

**SRU**



Sachverständigenrat  
für Umweltfragen

# **Klimaschutz durch Biomasse**

## **Sondergutachten**

Juli 2007

**ESV**

ERICH SCHMIDT VERLAG





# **Klimaschutz durch Biomasse**

Sondergutachten

Juli 2007

---

**Erich Schmidt Verlag**

**Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über [dnb.ddb.de](http://dnb.ddb.de) abrufbar.

**Weitere Informationen zu diesem Titel finden Sie im Internet unter**  
[ESV.info/ 978-3-503-10602-8](http://ESV.info/978-3-503-10602-8)

ISBN 978-3-503-10602-8

Alle Rechte vorbehalten

© Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin 2007

[www.ESV.info](http://www.ESV.info)

Druck: Druckpartner Moser Druck + Verlag GmbH, Rheinbach

### **Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)**

Prof. Dr. iur. Hans-Joachim Koch (Vorsitzender), Universität Hamburg,

Prof. Dr. med. dent. Heidi Foth, Martin Luther Universität Halle/Wittenberg,

Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich, Technische Universität München,

Prof. Dr. rer. hort. Christina von Haaren (Stellvertretende Vorsitzende),  
Universität Hannover,

Prof. Dr. phil. Martin Jänicke, Freie Universität Berlin,

Prof. Dr. rer. pol. Peter Michaelis, Universität Augsburg,

Prof. Dr. phil. Konrad Ott, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald.

Dieses Gutachten beruht auch auf der sachkundigen und engagierten Arbeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des SRU. Zum wissenschaftlichen Stab des Umweltrates gehörten beim Abschluss des Gutachtens:

Dir und Prof. Dr. phil. Christian Hey (Generalsekretär), Dipl.-Verw.-Wirt, Master of European Administrative Management Christian Simon (stellvertretender Generalsekretär), Dr. rer. nat. Ulrike Doyle, M. Sc. Kathrin Greiff (München), Dipl.-Volkswirt Steffen Hentrich, Dipl.-Politologe Helge Jörgens, Dr. iur. Susan Krohn, Dipl.-Politologe Stefan Lindemann (Berlin), Dipl.-Ing. Irmgard Martin (Halle/Saale), Dr. rer. pol. Patrick Matschoss, Dr. iur. Friederike Mechel, LL.M. (Hamburg), Dr.-Ing. Mechthild Baron, Dipl.-Umwelt-Wiss. Eick von Ruschkowski (Hannover), Dr. rer. nat. Markus Salomon, Dr. rer. nat. Elisabeth Schmid, Dipl.-Landschaftsökologin Lieske Voget (Greifswald), Dr. rer. pol. Peter Zerle (Augsburg),

Zu den ständigen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gehörten bei Abschluss des Gutachtens: Petra Busch, Dipl.-Journalistin Mandy Ehnert-Zubor, Susanne Junker, Rainer Kintzel, Wilma Klippel, Pascale Lischka, Gabriele Schönwiese. Für bibliothekarische Unterstützung stand Frau Karin Ziegler (Bibliothek des Wissenschaftszentrums-Berlin für Sozialforschung gGmbH) zur Verfügung.

**Anschrift:** Geschäftsstelle des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU)

Reichpietschufer 60, 7. OG, D-10785 Berlin

Tel.: (030) 26 36 96-0, Fax: (030) 26 36 96-109

E-Mail: [sru-info@uba.de](mailto:sru-info@uba.de), Internet: <http://www.umweltrat.de>

## **Danksagung**

Zur Vorbereitung dieses Sondergutachtens haben der Sachverständigenrat für Umweltfragen insgesamt, sowie einzelne Ratsmitglieder, Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Fachgespräche durchgeführt. Besonderer Dank gebührt hierbei den folgenden Gesprächspartnern:

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:** MinDir Dr. Rid AL KI; WA Hr. Kaiser UAL KI III; Wiss.Dir'in Dr. Freier RefL'in KI III 2; TA Dr. Dreher, WA Dr. Jochum (KI III 2); MinDir Dr. Lahl AL IG; MinDir Hr. Steinkemper UAL IG I; MinR Dr. Knobloch RefL IG I 6; RR'in Dr. Schwarze (IG II 4); MinDirig Dr. Holzwarth UAL WA I; MinDir Hr. Flasbarth AL N; MinR Dr. Delbrück RefL N II 5,

**Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung:** ORR'in Fr. Parker, Ref. A 10

**Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz:** MinDir Hr. Neumann, AL L

**Umweltbundesamt:** DirProf. Dr. Friedrich AbtL I 3; WA Fr. Miehe, FG I 4.3, WissOR'in Fr. Jering, FG I 1.1

**Bundesamt für Naturschutz:** WissDir Hr. Krug AL II 2; AN'in Fr. Ammermann FGL'in II 3.3

**Europäische Kommission, DG ENV:** Hr. van de Velde; Hr. Tang

**Europäische Umweltagentur:** Dr. A. Barbu, Project Manager

**Öko-Institut:** Hr. Fritsche, Koordinator Bereich Energie und Klimaschutz

**Wissenschaftlicher Beirat des BMELV:** Prof. Dr. Isermeyer Vorsitzender; Prof. Dr. Dr. h. c. Heißenhuber;

**Deutsche Shell:** Hr. Döhmel, Vorsitzender der Geschäftsführung Deutsche Shell Holding

**Verband der Chemischen Industrie e. V.:** Dr. Rothermel, Geschäftsführer der Fachvereinigung Organische Chemie

**Bundesverband der Deutschen Industrie e. V.:** Dr. Mittelbach, Leiter der Abteilung Umwelt und Technik

**Concawe:** Dr. Heilbrunn, Secretary General; Dr. Rose, Technical Coordinator Fuels Quality & Emissions

**Europia:** Hr. Tjan, Secretary General

**WWF:** Fr. Lübekke, Referentin Bioenergie

**Naturschutzbund Deutschland e. V.:** Hr. Krüger, FBL Naturschutz; Hr. Schöne

**Wuppertal-Institut:** Dr. Bringezu, Leiter Forschungsgruppe Stoffströme und Ressourcenmanagement; Dr. Ramesohl, Programmleiter und stellv. Forschungsgruppenleiter zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen

**Institut für Energetik und Umwelt:** Dr. Weiske

**Technische Universität Wien:** Dr. Resch, Energy Economics Group

**FH Weihenstephan:** Prof. Dr. Menrad

**Technologie- und Förderzentrum (TFZ) im Kompetenzzentrum für Nachhaltige Rohstoffe Bayern:** Dr. Widmann, Leiter

**ATZ Entwicklungszentrum:** Dr. Mocker, Dr. Quicker, Herr Eggenstein

**Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten:** MR Dr. Schäfer

**Institut für Ländliche Räume Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig (FAL):** Dipl.-Geoökol. Fr. Nitsch

**Technische Universität München:** Prof. em. Dr. Dr. h. c. Haber

### *Danksagung*

Des Weiteren hat der SRU an den folgenden Fachgesprächen und Tagungen teilgenommen und teilweise erste Thesen zur Diskussion gestellt:

Vortrag von Prof. Dr. Faulstich auf der Tagung der Evangelischen Akademie Tutzing, 16. bis 18. Februar 2007, Tutzing

Dialogveranstaltung „Energie vom Feld – Potenziale für Agrarwirtschaft und nachhaltige Mobilität“ econsense (Forum Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft), 8. März 2007, Berlin

Diskussion mit dem Wissenschaftlichen Beirat des BMELV, 9. März 2007, Berlin

„Biomasseproduktion – ein Segen für die Land(wirt)schaft?“, 12. bis 14. März 2007, BfN Vilm

International Energy Farming Congress, 13. bis 15. März 2007, Papenburg

Diskussion mit dem WBGU, 15. März 2007, Berlin

Vortrag von Prof. Dr. Faulstich auf der Sitzung des Politischen/Wissenschaftlichen Beirates des BBE, 9. Mai 2007, Berlin

Vortrag von Dr. Hey auf dem 7. Treffen des „Netzwerks Bioenergie“, 23. Mai 2007, DUH Berlin

Redaktionsschluss 2. Mai 2007



## Inhalt

|                                                                                                                                        | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Verzeichnis der Tabellen im Text .....                                                                                                 | 10    |
| Verzeichnis der Abbildungen im Text .....                                                                                              | 11    |
| Abkürzungsverzeichnis .....                                                                                                            | 12    |
| <b>1 Einleitung</b> .....                                                                                                              | 17    |
| <b>2 Nutzung, Bedarf und Angebot von Biomasse</b> .....                                                                                | 19    |
| 2.1 Biomasse und prinzipielle Nutzungsmöglichkeiten .....                                                                              | 19    |
| 2.1.1 Energetische Nutzung .....                                                                                                       | 20    |
| 2.1.2 Stoffliche Nutzung .....                                                                                                         | 24    |
| 2.2 Biomassebedarf .....                                                                                                               | 25    |
| 2.2.1 Energetische Nutzung .....                                                                                                       | 25    |
| 2.2.2 Stoffliche Nutzung .....                                                                                                         | 27    |
| 2.3 Angebot an Biomasse zur energetischen Nutzung .....                                                                                | 29    |
| 2.3.1 Biogene Reststoffe .....                                                                                                         | 31    |
| 2.3.2 Nachwachsende Rohstoffe .....                                                                                                    | 36    |
| 2.4 Zusammenfassung .....                                                                                                              | 40    |
| <b>3 Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft</b> .....                                                                                | 43    |
| 3.1 Ökologische Auswirkungen .....                                                                                                     | 43    |
| 3.1.1 Zur Ökobilanzierung von Bioenergie .....                                                                                         | 43    |
| 3.1.2 Gewinnung von Biomasse .....                                                                                                     | 43    |
| 3.1.3 Nutzung von Biomasse .....                                                                                                       | 51    |
| 3.1.3.1 Ökologische Auswirkungen der Nutzung .....                                                                                     | 51    |
| 3.1.3.2 Thermodynamisch-technische Optimierung der Nutzung .....                                                                       | 54    |
| 3.1.4 Ökologische Auswirkungen von Biomasseanbau und<br>-nutzung auf internationaler Ebene .....                                       | 54    |
| 3.2 Gesellschaftliche Auswirkungen .....                                                                                               | 55    |
| 3.2.1 Nationaler Bezugsrahmen .....                                                                                                    | 55    |
| 3.2.2 Internationaler Bezugsrahmen: Import von Biomasse .....                                                                          | 55    |
| 3.3 Zusammenfassung .....                                                                                                              | 56    |
| <b>4 Leitplanken und Handlungsfelder für flankierende<br/>Standards des nachhaltigen Anbaus und der<br/>Nutzung von Biomasse</b> ..... | 59    |
| 4.1 Einleitung .....                                                                                                                   | 59    |
| 4.2 Nationale Herausforderungen .....                                                                                                  | 60    |
| 4.2.1 Ökologische Aspekte .....                                                                                                        | 60    |

|                                                                                                                                | Seite     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.1.1 Naturschutzfachliche Standards zur Minimierung der ökologischen Auswirkungen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe ..... | 60        |
| 4.2.1.2 Synergien mit dem Naturschutz .....                                                                                    | 61        |
| 4.2.2 Sozioökonomische Effekte .....                                                                                           | 62        |
| 4.3 Instrumente zur umweltgerechten Flankierung der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe auf nationaler Ebene .....              | 62        |
| 4.4 Internationale Herausforderungen und Perspektiven der Standardsetzung .....                                                | 67        |
| 4.4.1 Gesellschaftliche Konfliktpotenziale .....                                                                               | 67        |
| 4.4.2 Ökologische Konfliktfelder und Perspektiven der Standardentwicklung .....                                                | 69        |
| 4.4.2.1 Möglichkeiten und Grenzen von Zertifizierungssystemen .....                                                            | 69        |
| 4.4.2.2 Rechtliche Rahmenbedingungen für einen umweltgerechten Biomasseanbau .....                                             | 72        |
| 4.5 Zusammenfassung .....                                                                                                      | 77        |
| <b>5 Aktuelle Ziele und Instrumente für den Ausbau der Bioenergien .....</b>                                                   | <b>79</b> |
| 5.1 Förderziele .....                                                                                                          | 79        |
| 5.1.1 Klimaschutz und andere strategische Ziele der Bioenergieförderung .....                                                  | 79        |
| 5.1.2 Ausbauziele für die Bioenergien .....                                                                                    | 82        |
| 5.2 Förderinstrumente .....                                                                                                    | 84        |
| 5.2.1 Darstellung der derzeitigen Förderinstrumente .....                                                                      | 84        |
| 5.2.2 Kritik an den Förderinstrumenten .....                                                                                   | 86        |
| 5.3 Fazit .....                                                                                                                | 89        |
| <b>6 Wege zu einer optimierten Biomassestrategie .....</b>                                                                     | <b>91</b> |
| 6.1 Förderung der Markteinführung in kurzfristiger Perspektive .....                                                           | 91        |
| 6.2 Effizienter Klimaschutz in langfristiger Perspektive .....                                                                 | 94        |
| 6.3 Fazit .....                                                                                                                | 96        |
| <b>7 Zusammenfassung und Empfehlungen .....</b>                                                                                | <b>99</b> |
| Literaturverzeichnis .....                                                                                                     | 105       |
| Publikationsverzeichnis .....                                                                                                  | 116       |
| Einrichtungserlass .....                                                                                                       | 123       |

## Verzeichnis der Tabellen im Text

|                                                                                                                                                                      | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabelle 2-1 Übersicht über die Herkunft von Biomasse .....                                                                                                           | 19    |
| Tabelle 2-2 Anteil stofflicher und energetischer Verwertung an<br>forst- bzw. landwirtschaftlichen Rohstoffen .....                                                  | 27    |
| Tabelle 2-3 Übersicht über die Mengen an nachwachsenden Roh-<br>stoffen für die stoffliche Nutzung .....                                                             | 28    |
| Tabelle 2-4 Übersicht über die betrachteten Potenzialstudien .....                                                                                                   | 30    |
| Tabelle 2-5 Theoretisches und Technisch-ökologisches Potenzial<br>biogener Reststoffe in Deutschland .....                                                           | 32    |
| Tabelle 3-1 In Lebenszyklusanalysen zur Biomasseproduktion und<br>-verwendung betrachtete Faktoren .....                                                             | 44    |
| Tabelle 3-2 Umweltbelastungen ausgewählter Anbaupflanzen<br>in Europa .....                                                                                          | 46    |
| Tabelle 3-3 Mit bestimmten Formen der Biomassegewinnung einher-<br>gehende Belastungen (vgl. Tab. 3-2) und Auswirkungen<br>auf Schutzgüter des Naturhaushaltes ..... | 50    |
| Tabelle 3-4 Jahresemissionen PM <sub>10</sub> in Kilotonnen (1 kt = 1 000 t) ....                                                                                    | 53    |
| Tabelle 3-5 Spezifische PM <sub>10</sub> -Emissionen einiger kleiner Holz-<br>feuerungsanlagen (Durchschnittswerte aus dem<br>Anlagenbestand in Haushalten) .....    | 53    |
| Tabelle 4-1 Anbau von Biomasse: Naturschutzfachliche Anforde-<br>rungen und Regulierungsbedarf .....                                                                 | 66    |
| Tabelle 4-2 In internationalen freiwilligen Zertifizierungssystemen<br>berücksichtigte Umweltkriterien .....                                                         | 70    |
| Tabelle 5-1 EU-Ziele zum Ausbau regenerativer Energien und des<br>Einsatzes von Biokraftstoffen .....                                                                | 83    |
| Tabelle 5-2 Nationale Ziele zum Ausbau regenerativer Energien<br>und des Einsatzes von Biokraftstoffen .....                                                         | 83    |
| Tabelle 6-1 CO <sub>2</sub> e-Vermeidungskosten im Stromsektor .....                                                                                                 | 92    |

