/bats/publikationen/nachhaltige_landwirtschaft/nachhaltige_landwirtschaft4-6.pdf (27.02.08)
- Wiehe, J., Rode, M. (2007): Auswirkungen des Anbaus von Pflanzen zur Energiegewinnung auf den Naturhaushalt und andere Raumnutzungen. In: Rundgespräche der Kommission für Ökologie 33, S. 101–113
- WIP (Wirtschaft und Infrastruktur GmbH & Co. Planung KG), IFEU GmbH, Imperial College London, Themba Technology Limited (2007): Technical assistance for certification aspects related to the promotion of the use of bio-fuels in the European Union. Im Auftrag der EU Kommission, DG TREN, im Rahmenvertrag Contract N° TREN/CC/05-2005 (lot 3 – Technical assistance in the fields of energy and transport)
- Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim BMU (2007): Wege zum vorsorgenden Bodenschutz: Fachliche Grundlagen und konzeptionelle Schritte für eine erweiterte Boden-Vorsorge. Bodenschutz und Altlasten 8, Berlin
- Wolff, J. (1982): Intensive Landwirtschaft und Grundwasserschutz. In: Wasser und Boden 34, S. 496–500
- World Bank (2007): World Development Report 2008: Agriculture for Development. Washington, DC
- Worldwatch Institute (2006): Biofuels for transportation – global potential and implications for sustainable agriculture and energy in the 21st century. Report prepared for BMELV. Washington, DC
- Worldwatch Institute (2007): Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Sustainable Energy and Agriculture. London
- Wrage, N., Müller, E., Wunderow, C., Isselstein, J., Schaller, M. (2008): 7 Fragen zum Klimawandel. In: Top Agrar 3/2008, S. 26–28
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie; Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik – UMSICHT; IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (2008): „Optionen einer nachhaltigen Flächennutzung und Ressourcenschutzstrategien unter besonderer Berücksichtigung der nachhaltigen Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen“. Vorhaben Z 6 – 91 054/82, Forschungskennzahl (FKZ) 205 93 153, Endbericht Mai 2008. Wuppertal
- Wuppertal Institut, RWI (2008): Nutzungskonkurrenzen bei Biomasse – Auswirkungen der verstärkten Nutzung von Biomasse im Energiebereich auf die stoffliche Nutzung in der Biomasse verarbeitenden Industrie und deren Wettbewerbsfähigkeit durch staatlich induzierte Förder-

programme. Ein Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI) und des Rheinisch-Westfälischen Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Wuppertal/Essen

WWF (2006): ARPA: Schutz für den Amazonas-Regenwald. Hintergrundinformation. Frankfurt

WWF Deutschland (2007): Methan und Lachgas – Die vergessenen Klimagase. Wie die Landwirtschaft ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten kann – Ein klimaschutzpolitischer Handlungsrahmen. [www.wwf.de/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-klima/\(06.03.08\)](http://www.wwf.de/themen/landwirtschaft/landwirtschaft-klima/(06.03.08))

Anhang**1. Tabellenverzeichnis**

	Seite	
Tabelle 1	Ausbauziele für Biokraftstoffe	34
Tabelle 2	Globale landwirtschaftliche Flächennutzung in den MEA-Szenarien im Jahr 2050	37
Tabelle 3	Energieverbrauch und Bioenergienutzung in den MEA-Szenarien im Jahr 2050	38
Tabelle 4	Erhöhung der Weltmarktpreise für Feldfrüchte unter drei Szenarienbedingungen im Jahr 2020 gegenüber einem Basisszenario	42
Tabelle 5	Heutige Biomassenutzung und Ausbauziele der Bundesregierung	45
Tabelle 6	Rahmendaten der Szenarien für Deutschland (MEA-D-Szenarien), Zieljahr 2020	47
Tabelle 7	Energiepflanzennutzung der Szenarien für Deutschland (MEA-D-Szenarien), Zieljahr 2020	49
Tabelle 8	Szenarienberechnung der globalen Flächenbelegung Deutschlands für den inländischen Konsum landwirt- schaftlicher Waren im Jahr 2020 in den vier MEA-D-Szenarien (Nettokonsumfläche in Mio. ha)	50
Tabelle 9	Anteile der im Ausland belegten Fläche an der globalen Flächenbelegung Deutschlands für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren im Jahr 2020 in den vier MEA-D-Szenarien (in Prozent)	52
Tabelle 10	Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf Deutschlands für nachwachsende Rohstoffe in den BAU-Szenarien (in Mio. ha, Nettokonsumfläche)	54
Tabelle 11	Flächennutzung und Bioenergieträgerproduktion in einer Regionen mit intensivem Ackerbau in den MEA-R-Szenarien.	59
Tabelle 12	Ökologische und ökonomische Wirkungen der Landnutzung (Ackerbau) in einer Region mit intensivem Ackerbau in den MEA-R-Szenarien.	59
Tabelle 13	Flächennutzung und Bioenergieträgerproduktion in einer Region mit Verbundbetrieben in den MEA-R-Szenarien	61
Tabelle 14	Ökologische und ökonomische Wirkungen der Land- nutzung (Ackerbau) in einer Region mit Verbundbetrieben in den MEA-R-Szenarien	61
Tabelle 15	Flächennutzung und Bioenergieträgerproduktion in einer Region mit intensiver Tierhaltung in den MEA-R-Szenarien.	62
Tabelle 16	Ökologische und ökonomische Wirkungen der Landnutzung (Ackerbau) in einer Region mit intensiver Tierhaltung in den MEA-R-Szenarien	63

	Seite	
Tabelle 17	Entwicklung der Flächenkonkurrenz nach Regionen in den MEA-R-Szenarien	64
Tabelle 18	Entwicklung der weiteren Kriterien nach MEA-R-Szenarien und Regionen	65
Tabelle 19	Auswahl der betrachteten Energiepflanzen	70
Tabelle 20	Schutzgüter und Wirkkomplexe	72
Tabelle 21	Kulturartspezifische Veränderung des Humusvorrats	73
Tabelle 22	Selbstverträglichkeiten von Energiepflanzen in Fruchtfolgen	75
Tabelle 23	Risiken der Wirkung von Energiepflanzenkulturen auf die Schutzgüter	77
Tabelle 24	Anpassung der Produktionselemente im Energie- pflanzenanbau zur Vermeidung negativer Auswirkungen auf die Schutzgüter	83
Tabelle 25	Erwartete Veränderung der Wetterereignisse innerhalb der nächsten drei Jahrzehnte nach dem 4. Sachstandbericht des IPCC	84

2. Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1 Globaler Primärenergieverbrauch an (modernen) erneuerbaren Energien im Jahr 2004	22
Abbildung 2 Bruttoinlandsenergieverbrauch an erneuerbaren Energien in der EU-25 im Jahr 2004	22
Abbildung 3 Endenergiebeiträge der Bioenergie und aller anderen erneuerbaren Energien in Deutschland (2007)	23
Abbildung 4 Entwicklung wichtiger Agrarproduktpreise und des FAO-Nahrungsmittelpreisindex von 2005 bis 2009	31
Abbildung 5 Kurzcharakteristik der MEA-Szenarien	36
Abbildung 6 Globaler Flächenbedarf Deutschlands pro Kopf für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren 2020 in den vier MEA-D-Szenarien sowie Vergleich mit Weltdurchschnitt (in m ² pro Person, Nettokonsumfläche)	52
Abbildung 7 Weltweiter Flächenbedarf Deutschlands pro Kopf für den inländischen Verbrauch von landwirtschaftlich basierten Gütern in den BAU-Szenarien (Nettokonsumfläche)	55