## Verzeichnis der Abbildungen im Text

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Abbildung 2-1 Bereitstellungsketten und Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse .....                                                                                                                                                                                                                                                              | 20    |
| Abbildung 2-2 Möglichkeiten der Energiebereitstellung aus Biomasse ...                                                                                                                                                                                                                                                                        | 21    |
| Abbildung 2-3 Nutzungskette der stofflichen Nutzung .....                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 24    |
| Abbildung 2-4 Struktur des Primärenergieverbrauchs in Deutschland im Jahr 2005 (Primärenergieverbrauch (PEV) 14 236 PJ)                                                                                                                                                                                                                       | 25    |
| Abbildung 2-5 Struktur des Endenergieverbrauchs nach Verbrauchergruppen für das Jahr 2005 (Endenergieverbrauch 9 173 PJ)                                                                                                                                                                                                                      | 25    |
| Abbildung 2-6 Struktur der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2005 .....                                                                                                                                                                                                                               | 26    |
| Abbildung 2-7 Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2006 bzw. bei dem Anteil an PEV und EEV bis 2030 .....                                                                                                                                                                                    | 27    |
| Abbildung 2-8 Struktur des Rohstoffeinsatzes in der Chemischen Industrie im Jahr 2003 .....                                                                                                                                                                                                                                                   | 28    |
| Abbildung 2-9 Übersicht über die Struktur des Reststoffaufkommens ...                                                                                                                                                                                                                                                                         | 32    |
| Abbildung 2-10 Übersicht über Reststoffpotenziale in den Potenzialstudien                                                                                                                                                                                                                                                                     | 34    |
| Abbildung 2-11 Übersicht über Reststoffpotenziale in den Potenzialstudien für das Jahr 2000 aufgeschlüsselt in die einzelnen Reststofffraktionen .....                                                                                                                                                                                        | 35    |
| Abbildung 2-12 Übersicht über die Anbauflächenpotenziale in Deutschland für nachwachsende Rohstoffe verschiedener Studien von 2010 bis 2030 (ohne Grünland) .....                                                                                                                                                                             | 36    |
| Abbildung 2-13 Übersicht über derzeitige Energieerträge (netto) von nachwachsenden Rohstoffen bei verschiedenen Nutzungspfaden in GJ/ha .....                                                                                                                                                                                                 | 38    |
| Abbildung 2-14 Energiepotenziale in PJ/a sowie Anteil am Primärenergieverbrauch der Szenarien Umwelt und Referenz der Öko-Institut-Studie sowie des Naturschutz-Plus-Szenarios der DLR-Studie bei einer Nutzung der Fläche für 100 % Kraftstoffe, 100 % Festbrennstoffe und für 50 % Kraftstoffe bzw. Festbrennstoffe für das Jahr 2010 ..... | 39    |
| Abbildung 3-1 Entwicklung der Anbauflächen von Raps und Mais für Energie und Biomasse .....                                                                                                                                                                                                                                                   | 47    |
| Abbildung 3-2 Stickstoffbilanzüberschüsse in der Landwirtschaft 1999 ...                                                                                                                                                                                                                                                                      | 48    |
| Abbildung 3-3 Potenziale zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen bei verschiedenen Biokraftstoffen im Vergleich zur Stromerzeugung aus Biomasse .....                                                                                                                                                                                       | 52    |
| Abbildung 5-1 Entwicklung ausgewählter Brennstoffpreise (Preisindizes für gewerbliche Produkte 2000 = 100) .....                                                                                                                                                                                                                              | 89    |

## Abkürzungsverzeichnis

|                               |                                                                                                            |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BauGB                         | = Baugesetzbuch                                                                                            |
| BBA                           | = Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft                                                  |
| BBodSchG                      | = Bundes-Bodenschutzgesetz                                                                                 |
| BfN                           | = Bundesamt für Naturschutz                                                                                |
| BHKW                          | = Blockheizkraftwerke                                                                                      |
| BImSchG                       | = Bundes-Immissionsschutzgesetz                                                                            |
| BImSchV                       | = Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes                                          |
| BioKraftQuG                   | = Biokraftstoffquotengesetz                                                                                |
| BiomasseV                     | = Biomasseverordnung                                                                                       |
| BMELV                         | = Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz                                    |
| BMU                           | = Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit                                          |
| BMWi                          | = Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie                                                         |
| BNatSchG                      | = Bundesnaturschutzgesetz                                                                                  |
| BtL                           | = Biomass-to-Liquid                                                                                        |
| BVerfG                        | = Bundesverfassungsgericht                                                                                 |
| BVerfGE                       | = Entscheidungen des Bundesverfassungsgerichts                                                             |
| BVerwG                        | = Bundesverwaltungsgericht                                                                                 |
| C                             | = Kohlenstoff                                                                                              |
| C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | = Ethen                                                                                                    |
| CARMEN                        | = Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e. V.                                      |
| CH <sub>4</sub>               | = Methan                                                                                                   |
| CITES                         | = Convention on the International Trade in Endangered Species (Washingtoner Artenschutz-<br>übereinkommen) |
| CO                            | = Kohlenmonoxid                                                                                            |
| CO <sub>2</sub>               | = Kohlendioxid                                                                                             |
| CO <sub>2</sub> e             | = Kohlendioxid-Äquivalente (carbon dioxide equivalents)                                                    |
| CP                            | = Current-Policies                                                                                         |
| DENA                          | = Deutsche Energie-Agentur                                                                                 |
| DirektZahlVerpflG             | = Direktzahlungen-Verpflichtungengesetz                                                                    |
| DirektZahlVerpflV             | = Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung                                                                |
| DLG                           | = Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft                                                                    |
| DLR                           | = Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt                                                                |
| DüngeV                        | = Düngeverordnung                                                                                          |
| DüngMG                        | = Düngemittelgesetz                                                                                        |
| DVL                           | = Deutscher Verband für Landschaftspflege                                                                  |
| ECMT                          | = European Conference of Ministers of Transport                                                            |
| EEA                           | = European Environment Agency                                                                              |
| EEG                           | = Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz)                               |
| EEV                           | = Endenergieverbrauch                                                                                      |

*Abkürzungsverzeichnis*

|                   |                                                                      |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------|
| EJ                | = Etajoule                                                           |
| EU                | = Europäische Union                                                  |
| EWI               | = Energiewirtschaftliches Institut der Universität zu Köln           |
| FAO               | = Food and Agriculture Organization                                  |
| FFH               | = Fauna-Flora-Habitat                                                |
| FNR               | = Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe                            |
| FSC               | = Forest Stewardship Council                                         |
| FVS               | = ForschungsVerbund Sonnenenergie                                    |
| GATT              | = General Agreement on Tariffs and Trade                             |
| GfP               | = gute fachliche Praxis des nationalen Rechts                        |
| GJ                | = Gigajoule                                                          |
| GmbH              | = Gesellschaft mit beschränkter Haftung                              |
| GW                | = Gigawatt                                                           |
| H <sub>2</sub>    | = Wasserstoff                                                        |
| H <sub>2</sub> O  | = Wasser                                                             |
| H <sub>2</sub> S  | = Schwefelwasserstoff                                                |
| ha                | = Hektar                                                             |
| HCl               | = Chlorwasserstoff                                                   |
| IBS               | = Institut für Bodenkunde und Standortslehre                         |
| IEA               | = International Energy Agency                                        |
| IE-Leipzig        | = Institut für Energetik und Umwelt gemeinnützige GmbH               |
| IFEU              | = Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH          |
| ILO               | = Internationale Arbeitsorganisation                                 |
| IPCC              | = Intergovernmental Panel of Climate Change                          |
| kg                | = Kilogramm                                                          |
| KrW-/AbfG         | = Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz                             |
| kt                | = Kilotonne(n)                                                       |
| KUP               | = Kurzumtriebsplantagen                                              |
| kW                | = Kilowatt                                                           |
| kWh               | = Kilowattstunde                                                     |
| kWh <sub>el</sub> | = Kilowattstunde elektrische Energie                                 |
| KWK               | = Kraft-Wärme-Kopplung                                               |
| LCA               | = Life-Cycle-Assessment (Lebenszyklusanalyse)                        |
| LfL               | = Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft                        |
| LfU               | = Bayerische Landesanstalt für Umweltschutz                          |
| lit.              | = Buchstabe                                                          |
| LVLf              | = Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung |
| m. w. N.          | = mit weiteren Nachweisen                                            |
| m <sup>2</sup>    | = Quadratmeter                                                       |
| m <sup>3</sup>    | = Kubikmeter                                                         |
| MAP               | = Marktanreizprogramm für erneuerbare Energieträger                  |

# *Abkürzungsverzeichnis*

|                    |                                                                    |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------|
| MELFF              | = Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei |
| Mg                 | = Megagramm                                                        |
| mg/l               | = Milligramm pro Liter                                             |
| Mg <sub>atro</sub> | = Megagramm absolut trocken                                        |
| Mio.               | = Million(en)                                                      |
| MJ                 | = Megajoule                                                        |
| Mrd.               | = Milliarde(n)                                                     |
| Mt                 | = Megatonne(n)                                                     |
| MW                 | = Megawatt                                                         |
| MW <sub>el</sub>   | = Megawatt elektrisch                                              |
| N                  | = elementarer Stickstoff                                           |
| N <sub>2</sub>     | = Stickstoff                                                       |
| N <sub>2</sub> O   | = Distickstoffmonoxid (Lachgas)                                    |
| NawaRo             | = Nachwachsende Rohstoffe                                          |
| NawaRo-Bonus       | = Bonusregelung für nachwachsende Rohstoffe                        |
| NH <sub>3</sub>    | = Ammoniak                                                         |
| NO <sub>x</sub>    | = Stickstoffoxide                                                  |
| NuR                | = Natur und Recht                                                  |
| NVwZ-RR            | = Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht - Rechtsprechungsreport    |
| OECD               | = Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung  |
| ORC                | = Organic-Ranking-Cycle                                            |
| PCB                | = Polychlorierte Biphenyle                                         |
| PCDD/F             | = polychlorierte Dibenzodioxine und -furane                        |
| PCT                | = Polychlorierte Terphenyle                                        |
| PEV                | = Primärenergieverbrauch                                           |
| PflSchG            | = Pflanzenschutzgesetz                                             |
| PJ                 | = Petajoule                                                        |
| PJ/a               | = Petajoule pro Jahr                                               |
| PM <sub>10</sub>   | = Particulate Matter (Partikel mit einem Durchmesser von ≤ 10 µm)  |
| PO <sub>4</sub>    | = Phosphat                                                         |
| ppmv               | = parts per million (Volumen)                                      |
| PSM                | = Pflanzenschutzmittel                                             |
| RL                 | = Richtlinie                                                       |
| ROG                | = Raumordnungsgesetz                                               |
| RSPO               | = Roundtable on Sustainable Palm Oil                               |
| RWI                | = Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung        |
| SG                 | = Sondergutachten                                                  |
| SO <sub>2</sub>    | = Schwefeldioxid                                                   |
| SRU                | = Sachverständigenrat für Umweltfragen                             |
| t                  | = Tonne(n)                                                         |
| THG                | = Treibhausgas                                                     |

*Abkürzungsverzeichnis*

|        |                                                                             |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|
| TJ     | = Terajoule                                                                 |
| TS     | = Trockensubstanz                                                           |
| TUM    | = Technische Universität München                                            |
| Tz.    | = Textziffer                                                                |
| UAbs.  | = Unterabsatz                                                               |
| UFOP   | = Union zur Förderung von Energie- und Proteinpflanzen                      |
| UNCTAD | = United Nations Conference on Trade and Development                        |
| UNEP   | = United Nations Environment Programme                                      |
| UNFCC  | = United Nations Framework Convention on Climate Change                     |
| VGH    | = Verwaltungsgerichtshof                                                    |
| VO     | = Verordnung                                                                |
| WBGU   | = Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen |
| WI     | = Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie                          |
| WTO    | = World Trade Organisation (Welthandelsorganisation)                        |
| WWF    | = World Wide Fund for Nature                                                |
| YLBH   | = Indonesian Legal Aid Foundation                                           |





## 1 Einleitung

1. Spätestens seit dem jüngsten Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC 2007) ist der Klimaschutz mit Abstand zum wichtigsten Thema der Umweltpolitik und zur zentralen Herausforderung der Völkergemeinschaft geworden. Als Antwort auf diese Herausforderung wird neben der massiven Steigerung der energetischen Effizienz die Substitution von fossilen durch erneuerbare Energien als entscheidender Beitrag angesehen. Die Europäische Union (EU) plant in diesem Sinne, den Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 auf 20 % zu steigern. Die Bundesregierung hat dieses Ziel in einer Erklärung vom April 2007 dahin gehend konkretisiert, dass erneuerbare Energien bis 2020 einen Anteil von 14 % bei der Erzeugung von Wärme, 17 % bei Kraftstoffen und 27 % bei Strom erlangen sollen. Mit einem Anteil von 70 % ist die Biomasse der wichtigste Energieträger unter den erneuerbaren Energien. Angesichts der außerordentlich ambitionierten Ziele der Bundesregierung wird der Biomasseeinsatz sehr stark wachsen.

Unbestritten bietet die Biomasse unter den erneuerbaren Energien ein großes Potenzial im Sinne des Klimaschutzes. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) begrüßt daher, dass die EU-Kommission und die Bundesregierung diesen Möglichkeiten im Rahmen einer anspruchsvollen Klimastrategie eine wichtige Bedeutung zumessen.

Die hohe Plausibilität einer verstärkten Biomassenutzung zur Energieerzeugung schließt jedoch Fehlentwicklungen nicht aus. Möglicherweise fördert sie sogar einen zu leichtfertigen Umgang mit dem Thema, der in Vorstellungen der „Unerschöpflichkeit“ und unbegrenzten Verfügbarkeit zum Ausdruck kommt. Der vielfach verbreitete Eindruck, Biomasse könne in absehbarer Zeit einen großen Teil der fossilen Rohstoffe – klimafreundlich – ersetzen, ist wissenschaftlich nicht haltbar. Die ehrgeizige Biomasse-Ausbauplanung und die damit verbundenen möglichen Fehlentwicklungen haben den SRU zu diesem Sondergutachten veranlasst.

Fehlentwicklungen können sich unter anderem daraus ergeben, dass der Ausbau von Bioenergie gleich durch drei zentrale politische Anliegen mit unterschiedlichen Durchsetzungschancen bestimmt ist: Neben dem Klimaschutz geht es vor allem um die Förderung des ländlichen Raumes, aber auch um die Versorgungssicherheit bei Energieträgern. Diese Grundziele sind legitim und ergeben häufig positive Synergien.

Dennoch können auch Zielkonflikte zwischen Agrar-, Energie- und Klimapolitik auftreten, die sich insbesondere in der Vielzahl unkoordinierter Förderungsinstrumente widerspiegeln. Diese Instrumente lassen die Aus-

richtung auf ein Hauptziel vermissen, das im Falle von Zielkonflikten den Ausschlag geben sollte. Ohne ein solches Hauptziel ist eine integrierte Biomassestrategie mit einem zielgerechten Einsatz von Fördermitteln und der optimalen Nutzung der knappen Ressource Biomasse kaum vorstellbar. Angesichts der existenziellen Bedrohungen durch den Klimawandel und der Effizienzvorteile eines solchen Biomasseeinsatzes sollte dem Klimaschutz Priorität zukommen (Kap. 5).

Dabei ist zu beachten, dass die Biomassenutzung einer deutlichen Begrenzung durch das verfügbare Potenzial unterliegt. Zahlreiche Studien zeigen, dass der Anteil der national zu gewinnenden Biomasse am deutschen Primärenergiebedarf bis 2030 von derzeit 5 % auf maximal 10 % gesteigert werden kann. Aus den politischen Zielvorgaben, wie unter anderem zur Beimischung von Bio-kraftstoffen, ergibt sich somit die klare Notwendigkeit, Biomasse zu importieren, sowohl aus Staaten der EU als auch aus Übersee (Kap. 2). Allein das Beimischungsziel von 6,75 % bis 2010 wird die gesamte bis dahin zur Verfügung stehende Fläche für nachwachsende Rohstoffe binden.

Mit dem massiven Ausbau der Bioenergie steigen die Risiken für Boden, Wasser und Biodiversität. Dies kann die gegebenen und angenommenen ökologischen Vorteile biogener Energieträger relativieren (Kap. 3). Anbau und Nutzung der Biomasse müssen daher national wie international so gestaltet werden, dass der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen gewährleistet wird. Sie sollten den Kriterien einer starken Nachhaltigkeit genügen (Kap. 4).

Auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene sind Leitplanken und konkrete Standards erforderlich, um negative Auswirkungen von Anbau und Nutzung zu vermeiden. Grundsätzlich gelten dafür die gleichen Standards wie bei der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Die national bestehenden ökologischen Standards, die sich im Rahmen der guten fachlichen Praxis des nationalen Rechts und der europäischen Vorgaben des Cross Compliance finden, sollten dafür konsequent umgesetzt und partiell weiterentwickelt werden. Aber auch für biomassespezifische Auswirkungen sind entsprechende Standards erforderlich.

Vor allem auf internationaler Ebene sind Standards erforderlich, um die ökologischen Gefährdungen einzugrenzen. Private Zertifizierungssysteme bieten diesbezüglich bereits wichtige konzeptionelle Ansätze. Diese müssen jedoch zu tragfähigen Standards weiterentwickelt und in völkervertragsrechtlich bindende Abkommen aufgenommen werden. Dieser Verhandlungsprozess ist langwierig und muss daher unverzüglich aufgenommen werden.

Derartige multinationale Verträge sind klar zu bevorzugen. Darüber hinaus bestehen – im Falle eines Scheiterns solcher Verträge – unilaterale Möglichkeiten, Standards zu setzen und WTO-konform umzusetzen (WTO – Welt handelsorganisation).

Neben den ökologischen sind auch die sozialen Auswirkungen des Biomasseanbaus zu beachten. Auf nationaler Ebene sind diese nicht gravierend. Dagegen ergeben sich auf internationaler Ebene vielfältige Anlässe zur Besorgnis, insbesondere was die Veränderungen der Lebensbedingungen der ärmeren Bevölkerungsschichten in diesen Ländern betrifft. Andererseits schafft eine Expansion der Biomassenachfrage zusätzliche Einkommensquellen.

Weiterhin muss geprüft werden, welcher der verschiedenen Nutzungspfade – Strom, Wärme und Kraftstoffe – den besten und effizientesten Beitrag für den Klimaschutz zu leisten vermag. Es ist keine optimale Strategie, wenn der Kraftstoffbereich – und damit der Nutzungsweg mit

der vergleichsweise niedrigsten Effizienz – am stärksten gefördert wird. Klimawirksame Anwendungspotenziale der Biomasse bleiben dadurch ungenutzt. Kriterien der Klimawirksamkeit, Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit sollten daher den Ausbau und die Nutzung von Biomasse künftig deutlich stärker bestimmen (Kap. 6).

Der SRU empfiehlt in dem vorgelegten Sondergutachten ein Konzept, welches sowohl ökologische Anforderungen für den Biomasseanbau als auch einen Weg für den klimaschutzoptimierten Ausbau der Bioenergie umfasst. Die gezielte Förderung der Markteinführung von Technologien der energetischen Biomassenutzung mit dem prioritären Förderziel des Klimaschutzes ist bis zur hinreichenden Marktreife dieser Technologien gerechtfertigt. Langfristig empfiehlt der SRU den Einsatz einer übergreifenden Strategie, nach Möglichkeit einen integrierenden Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe, welcher auch die Bioenergie umfasst.

## 2 Nutzung, Bedarf und Angebot von Biomasse

### 2.1 Biomasse und prinzipielle Nutzungsmöglichkeiten

2. Biomasse zur energetischen und stofflichen Nutzung kann einerseits durch den Anbau von sogenannten nachwachsenden Rohstoffen erzeugt werden, andererseits fällt sie in der Form von biogenen Reststoffen an. Tabelle 2-1 gibt einen Überblick über biogene Roh- und Reststoffe (s. a. Tab. 2-5).

Die Nutzungskette von Biomasse umfasst die Produktion bzw. Gewinnung der Rohstoffe, die Bereitstellung, verschiedene Aufbereitungsschritte und die anschließende Nutzung. Abbildung 2-1 zeigt die Bereitstellungskette der Biomasse und die zwei Nutzungswege energetische und stoffliche Nutzung. Die energetische Nutzung dient dabei der Bereitstellung von Kraft, Wärme und Strom, wohingegen mit der stofflichen Nutzung Produkte

für den materiellen Gebrauch erzeugt werden. Da beide Nutzungspfade auf die im weitesten Sinne gleichen Rohstoffe zurückgreifen, besteht zwischen ihnen eine Konkurrenzsituation. Notwendigerweise besteht hinsichtlich landwirtschaftlicher Rohstoffe ebenfalls eine Konkurrenz zwischen diesen beiden Nutzungspfaden und der Nahrungs- und Futtermittelproduktion.

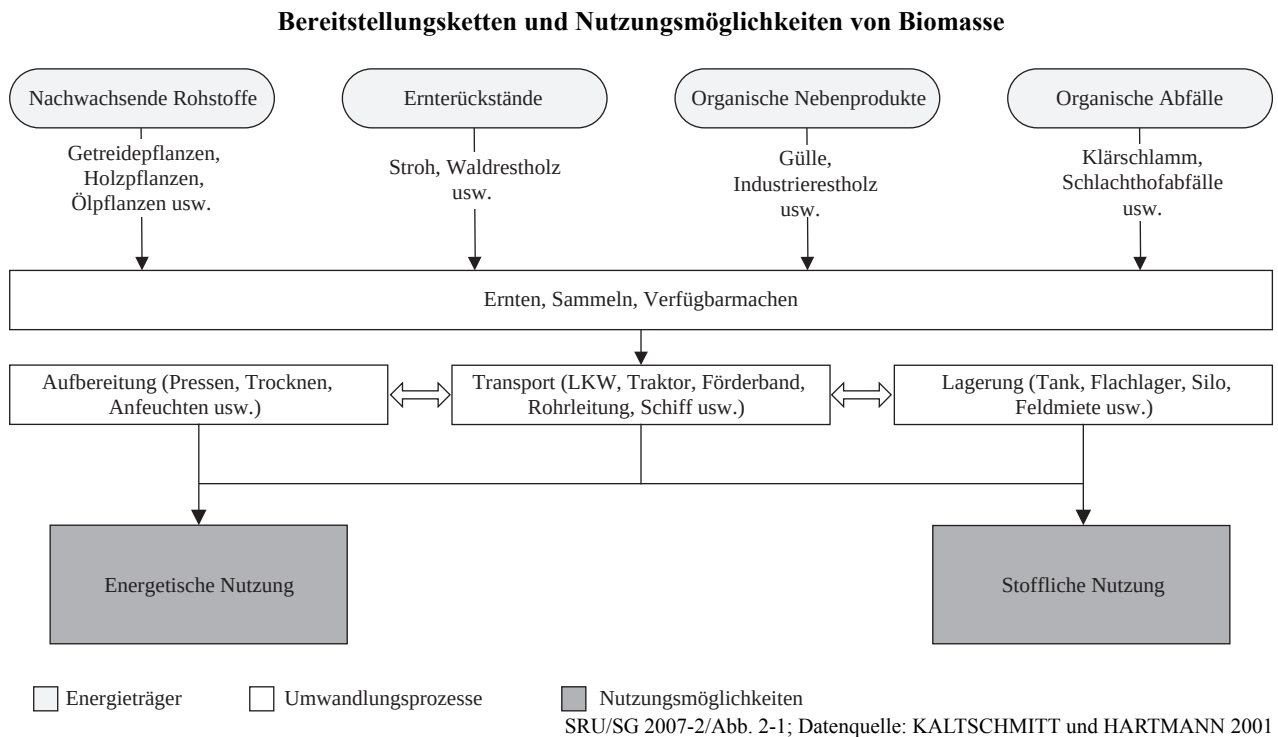
Der Schwerpunkt dieses Gutachtens liegt bei der energetischen Nutzung von Biomasse. Die stoffliche Nutzung wird im Folgenden nur kurz erläutert. In sehr langfristiger Perspektive sollte allerdings die stoffliche Nutzung gegenüber der energetischen bevorzugt bzw. zumindest nicht schlechter gestellt werden, da biogene Rohstoffe den einzigen Ersatz für fossile Rohstoffe zur stofflichen Nutzung darstellen. Dagegen ist Energie aus fossilen Energieträgern auch mit anderen erneuerbaren Energien zu ersetzen.

Tabelle 2-1

#### Übersicht über die Herkunft von Biomasse

| Nachwachsende Rohstoffe                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Biogene Reststoffe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energiepflanzen (z. B. Mais, Raps, Zuckerrüben, Gräser, Getreide, Sonnenblumen, Pappeln, Weiden etc.)</li> <li>– biogene Rohstoffe zur stofflichen Nutzung (Ölpflanzen, Faserpflanzen, stärkehaltige Pflanzen)</li> <li>– Aufwuchs von Grünlandflächen</li> <li>– Waldholz</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Landwirtschaft: Ernterückstände (Stroh), Gülle etc.</li> <li>– Forstwirtschaft: Schwachholz, Waldrestholz etc.</li> <li>– Holz- und Papierwirtschaft: Altholz, Papierschlämme etc.</li> <li>– Landschaftspflege: Grünschnitt, Gehölzschnitt etc.</li> <li>– Tierkörperverwertung: Schlachtabfälle, Tierfette etc.</li> <li>– Lebensmittel- und Genussmittelindustrie: Kartoffelschlempe, Biertreber, Melasse, Apfeltrester</li> <li>– Abfallwirtschaft: Biogener Anteil im Restabfall, Speiseabfälle, Deponiegas von Abfalldeponien</li> <li>– Abwasserwirtschaft: Klärschlamm, Klärgas</li> </ul> |
| SRU/SG 2007-2/Tab. 2-1; Datenquelle: KALTSCHMITT und HARTMANN 2002; KNAPPE et al. 2007                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Abbildung 2-1



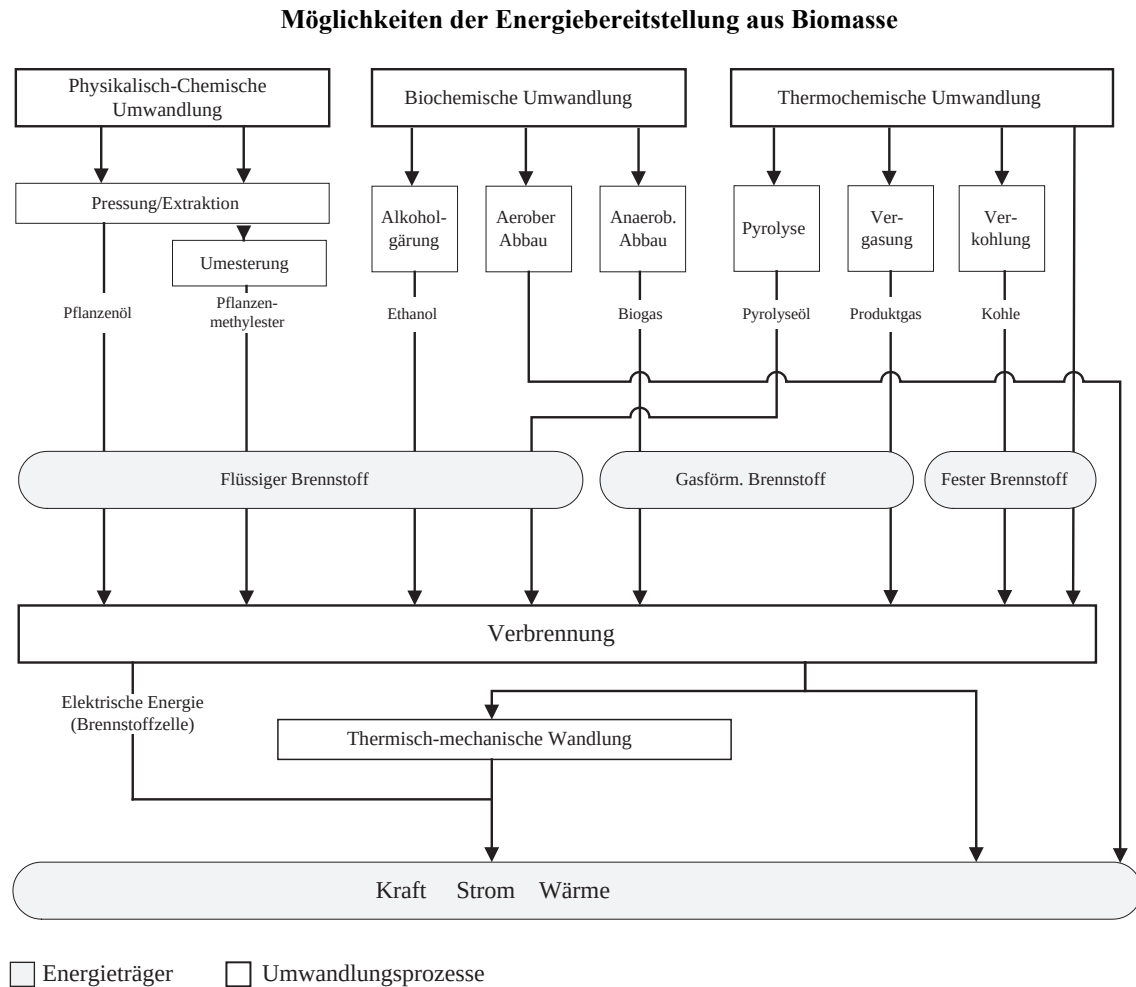
### 2.1.1 Energetische Nutzung

**3.** Die Möglichkeiten zur Bereitstellung von Energie aus Biomasse sind vielfältig. Als prinzipielle Wege existieren physikalisch-chemische Verfahren, wie Pressung und Extraktion, biochemische Umwandlungsverfahren (Veredelungsverfahren mithilfe von Mikroorganismen, zum Beispiel zu Ethanol oder Biogas) und die thermochemischen Verfahren Pyrolyse, Vergasung und Verbrennung (KALTSCHMITT und HARTMANN 2001). Abbildung 2-2 zeigt die verschiedenen Konversionspfade. Abgesehen von der direkten Verbrennung und dem aeroben Abbau werden bei allen Verfahren gasförmige, flüssige oder feste Energieträger erzeugt. Diese werden letztlich ebenfalls verbrannt, je nach Einsatzzweck in Feuerungen, Motoren, Turbinen oder zukünftig auch in Brennstoffzellen. Folglich ist es möglich mit Biomasse alle Energieformen (Wärme, Strom und Kraftstoffe) zu ersetzen. Ein großer Vorteil der Biomasse gegenüber anderen erneuerbaren Energien ist außerdem, dass durch die gute Lagerfähigkeit der Biomasse sowie der daraus erzeugten Bioenergieträger die benötigte Energie zeitlich und räumlich flexibel bereitgestellt werden kann (KALTSCHMITT und HARTMANN 2001; 2002; FNR 2005b).

Physikalisch-Chemische Umwandlungsverfahren dienen der Herstellung von flüssigen Energieträgern bzw. Kraftstoffen. Am einfachsten ist die Gewinnung von Pflanzenölen durch Pressung. Dennoch ist auch hierfür ein gewisser Aufwand für die Reinigung und Aufbereitung der Ausgangsstoffe und gewonnene Öle erforderlich. Um Pflanzenöle motorisch nutzen zu können, müssen entweder konventionelle Dieselmotoren umgebaut oder aber die Öle chemisch zu Pflanzenölmethylester („Biodiesel“) umgeestert werden, da sie sich vor allem in der Viskosität deutlich von konventionellen Kraftstoffen unterscheiden.

Biochemische Umwandlungsverfahren wie die Bioethanol- oder Biogasproduktion beruhen auf Gärprozessen. Diese Produktionsprozesse stellen technisch relativ einfache Verfahren dar, wobei bei Biogas je nach Nutzungsart eine aufwändige Reinigung des Gases erforderlich ist. Der gasförmige Energieträger Biogas wird hauptsächlich in Blockheizkraftwerken (BHKW) mit Verbrennungsmotoren zur Stromerzeugung, teilweise auch über Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) genutzt. Bioethanol wird derzeit vermehrt als biogener Kraftstoff eingesetzt.

Abbildung 2-2



SRU/SG 2007-2/Abb. 2-2; Datenquelle: KALTSCHMITT und HARTMANN 2001

Die thermochemische Umsetzung von Biomasse kann durch Verschwelung (Pyrolyse), Vergasung oder Verbrennung erfolgen. Bei der Wärmeerzeugung stellen die Verbrennungsverfahren die Standardtechnik dar. Zur Stromerzeugung aus Biomasse werden der Verbrennungsanlage üblicherweise Kessel- und Dampfturbinenanlagen nachgeschaltet. Als alternative Techniken für die Stromerzeugung, die sich aber noch in der Erprobungs- und Entwick-

lungsphase befinden, sind der ORC-Prozess (Organic-Ranking-Cycle), der Vergasungsprozess, der Stirling-Motor oder der offene Gasturbinenzyklus zu nennen (QUICKER et al. 2004; KALTSCHMITT und HARTMANN 2001). Einen weiteren Verwendungsweg über die thermochemische Umsetzung stellt die Herstellung von auf Biomasse basierenden synthetischen Kraftstoffen dar (Biomass-to-Liquid (BtL)).

| Erläuterungen wesentlicher Begriffe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Biomasse:</b> biogene Reststoffe und nachwachsende Rohstoffe<br><b>Anerkannte und nicht anerkannte Biomasse im Sinne der BiomasseV</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Anerkannte Biomasse (§ 2 BiomasseV)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Nicht anerkannte Biomasse (§ 3 BiomasseV)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Pflanzen und Pflanzenbestandteile<br>aus Pflanzen und Pflanzenbestandteilen hergestellte Energieträger<br>Abfälle und Nebenprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft aus der Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft<br>Bioabfälle<br>aus Biomasse durch Vergasung oder Pyrolyse erzeugtes Gas<br>aus Biomasse erzeugte Alkohole<br>Altholz<br>Pflanzenölmethylester<br>Treibsel aus Gewässerpflege, Uferpflege und -reinhaltung<br>durch anaerobe Vergärung erzeugtes Biogas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | fossile Brennstoffe<br>Torf<br>gemischte Siedlungsabfälle<br>Altholz mit einem PCB/PCT Gehalt > 0,005 Gewichtsprozent, Quecksilbergehalt > 0,0001 Gewichtsprozent<br>Papier, Pappe, Karton<br>Klärschlamm<br>Hafenschlick und sonstige Gewässerschlämme und -sedimente<br>Textilien<br>Tierische Nebenprodukte, die nicht für den menschlichen Verzehr geeignet sind<br>Deponiegas<br>Klärgas |
| <b>Bioenergie:</b> Energie aus Biomasse<br><br><b>Biogas:</b> Am Vergärungsprozess, der unter Luftausschluss Biomasse in Biogas umwandelt, sind verschiedene Mikroorganismen, vorwiegend Bakterien, beteiligt. Der Gesamtprozess lässt sich in mehrere Stufen einteilen, die das Gärut nacheinander durchläuft. Die Organismen der einzelnen Stufen stehen in Wechselbeziehung zueinander und sind auf die Stoffwechselprodukte der vorherigen Stufen angewiesen. Biogas enthält 55 bis 70 % Methan (CH <sub>4</sub> ), als weiteren Hauptbestandteil Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ) und diverse Neben- und Spurenbestandteile, von denen besonders Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S) bei der energetischen Verwertung des Biogases stark störend wirken kann. Der Heizwert von Biogas liegt – je nach Methangehalt – zwischen 5,5 bis 6,5 kWh/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> . Biogas als gasförmiger Energieträger wird hauptsächlich in Blockheizkraftwerken von 0,1 bis 5 MW <sub>el</sub> zur Stromerzeugung und teilweise über KWK genutzt. Dabei steht durch die eingeschränkten Möglichkeiten, die erzeugte Wärme vor Ort zu nutzen, die Stromerzeugung im Vordergrund. Zur Einspeisung ins Erdgasnetz wie auch zur Verwendung als Kraftstoff muss das Biogas gereinigt und dadurch der Methangehalt von circa 40 bis 75 % auf über 96 % erhöht werden. Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ), Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S), Wasser (H <sub>2</sub> O), Ammoniak (NH <sub>3</sub> ) und gegebenenfalls weitere Komponenten müssen entfernt werden (FNR 2005a).<br><br><b>Biokraftstoffe der 1. Generation:</b><br><br><i>Pflanzenölkraftstoffe:</i> Pflanzenöle zur Nutzung als Kraftstoffe werden durch Extraktion aus den Rohstoffen Sonnenblumen, Raps, Leinen etc. gewonnen. In unveränderter Form kann Pflanzenöl in umgerüsteten Dieselmotoren verwendet werden. Der Presskuchen kann als Viehfutter zum Beispiel in der Bullenmast eingesetzt werden. Aufgrund von technischen Schwierigkeiten ist der Markt für Pflanzenöl als Kraftstoff sehr eingeschränkt. Anforderungen an Rapsöl als Kraftstoff sind bereits in der Vornorm DIN V 51605 definiert. Pflanzenöle stellen gleichzeitig den Ausgangsstoff für Biodiesel (Pflanzenölmethylester) dar (FNR 2005b).<br><br><i>Biodiesel:</i> Biodiesel wird durch die Umesterung von Pflanzenölen mit Methanol hergestellt und ist als Dieselsubstitut im deutschen Markt mittlerweile fest etabliert und nach DIN EN 14214 normiert (FNR 2006a).<br><br><i>Bioethanol:</i> Bioethanol der 1. Generation wird aus der Vergärung von in Pflanzen enthaltenen Zuckern gewonnen. In Europa und auch in den USA kommen vor allem die Rohstoffe Weizen, Roggen, Mais und Zuckerrüben zum Einsatz. In tropischen Regionen wie zum Beispiel in Brasilien wird Bioethanol vor allem aus Zuckerrohr hergestellt. Nach der Vergärung mit Hefepilzen (Fermentation) muss das gewonnene Bioethanol während drei weiteren Verfahrensschritten auf über 99 Vol % aufkonzentriert werden. Als Nebenprodukt entsteht bei der Herstellung |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Schlempe. Wird diese als Futtermittel weiterverarbeitet, werden dafür etwa 30 % der Prozessenergie benötigt. Eine Verbesserung könnte durch eine energetische Nutzung (z. B. über Biogas) der Reststoffe erfolgen (WAGNER und IGELSPACHER 2003; SCHMITZ 2005).

### **Biokraftstoffe der 2. Generation:**

Gegenüber der 1. Generation von Biokraftstoffen bietet die 2. Generation den Vorteil, dass nicht nur Teile der Energiepflanzen (wie beispielsweise ölhaltige Früchte), sondern die ganze Pflanze inklusive des Lignocellulosegerüsts nutzbar ist.

**BtL-Kraftstoffe (synthetische Kraftstoffe):** Für die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen aus fester Biomasse wird zunächst aus der Biomasse durch thermochemische Umwandlung (Vergasung) mit anschließender Gasreinigung und -konditionierung das sogenannte Synthesegas (Mischung aus  $H_2$  und CO) erzeugt. Aus dem Synthesegas werden dann über eine katalytische Hydrierung (Fischer-Tropsch (FT)-Synthese) Kohlenwasserstoffe synthetisiert. Als Produkte können ein dieselähnlicher Kraftstoff (FT-Diesel) oder Ottokraftstoff sowie FT-Naphta, Methanol oder Dimethylether hergestellt werden. Signifikante Beiträge des BtL-Kraftstoffs zum gesamten Auto-Kraftstoffbedarf werden nicht vor 2010 erwartet (KAVALOV und PETEVES 2005; DENA 2006; REINHARDT et al. 2006).

**Bioethanol aus Lignocellulose:** Zu den Biokraftstoffen der 2. Generation zählt auch aus Lignocellulose gewonnenes Bioethanol. Die Gewinnung verläuft über einen mikrobiologischen Fermentationsprozess, der im Grundprinzip der Produktion von Bioethanol der 1. Generation ähnelt. Der Unterschied besteht in einem erhöhten Aufwand, die Rohstoffe zur mikrobiologischen Umsetzung verfügbar zu machen. Um eine möglichst umfassende Konversion der in der Lignocellulose enthaltenen Polysaccharide zu Bioethanol zu gewährleisten, wurden ethanologene Mikroorganismen biotechnologisch modifiziert (WYMAN 2001; INGRAM et al. 1999). Ähnlich der BtL-Technologie wurde die Bioethanolgewinnung aus Lignocellulose bis in den Pilotmaßstab entwickelt, kann jedoch noch nicht als Stand der Technik bezeichnet werden (IGELSPACHER et al. 2006).

**Nachwachsende Rohstoffe:** landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Rohstoffe, die nicht als Nahrungs- bzw. Futtermittel sondern energetisch oder stofflich genutzt werden.

**Kurzumtriebsplantagen (KUP):** Anbau von schnellwachsenden Baumarten (wie z. B. Weiden oder Pappeln und deren Hybriden) auf landwirtschaftlichen Flächen. Die KUP werden in Umtriebszeiten von 1 bis 10 Jahren geerntet (gerodet). Gegebenenfalls werden die Flächen für den Anbau gedüngt und bewässert und während der Anwuchszeit mechanisch oder chemisch vor Unkrautbewuchs geschützt. Rotationsperiode für diese Plantagen sind 20 bis 25 Jahre (FNR 2005b).

**Theoretisches Potenzial:** dieses ergibt sich aus dem physikalisch nutzbaren Angebot der Biomasse und stellt die theoretische Obergrenze dar (FRITSCHKE et al. 2004).

**Technisches Potenzial:** beschreibt den Anteil am theoretischen Potenzial, der unter Berücksichtigung der derzeitigen technischen Möglichkeiten nutzbar ist. Im Einzelnen werden bei der Berechnung die verfügbaren Nutzungstechniken, ihre Wirkungsgrade, die Verfügbarkeit von Standorten auch im Hinblick auf konkurrierende Nutzungen sowie „unüberwindbare“ strukturelle, ökologische und weitere nicht-technische Beschränkungen berücksichtigt (FRITSCHKE et al. 2004). Wirtschaftlichkeitskriterien werden hierbei nicht betrachtet.

**Verbrennung:** Oxidation eines Brennstoffs unter Energiefreisetzung. Damit hohe Wirkungsgrade und geringe Schadstoffemissionen erzielt werden können, muss die Feuerungstechnik auf die besonderen Eigenschaften der biogenen Festbrennstoffe zugeschnitten sein. Zu diesen besonderen Eigenschaften gehören vor allem der relativ hohe Gehalt flüchtiger Substanzen, aber auch der relativ hohe Wassergehalt sowie die niedrigen Ascheschmelzpunkte. Diese müssen bei der Konstruktion bzw. Auswahl der Feuerungstechniken berücksichtigt werden. Der Schwerpunkt bei den Bioenergieträgern liegt dabei auf den biogenen holzartigen Festbrennstoffen. Der Einsatzbereich von Festbrennstofffeuerungen reicht von Kleinf Feuerungen mit 2 bis 30 kW im häuslichen Betrieb zur alleinigen Wärmebereitstellung bis zu 100 MW bei Biomassekraftwerken und 1 GW bei der Mitverbrennung in Kohlekraftwerken zur alleinigen Strombereitstellung bzw. gekoppelten Strom-Wärmebereitstellung (Leistungsbereichangaben gelten für den Brennstoff Holz. Feuerungstechniken, die speziell für halmgutartige Brennstoffe ausgelegt sind, erreichen Leistungsbereiche bis maximal 20 MW) (KALTSCHMITT und HARTMANN 2001; 2002; THRÄN et al. 2005; FNR 2005b).

**Vergasung:** Bei der Vergasung wird Biomasse bei hohen Temperaturen und unter Sauerstoffmangel möglichst vollständig in Produktgas überführt. Dieses besteht aus den brennbaren Gasen CO,  $H_2$  und in geringeren Mengen auch  $CH_4$  und höheren Kohlenwasserstoffen sowie  $CO_2$ ,  $N_2$  und Wasserdampf. Durch die hohen, nicht brennbaren Anteile haben die Produktgase recht geringe Heizwerte im Bereich von 3 bis 15 MJ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>. Für die Nutzung ist eine Gasreinigung notwendig, vor allem beim Einsatz des Gases in einer Dampfturbine zur Stromerzeugung sowie für den Einsatz eines Stirlingmotors oder einer indirekt befeuerten Gasturbine. Vorteile der Vergasung sind die im Vergleich zur Verbrennung höheren elektrischen Wirkungsgrade (30 bis 40 %). Auch die Erzeugung transport- und speicherfähiger Energieträger (Kraftstoffproduktion) kann zu einer höheren Wertschöpfung führen als es durch die direkte Verbrennung möglich ist (KALTSCHMITT und HARTMANN 2001; 2002).



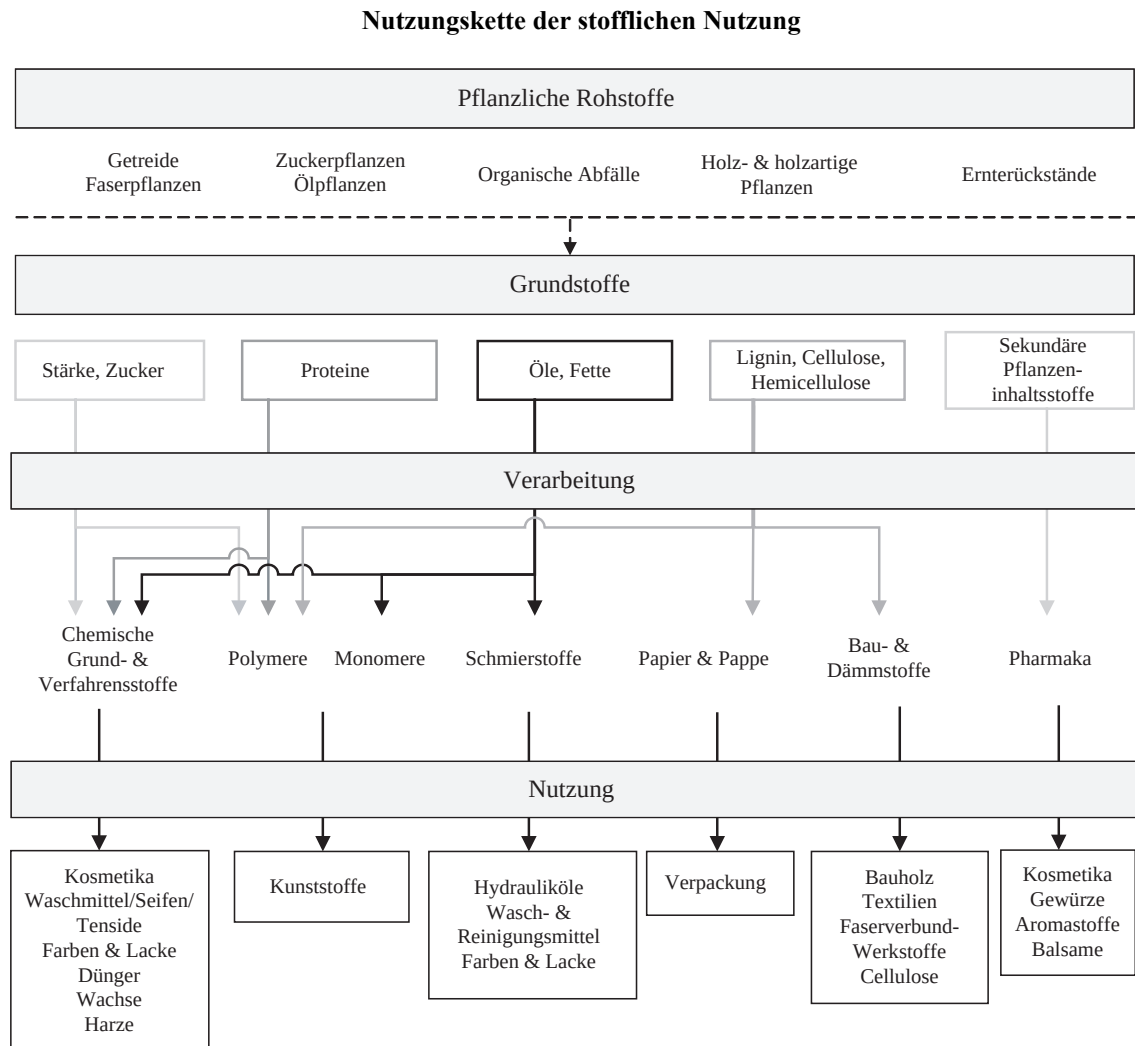
## 2.1.2 Stoffliche Nutzung

4. Im Gegensatz zur energetischen Nutzung gibt es bei der stofflichen Nutzung eine große Vielfalt an Einsatzfeldern. Verschiedenste Industriezweige sind an der Verwertung der Biomasse beteiligt. Dazu gehören die Holzverarbeitende Industrie, Bau- und Dämmstoffindustrie, Textilindustrie, Papierindustrie und Chemische Industrie.

Biomasse ist komplex zusammengesetzt, sodass die Auftrennung in die Grundstoffe vor einer weiteren Verarbeitung zweckmäßig ist. Die Grundstoffe der pflanzlichen Biomasse sind Kohlehydrate (Stärke, Zucker, Cellulose),

Lignin, Proteine und Öle bzw. Fette, daneben diverse Sekundärpflanzenstoffe wie Vitamine, Farbstoffe, Geschmacks- und Geruchsstoffe der unterschiedlichsten chemischen Struktur. Über diese Grundstoffe werden chemische Grund- und Verfahrensstoffe, Polymere (Kunststoffe), Schmierstoffe, Papier und Pappe, Bau- und Dämmstoffe sowie Pharmaka gewonnen. Abbildung 2-3 zeigt beispielhaft die Nutzungskette von Biomasse bei der stofflichen Nutzung. Im Gegensatz zur energetischen Nutzung ist die Menge an verwendeter Biomasse relativ gering, ausgenommen bei der Holzverarbeitenden Industrie (CARMEN 2004; KAMM et al. 2006; MENRAD 2006; FNR 2006c).

Abbildung 2-3



SRU/SG 2007-2/Abb. 2-3; Datenquelle: CARMEN 2004; KAMM et al. 2006; MENRAD 2006; FNR 2006c

## 2.2 Biomassebedarf

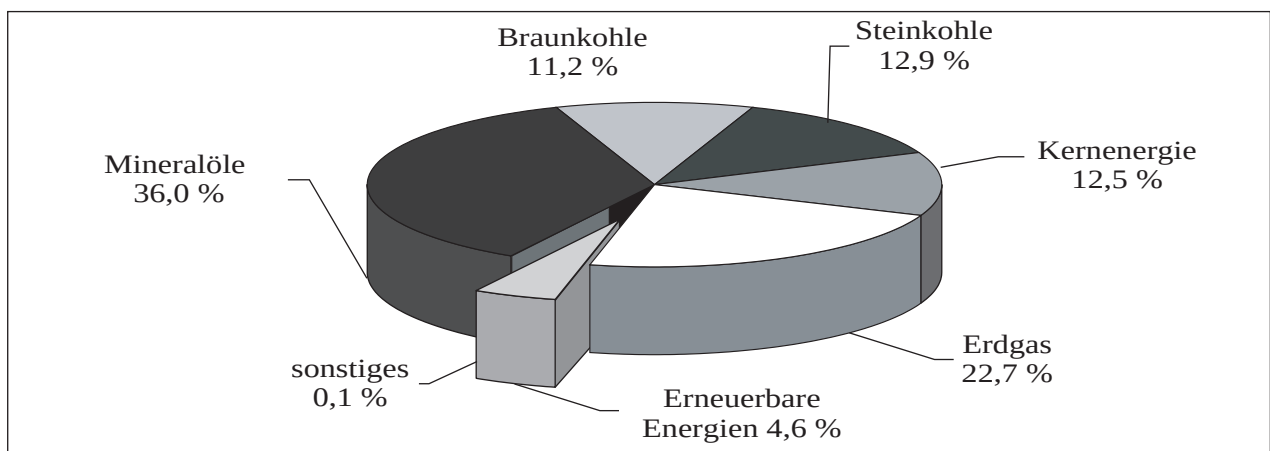
### 2.2.1 Energetische Nutzung

5. Der Primärenergieverbrauch (PEV) in Deutschland betrug 14 236 PJ im Jahr 2005 (BMWi 2007). Nach derzeitigen Prognosen könnte dieser Bedarf bis zum Jahr 2030 auf 12 000 bis 10 500 PJ/a zurückgehen (NITSCH 2007; EWI und Prognos 2006). Die Primärenergie besteht aus noch nicht umgewandelten Rohstoffen wie Rohöl, Stein- und Braunkohle usw. Abbildung 2-4 zeigt die Struktur des Primärenergieverbrauchs in Deutschland für das Jahr 2005 nach Energieträgern. Allein 36 % des Primärenergiebedarfs wurden durch Mineralöle gedeckt. Die nach einigen Umwandlungen für den Verbraucher gebrauchsfähige Energieform wird Endenergie ge-

nannt. Endenergieträger sind zum Beispiel Briketts, Benzin, Heizöl, Strom etc. Die bei der Nutzung entstehende Energieform wie zum Beispiel Licht und Wärme wird Nutzenergie genannt. Der Endenergieverbrauch beträgt nur etwa zwei Drittel des Primärenergieverbrauchs und betrug in Deutschland 9 173 PJ/a im Jahr 2005. Bei der Umwandlung der Primärenergieträger zu Endenergieträgern entstehen demnach energetische Verluste von circa 36 % (BMWi 2007). Abbildung 2-5 zeigt die Struktur des Endenergieverbrauchs nach den Verbrauchergruppen Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, Haushalte, Industrie und Verkehr. Bis auf Gewerbe, Handel und Dienstleistungen sind die Anteile der Verbrauchergruppen annähernd gleich hoch und liegen bei 27 bis 29 %.

Abbildung 2-4

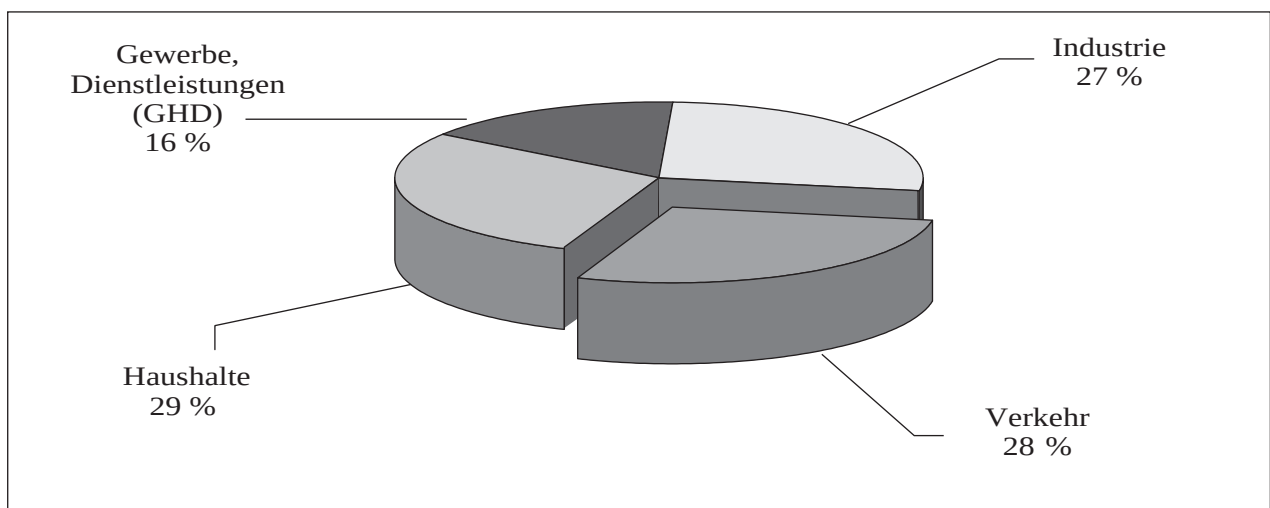
**Struktur des Primärenergieverbrauchs in Deutschland im Jahr 2005  
(Primärenergieverbrauch (PEV) 14 236 PJ)**



Quelle: BMWi 2007

Abbildung 2-5

**Struktur des Endenergieverbrauchs nach Verbrauchergruppen für das Jahr 2005  
(Endenergieverbrauch 9 173 PJ)**



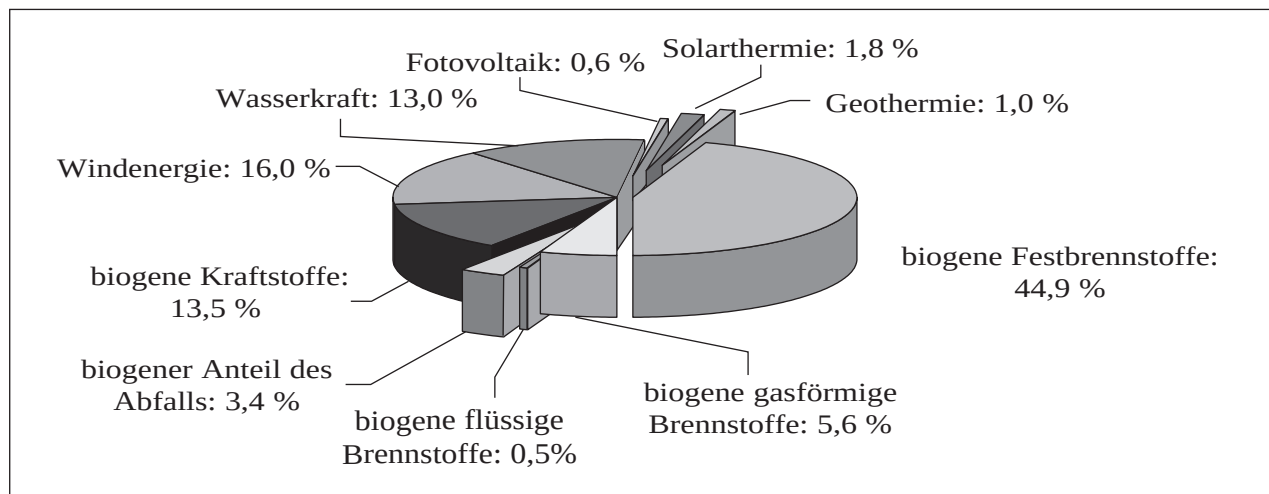
Quelle: BMWi 2007

6. Durch erneuerbare Energien konnten 4,6 % des Primärenergiebedarfs bzw. 6,4 % des Endenergieverbrauchs in 2005 gedeckt werden (BMU 2007b). Nach aktuellen Angaben konnten in 2006 schon 5,3 % des Primärenergieverbrauchs und 7,4 % des Endenergieverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt werden (BMU 2007a). Abbildung 2-6 zeigt die Anteile der verschiedenen erneuerbaren Energieträger an der Endenergiebereitstellung in Deutschland für das Jahr 2005. Der Anteil an Biomasse innerhalb der erneuerbaren Energieträger betrug dabei 68 %. Bezogen auf die reine Wärmebereitstellung lag der Anteil von Biomasse bei den erneuerbaren Energien sogar bei 94 % (BMU 2007b). Wie in Abbildung 2-6 erkennbar ist, machen die Festbrennstoffe den größten Teil an biogenen Energieträgern aus. Bioenergie ist demnach der wichtigste Teil im Mix der erneuerbaren Energien. Prognosen gehen davon aus, dass der Anteil von Biomasse am erneuerbaren Energiemix auch zukünftig (bei einem Betrachtungszeitraum bis 2030) in etwa gleich bleiben wird (NITSCH 2007).

Abbildung 2-7 zeigt die Entwicklung des Anteils an erneuerbaren Energien bezogen auf den Strom-, Wärme- und Kraftstoffverbrauch für die Jahre 2000 bis 2006. Es ist erkennbar, dass vor allem im Bereich Strom und Kraftstoffe der Anteil an erneuerbaren Energien in den Jahren 2005 und 2006 deutlich zugenommen hat. Die Einsparung von fossilen Kraftstoffen erfolgte durch den Einsatz von biogenen Kraftstoffen in Form von Dieseleratz (93 %) und Ersatz von Ottokraftstoff (7 %) (BMU 2007b). Insgesamt wurden durch Bioenergie 3 % des Primärenergiebedarfs (466 PJ) im Jahr 2005 bereitgestellt, davon wurden 60 % zur Wärme-, 24 % zur Kraftstoff- und 14 % zur Strombereitstellung genutzt (BMU 2007b). Nach Prognosen des EWI (Energiewirtschaftliches Institut der Universität zu Köln) und Prognos (2006) kann der Anteil an erneuerbaren Energien am PEV bis 2030 auf 15,4 % steigen. NITSCH (2007) geht davon aus, dass bis 2030 sogar 25,1 % des PEV über erneuerbare Energien gedeckt werden können. Für Biomasse hieße das, dass ein Anteil am Primärenergieverbrauch zwischen 8 und 18 % realisiert werden muss.

Abbildung 2-6

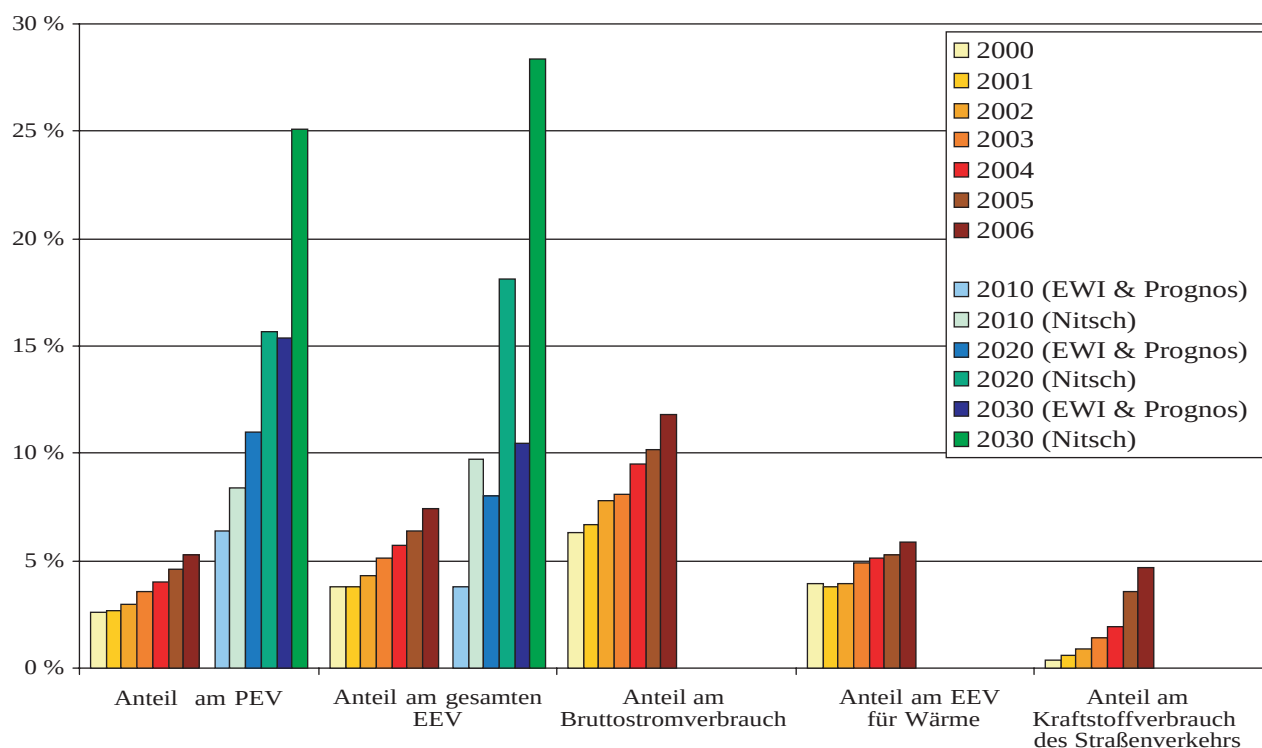
**Struktur der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien  
in Deutschland im Jahr 2005**



Quelle: BMU 2007b

Abbildung 2-7

**Energiebereitstellung aus erneuerbaren Energien in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2006  
bzw. bei dem Anteil an PEV und EEV bis 2030**



PEV= Primärenergieverbrauch, EEV = Endenergieverbrauch

Für die Jahre 2010 bis 2030 Daten nach Prognosen von EWI und Prognos (2006) und NITSCH (2007)

Quelle: BMU 2007b; EWI und Prognos 2006; Szenario hoher Ölpreis NITSCH 2007; BMU 2007a

## 2.2.2 Stoffliche Nutzung

7. Die Menge verwendeter nachwachsender Rohstoffe aus der Landwirtschaft ist bei der stofflichen Nutzung im Gegensatz zu deren Einsatz bei der energetischen Nutzung

relativ gering. Nur der Anteil der stofflichen Verwertung von Holz (forstwirtschaftliche Rohstoffe) liegt mit 69 % im Vergleich zu landwirtschaftlichen Rohstoffen sehr hoch (Tab. 2-2). Tabelle 2-3 zeigt die verwendeten Mengen an nachwachsenden Rohstoffen für die stoffliche Nutzung.

Tabelle 2-2

**Anteil stofflicher und energetischer Verwertung an forst- bzw. landwirtschaftlichen Rohstoffen**

| Rohstoff                  | Anteil stoffliche Verwertung<br>in % | Anteil energetische Verwertung<br>in % |
|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| Holz (Forstwirtschaft)    | 69                                   | 31                                     |
| Biomasse (Landwirtschaft) | 8–10                                 | 90–92                                  |

Quelle: MANTAU und SÖRGEL 2006; FNR 2006c; HIRTH 2004

Tabelle 2-3

**Übersicht über die Mengen an nachwachsenden Rohstoffen für die stoffliche Nutzung**

| Landwirtschaftliche Rohstoffe | Mio. Mg    | Forstwirtschaftliche Rohstoffe    | Mio. Mg <sub>atro</sub> |
|-------------------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Pflanzliche Öle               | 0,8        | Sägeindustrie                     | 15,3                    |
| Tierische Fette               | 0,35       | Holzwerkstoffindustrie            | 0,4                     |
| Chemie- und Papierstärke      | 0,64       | Furnier- und Sperrholzherstellung | 3,3                     |
| Cellulose/Chemiezellstoffe    | 0,32       | Papierindustrie                   | 2,4                     |
| Zucker                        | 0,24       | Sonstiges                         | 1,5                     |
| Naturfasern                   | 0,20       |                                   |                         |
| Sonstige                      | 0,12       |                                   |                         |
| <b>Gesamt</b>                 | <b>2,7</b> | <b>Gesamt</b>                     | <b>23,0</b>             |

Anmerkung: Gesamter Holzeinschlag in Deutschland beträgt 32,6 Mio. Mg, energetisch genutzt werden 9,9 Mio. Mg

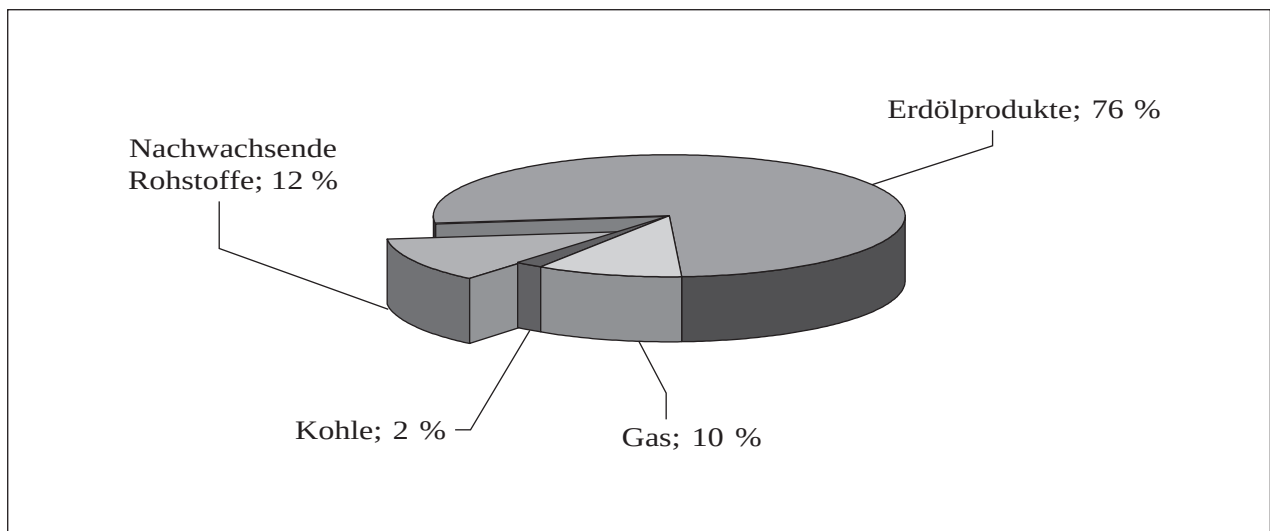
Quelle: FNR 2006c; Knappe et al. 2007

Landwirtschaftliche Rohstoffe werden stofflich hauptsächlich in der Chemischen Industrie genutzt. Abbildung 2-8 zeigt die Struktur des Rohstoffeinsatzes in der Chemischen Industrie im Jahr 2003. Der Anteil von nachwachsenden Rohstoffen liegt danach mit 2,3 Mio. Mg bei 12 %. Allerdings liegt der Anteil des in der Chemischen Industrie genutzten Erdöls von 15 Mio. Mg nur bei 4 %, bezogen auf den Gesamtverbrauch in Deutschland

(ROTHERMEL 2006). Damit gehört die Chemische Industrie zwar zu den „Kleinverbrauchern“ von Erdöl, doch ist der Einsatz dieses Rohstoffes für die Produktion in diesem Industriezweig essenziell. Ein Ersatz der fossilen Rohstoffe ist nur durch biogene Rohstoffe möglich, wohingegen Energie aus fossilen Energieträgern auch durch andere erneuerbare Energien bereitgestellt werden kann.

Abbildung 2-8

**Struktur des Rohstoffeinsatzes in der Chemischen Industrie im Jahr 2003**



Insgesamt 19,7 Mio. Mg Rohstoffe: 15 Mio. Mg Erdölprodukte, 2 Mio. Mg Gas, 0,4 Mio. Mg Kohle, 2,3 Mio. Mg nachwachsende Rohstoffe

Quelle: ROTHERMEL 2006

## 2.3 Angebot an Biomasse zur energetischen Nutzung

8. Die verfügbare Biomasse ist einerseits von den nutzbaren biogenen Reststoffen und andererseits von den zu gewinnenden nachwachsenden Rohstoffen abhängig. In mehreren Studien wurde versucht, die unter Berücksichtigung der gegebenen technischen und ökologischen Restriktionen nutzbaren Potenziale von Biomasse zur energetischen Nutzung (technische Potenziale) in Deutschland bis zum Jahr 2030 zu prognostizieren.

Potenziale allgemein sind stark an Rahmenbedingungen gekoppelt. Biogene Reststoffe sind vor allem mit land-, forst- und abfallwirtschaftlichen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel Anbau- und Bewirtschaftungsformen, Konkurrenznutzungen usw., aber auch mit sozioökonomischen Einflüssen, wie Bevölkerungsentwicklung, Altersstruktur, Umweltbewusstsein, Konsumverhalten usw., verbunden. Potenziale von nachwachsenden Rohstoffen sind im besonderen Maße von den getroffenen Annahmen im Bereich Land- und Forstwirtschaft (Produktionssteigerungen), aber auch unter anderem von Annahmen im Bereich Nahrungsmittelversorgung (Selbstversorgungsgrad) und Naturschutz abhängig. Diese Rahmenbedingungen können sich im Zeitverlauf ändern. Für die Prognose von Potenzialen für verschiedene zukünftige Zeitpunkte müssen unterschiedliche Annahmen über die zukünftigen Rahmenbedingungen zugrunde gelegt werden, sodass sich unterschiedliche Prognosen bezüglich der Potenziale ergeben.

9. Um das zukünftige Potenzial an Biomasse abschätzen zu können, sollen in diesem Kapitel die Ergebnisse der Studien,

- des Öko-Instituts (FRITSCHKE et al. 2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse,
- des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) (NITSCH et al. 2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland,
- des Instituts für Energetik und Umwelt gemeinnützige GmbH (IE-Leipzig) (THRÄN et al. 2005): Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext,
- der European Environment Agency (EEA 2006): How much biomass can Europe produce without harming the environment

näher diskutiert werden. Die Studien des Öko-Instituts und des DLR gehen dabei auf die Biomassepotenziale ausschließlich in Deutschland ein, wohingegen die Studien des IE-Leipzig und der EEA die Potenziale in Deutschland, aber auch die Potenziale auf EU-Ebene darstellen. Für die folgende Darstellung wird aber nur auf die Potenziale für Deutschland eingegangen. Diese wurden in den drei Studien von dem Basisjahr 2000 ausgehend für die Jahre 2010, 2020 und bei der Öko- und DLR-Studie auch für 2030 ermittelt.

Innerhalb der Studien wurden verschiedene Szenarien betrachtet. In Tabelle 2-4 sind diese dargestellt. Grundsätzlich wird unterschieden in

- ein Referenzszenario, das den bisherigen Trend fort schreibt,
- ein umweltbezogenes Szenario, das Umwelt- und Naturschutzvorgaben im besonderen Maße berücksichtigen soll, und
- ein Szenario, das die Maximierung der Biomasseverfügbarkeit zum Ziel hat.

Dabei ist die Studie des Öko-Instituts die einzige Studie, die ein Referenzszenario aufweist. Die Szenarien Basis (DLR), Current-Policies (CP) (IE-Leipzig) und Biomasse (Öko-Institut) haben alle drei die Maximierung des Biomasseangebots zum Ziel und sollen eine Obergrenze der Biomassenutzung darstellen. Dabei werden jedoch derzeitige rechtliche Regelungen nicht vollständig beachtet, vor allem bezüglich des Naturschutzes wie zum Beispiel hinsichtlich der Verpflichtung der Länder zur Schaffung eines Biotopverbundes nach § 3 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG), sodass diese Szenarien zu einer Überschätzung des Potenzials führen und somit nicht als Obergrenze aus heutiger Sicht gewertet werden können. Sie sollten deshalb auch nicht für die Erarbeitung politischer Ziele hinsichtlich der Biomassenutzung herangezogen werden.

Die umweltbezogenen Szenarien Umwelt (Öko-Institut), Naturschutz-Plus (DLR) und Environment+ (IE-Leipzig) haben Umwelt- und Naturschutzbelange im besonderen Maße berücksichtigt. Die Studie der EEA (2006) betrachtet ausschließlich ein umweltbezogenes Szenario. Es sollen die gesetzlichen Vorgaben berücksichtigt werden, was bei dem Environment+-Szenario allerdings fraglich erscheint, da auch hier die rechtlichen Rahmenbedingungen nicht vollständig eingehalten werden (s. Abschn. 2.3.2). Weiterführende Forderungen des Naturschutzes, wie sie der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) formuliert (zum Beispiel, dass 5 % der Waldfläche Deutschlands als Totalreservate ausgewiesen werden sollten und dass mittelfristig bis zu 15 % der Gesamtfläche Deutschlands für Naturschutzziele bereitgestellt werden sollten (SRU 2002, S. 41)), werden nur teilweise bei der EEA-Studie miteinbezogen, sodass die Namen Naturschutz-Plus und Environment+ einen stärkeren Bezug zu naturschutzfachlichen Forderungen suggerieren als dieser in den Studien tatsächlich angenommen wird.

Alle Studien zeigen bis 2030 ein ungefähr gleich bleibendes aber je nach Szenario unterschiedlich hohes Potenzial der biogenen Reststoffe. Hinsichtlich der nachwachsenden Rohstoffe zeigen die verschiedenen Szenarien große Unterschiede in den Potenzialen. Dabei erscheinen die sehr ambitionierten, auf eine Biomassemaximierung ausgerichteten Potenziale sowohl bezüglich der biogenen Reststoffe als auch der nachwachsenden Rohstoffe als unrealistisch, wenn die rechtlichen Anforderungen des Naturschutzes respektiert werden sollen. Die Ergebnisse der Studien werden in den folgenden Abschnitten getrennt nach biogenen Reststoffen und nachwachsenden Rohstoffen detailliert dargestellt.

Tabelle 2-4

**Übersicht über die betrachteten Potenzialstudien**

| Institution, Quelle                           | Szenarien                           | Annahmen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Öko-Institut</b><br>(FRITSCHÉ et al. 2004) | <b>Referenz-Szenario</b>            | Trendfortschreibung hinsichtlich politischer Zielsetzungen; derzeitige natur- und umweltfachliche Anforderungen werden für 2020 zu 50 % und 2030 vollständig berücksichtigt (z. B. Flächenanforderungen für Naturschutz, nach KÖPPEL et al. (2004) müssen 7 % der Ackerfläche für Biotopverbund genutzt werden)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                               | <b>Umwelt-Szenario</b>              | Effizienzsteigerung und Ausbau erneuerbarer Energien; derzeitige natur- und umweltrechtliche Anforderungen werden ab 2020 vollständig berücksichtigt (siehe Referenz-Szenario)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                               | <b>Biomasse-Szenario</b>            | Maximales Biomasseangebot; derzeitige umwelt- und naturschutzrechtliche Grundlagen werden nur zu 50 % im Gegensatz zu den oben genannten Szenarien berücksichtigt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>DLR</b><br>(NITSCH et al. 2004)            | <b>Basis-Szenario</b>               | Maximales Biomasseangebot; naturschutzfachliche Mindestanforderungen werden berücksichtigt;<br>Ausgangspunkt für Reststoffpotenziale ist das Öko-Biomasse-Szenario, Ergänzungen werden hinsichtlich Stroh, ungenutztem Waldholz sowie Landschaftspflegegut gemacht;<br>Ausgangspunkt für das Potenzial nachwachsender Rohstoffe ist das Öko-Referenz-Szenario, es werden aber keine Ausgleichs- und Naturschutzflächen eingerechnet; Grünlandumbruch wird nicht ausgeschlossen (wie in anderen Szenarien)                                                                                                                                                           |
|                                               | <b>Naturschutz-Plus-Szenario</b>    | Forderungen des Naturschutzes werden vermehrt Rechnung getragen auf Grundlage derzeitiger natur- und umweltrechtlicher Vorgaben (§ 3 und § 5 BNatSchG – 6 % der land- und forstwirtschaftlichen Fläche soll als Biotopverbund genutzt werden; Grünlanderhalt bzw. Erhöhung des Grünlandanteils, aber vermehrt extensive Nutzung; Offenlandbiotope, Erhalt Mittel-Niederwaldnutzung);<br>Ausgangspunkt auch hier die Datengrundlage der Öko-Studie zur derzeitigen Flächennutzung, Abschläge bzw. Zuschläge ergeben sich durch o. g. Forderungen des Naturschutzes                                                                                                   |
| <b>IE-Leipzig*</b><br>(THRÄN et al. 2005)     | <b>Current-Policy-Szenario (CP)</b> | Basierend auf aktuellen politischen Entwicklungen zur Förderung der Landwirtschaft und erneuerbarer Energien (es gelten die bis 2020 festgelegten agrar- und energiepolitischen Rahmenbedingungen der EU) sowie auf politischen Leitlinien für die zukünftige Entwicklung:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>– Brachflächen stehen zu 100 % dem Energiepflanzenanbau zur Verfügung</li> <li>– Abbau der Überschussproduktion zur Freisetzung der Flächen für den Energiepflanzenanbau</li> <li>– Umwidmung von Siedlungs-, Verkehrs- und Naturschutzflächen nachzeitigem Stand</li> <li>– Ertragssteigerung der Pflanzen- und Tierproduktion</li> </ul>     |
|                                               | <b>Environment-Szenario (E+)</b>    | Basierend auf einer verstärkt umweltorientierten Landschaftsnutzung (Forderungen des Naturschutzes werden vermehrt Rechnung getragen) und größeren Anstrengungen beim Klimaschutz und Förderung der erneuerbaren Energien<br><ul style="list-style-type: none"> <li>– nur 70 % der Brachflächen werden für den Energiepflanzenanbau genutzt</li> <li>– Abbau der Überschussproduktion zur Freisetzung der Flächen für den Energiepflanzenanbau</li> <li>– zusätzliche Umwidmung von 2,5 % (2010) bzw. 5 % (2020) der Ackerflächen für reine Naturschutzzwecke ohne jegliche Erträge</li> <li>– um 50 % geringere Ertragssteigerungen für Grünlandflächen</li> </ul> |

| Institution,<br>Quelle                                                                                      | Szenarien                                        | Annahmen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>EEA</b><br>(EEA 2006)                                                                                    | <b>Keine Unter-<br/>teilung in<br/>Szenarien</b> | Rahmenbedingungen bezüglich des landwirtschaftlichen Potenzials: <ul style="list-style-type: none"> <li>– 30 % Ökolandbau</li> <li>– 3 % Stilllegung des bisherigen Ackerlandes</li> <li>– extensiv bewirtschaftete Kulturen wie Grünland werden erhalten</li> <li>– Energiepflanzen mit geringen Umweltauswirkungen werden genutzt</li> </ul> Rahmenbedingungen bezüglich biogener Reststoffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Keine Nutzung von Wurzelstöcken und Laub</li> <li>– Keine intensivierte Nutzung von geschützten Waldgebieten</li> <li>– Nährstoffkreisläufe der jeweiligen Standorte werden beachtet</li> <li>– 5 % der Waldfläche wird zusätzlich unter Schutz gestellt</li> <li>– Abfallminimierung als oberstes Ziel</li> <li>– Recycling von Abfall wird vor energetischer Nutzung bevorzugt</li> <li>– Kompostierung von Bioabfall wird zugunsten der energetischen Nutzung eingestellt</li> <li>– Erhöhter Anteil an Ökolandbau bindet vermehrt landwirtschaftliche Reststoffe wie Stroh</li> </ul> |
| * Unterscheidung der Szenarien nur bezüglich des landwirtschaftlichen Flächenpotenzials                     |                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| SRU/SG 2007-2/Tab. 2-4; Datenquelle: FRITSCHKE et al. 2004; NITSCH et al. 2004; THRÄN et al. 2005; EEA 2006 |                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

### 2.3.1 Biogene Reststoffe

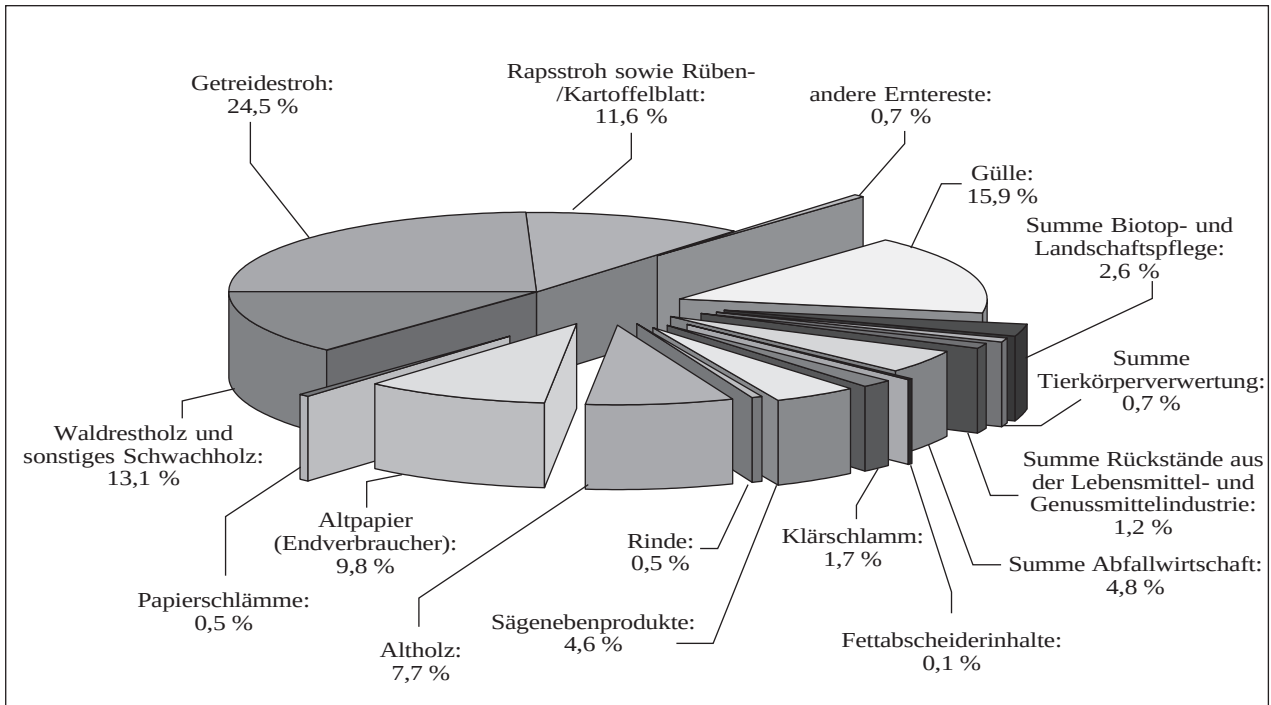
**10.** Die Nutzung von Biomasse, die in der Abfallwirtschaft (im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG)) und als land- und forstwirtschaftliche Reststoffe (außerhalb des KrW-/AbfG) anfällt, stellt ein bedeutsames Potenzial der Biomassenutzung dar. KNAPPE et al. (2007) berechneten nach Daten aus den Jahren 2000 bis 2002 ein jährliches Aufkommen von

knapp 110 Mio. Mg Trockensubstanz (TS) pro Jahr (theoretisches Potenzial), von dem das technische Potenzial aber nur etwa 65 % (ca. 70 Mio. Mg TS pro Jahr) des theoretischen Potenzials ausmacht (KNAPPE et al. 2007). Aber auch vom technischen Potenzial wird bisher nur ein geringer Teil energetisch genutzt (LEIBLE et al. 2003). In Abbildung 2-9 und Tabelle 2-5 ist dieses theoretische Potenzial von biogenen Reststoffen nach KNAPPE et al. (2007) dargestellt.



Abbildung 2-9

Übersicht über die Struktur des Reststoffaufkommens



Quelle: KNAPPE et al. 2007

Tabelle 2-5

Theoretisches und Technisch-ökologisches Potenzial biogener Reststoffe in Deutschland

|                                                                | Theoretisches Potenzial in |      | Technisches Potenzial in % |
|----------------------------------------------------------------|----------------------------|------|----------------------------|
|                                                                | 1 000 Mg TS/a              | %    |                            |
| <b>Reststoffe aus Forst-, Holz- und Papierwirtschaft</b>       |                            |      |                            |
| Sägenebenprodukte                                              | 5 761                      | 5,2  | 100                        |
| Rinde                                                          | 647                        | 0,6  | 94                         |
| Altholz                                                        | 9 680                      | 8,8  | 100                        |
| Altpapier (Endverbraucher)                                     | 12 330                     | 11,2 | 82                         |
| Papierschlämme                                                 | 580                        | 0,5  | 100                        |
| Waldrestholz und sonstiges Schwachholz                         | 16 600                     | 15,1 | 75                         |
| <i>Summe Reststoffe aus Forst-, Holz- und Papierwirtschaft</i> | 45 598                     | 41,5 | 92                         |
| <b>Reststoffe aus der Landwirtschaft</b>                       |                            |      |                            |
| Getreidestroh                                                  | 30 970                     | 28,2 | 12                         |
| Rapsstroh sowie Rüben-/Kartoffelblatt                          | 14 720                     | 13,4 | 42                         |
| andere Erntereste                                              | 890                        | 0,8  | k. A.                      |

|                                                                         | Theoretisches Potenzial in |            | Technisches Potenzial in % |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|
|                                                                         | 1 000 Mg TS/a              | %          |                            |
| Gülle                                                                   | 20 143                     | 18,4       | 91                         |
| <i>Summe Reststoffe aus der Landwirtschaft</i>                          | 66 723                     | 60,8       | 49                         |
| <b>Biotop- und Landschaftspflege</b>                                    |                            |            |                            |
| Straßenbegleitgrün (maximal)                                            | 778                        | 0,7        | 56                         |
| private & öffentliche Grünflächen (ohne Holz)                           | 638                        | 0,6        | 73                         |
| Biotoppflege (maximal)                                                  | 1 913                      | 1,7        | 50                         |
| <i>Summe Biotop- und Landschaftspflege</i>                              | 3 329                      | 3,0        | 60                         |
| <b>Tierkörperverwertung</b>                                             |                            |            |                            |
| Schlachtabfälle                                                         | 59                         | 0,1        |                            |
| Knochenmehl                                                             | 189                        | 0,2        |                            |
| Tierfette                                                               | 284                        | 0,3        |                            |
| Tiermehl                                                                | 388                        | 0,4        |                            |
| <i>Summe Tierkörperverwertung</i>                                       | 920                        | 0,8        | 95                         |
| <b>Lebensmittel- und Genussmittelindustrie</b>                          |                            |            |                            |
| Kartoffelschlempe                                                       | 43                         | 0,04       |                            |
| Apfeltrester                                                            | 63                         | 0,1        |                            |
| Biertreber                                                              | 700                        | 0,6        |                            |
| Melasse                                                                 | 720                        | 0,7        |                            |
| <i>Summe Rückstände aus der Lebensmittel- und Genussmittelindustrie</i> | 1 526                      | 1,4        | 95                         |
| <b>Abfallwirtschaft</b>                                                 |                            |            |                            |
| Alttextilien (Sammelmenge)                                              | 716                        | 0,7        |                            |
| Speiseabfälle                                                           | 43                         | 0,04       |                            |
| Bioabfall aus Haushalten                                                | 2 400                      | 2,2        |                            |
| Biogene Anteile im Restabfall                                           | 2 844                      | 2,6        |                            |
| <i>Summe Abfallwirtschaft</i>                                           | 6 003                      | 5,5        | 95                         |
| <b>Abwasserwirtschaft</b>                                               |                            |            |                            |
| Fettabscheiderinhalte                                                   | 67                         | 0,1        |                            |
| Klärschlamm                                                             | 2 195                      | 2,0        |                            |
| <i>Summe Abwasserwirtschaft</i>                                         | 2 262                      | 2,1        | 95                         |
| <b>Summe</b>                                                            | <b>109 761</b>             | <b>100</b> | <b>65</b>                  |

\* prozentuale Angaben zum technischen Potenzial bezogen auf absolute Angaben des theoretischen Potenzials

Quelle: KNAPPE et al. 2007 und eigene Schätzungen

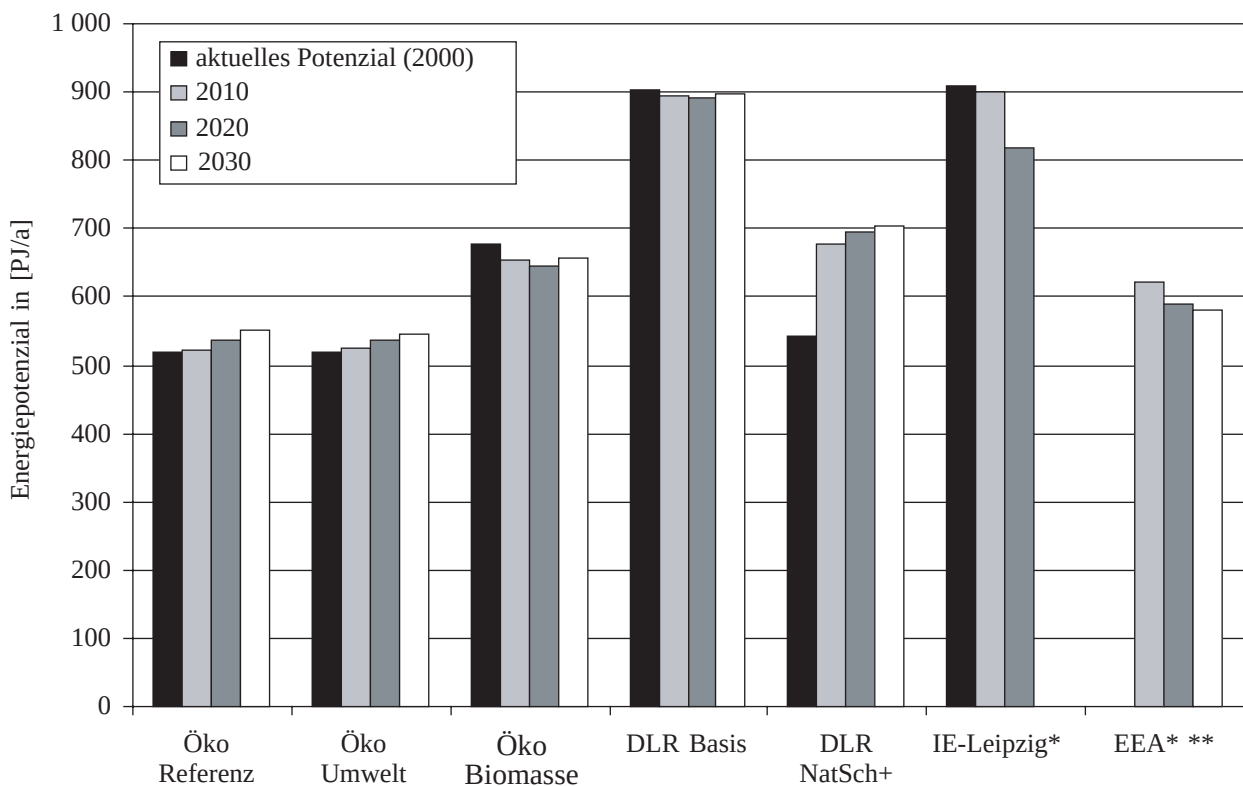
**11.** Bei der Ermittlung von energetischen Nutzungspotenzialen von Biomasse aus Abfällen und Reststoffen muss berücksichtigt werden, wie diese – vorhandene – Biomasse bereits jetzt genutzt wird. Konkurrierende Nutzungen, zum Beispiel stoffliche Nutzung als Holzwerkstoff in der Spanplatten- oder Papierindustrie oder zur Bodenverbesserung (organischer Dünger, Mulchmaterial), vermindern das energetisch nutzbare Potenzial, sind jedoch häufig auch erwünschte und ökologisch sinnvolle Nutzungen. So ist es beispielsweise aus Gründen des Bodenschutzes erforderlich bis zu 80 % des Stroh auf dem Acker zu belassen (FRITSCHKE et al. 2004).

**12.** In Abbildung 2-10 sind die Reststoffenergiepotenziale der verschiedenen Studien bzw. Szenarien dargestellt. Im Basis-Szenario der DLR-Studie und im CP-Szenario der IE-Leipzig-Studie wurden die höchsten Werte ermittelt. Für das Bezugsjahr 2000 wird das techni-

sche Potenzial der Reststoffe mit 523 bis 908 PJ/a angegeben, das entspricht 3,7 % bis 6,4 % des derzeitigen Primärenergieverbrauchs. Ausgehend von dem Jahr 2000 bis zum Jahr 2030 werden in allen Szenarien nur geringe Änderungen der Potenziale beschrieben. Je nach Szenario kommt es zu einer Zunahme oder sogar zu einer leichten Abnahme des Potenzials. Eine Zunahme des technischen Potenzials wird bei fast allen Szenarien im Bereich des Restholzaufkommens, des getrennt gesammelten organischen Hausmüllanteils, des Landschaftspflegematerials und des Klärschlamm-aufkommens angenommen. Die Zunahme hinsichtlich des organischen Hausmülls begründet sich in der Annahme, dass eine Vergärung aus Klimaschutzsicht als sinnvoller erachtet wird als eine Kompostierung und dadurch die Vergärung des organischen Hausmülls vorgezogen wird (vgl. FRITSCHKE et al. 2004; NITSCH et al. 2004; THRÄN et al. 2005).

Abbildung 2-10

### Übersicht über Reststoffpotenziale in den Potenzialstudien



\* Keine Aufteilung in Szenarien bei der IE-Leipzig- und EEA-Studie.

\*\* Keine Angaben für 2000 bei der EEA-Studie.

Quelle: FRITSCHKE et al. 2004; NITSCH et al. 2004; THRÄN et al. 2005; EEA 2006

**13.** In Abbildung 2-11 sind die Reststoffpotenziale aufgeschlüsselt nach den einzelnen Fraktionen für das Jahr 2000 dargestellt (ausgenommen des Potenzials der EEA-Studie (2006), da keine Aufschlüsselung vorlag). Den größten Anteil an den Reststoffpotenzialen haben demnach die holzartigen Reststoffe. Diese machen mindestens die Hälfte aus, im Basis- und CP-Szenario sogar über 60 %. Bezogen auf die Masse zeigen die Bilanzierungen der Reststoffe nach KNAPPE et al. (2007) allerdings ein größeres Potenzial hinsichtlich der landwirtschaftlichen Reststoffe. Das höhere energetische Potenzial der holzartigen Reststoffe begründet sich dabei auf den im Gegensatz zu landwirtschaftlichen Reststoffen höheren Brennwert, sodass die Daten als übereinstimmend zu bewerten sind.

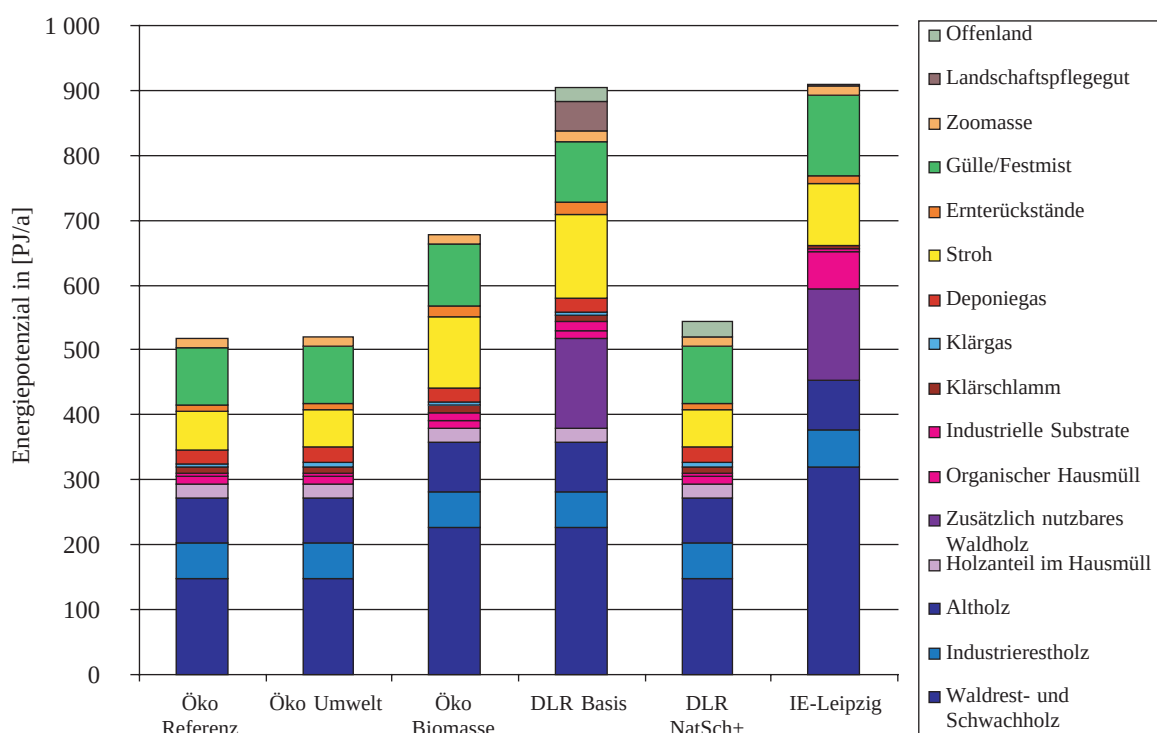
Die größten Unterschiede zwischen den Studien sind beim angenommenen Holzpotenzial zu finden. So wird im CP- (IE-Leipzig) und Basis-Szenario (DLR) im Gegensatz zu den anderen Szenarien ein Mobilisierungsgrad des Waldrestholzes von 100 % angenommen sowie zusätzlich nutzbares Waldholz, da bei diesen Szenarien die stoffliche Nutzung nicht ausschließlich bevorzugt betrachtet wurde. Die Annahme eines 100 %igen Mobilisierungsgrades erscheint allerdings sehr fraglich, sodass

diese hohen Werte kritisch zu betrachten sind. Ein weiterer größerer Unterschied zwischen den Szenarien besteht hinsichtlich des angenommenen Strohpotenzials. Beim CP-Szenario der Studie des IE-Leipzig wurde auch hier angenommen, dass 100 % des Strohs energetisch nutzbar gemacht werden können, was aus Bodenschutzgründen sehr fraglich erscheint. Der hohe Anstieg vom Jahr 2000 zum Jahr 2010 des Naturschutz-Plus-Szenarios (DLR) wird durch Landschaftspflegematerial verursacht, für das eine energetische Nutzung erst für 2010 angenommen wird. Wie in Abbildung 2-11 zu erkennen ist, ist der Unterschied von den Szenarien Referenz und Umwelt zum Naturschutz-Plus-Szenario auch in der Nutzung von Landschaftspflegegut bzw. Offenland begründet.

Durch eine nicht hinreichende Verdeutlichung der angenommenen Rahmenbedingungen in den Studien ist es aber kaum möglich die Ergebnisse eingehender zu diskutieren. Insgesamt erscheinen die Potenziale der Szenarien Referenz (Öko-Institut), Umwelt (Öko-Institut) und Naturschutz-Plus (DLR) sowie der EEA-Studie am realistischsten, da hier natur- und umweltschutzrechtliche Grundlagen berücksichtigt werden und somit das ökologische Potenzial für biogene Reststoffe aufgezeigt wird.

Abbildung 2-11

**Übersicht über Reststoffpotenziale in den Potenzialstudien für das Jahr 2000  
aufgeschlüsselt in die einzelnen Reststofffraktionen\***



\* Keine Aufschlüsselung für die Daten der EEA-Studie.

Quelle: FRITSCHKE et al. 2004; NITSCH et al. 2004; THRÄN et al. 2005; EEA 2006

### 2.3.2 Nachwachsende Rohstoffe

**14.** Die Schlüsselgrößen für die Potenziale der nachwachsenden Rohstoffe sind die zur Verfügung stehende Anbaufläche sowie die Erträge von Energiepflanzen pro Fläche. Die Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland umfasst circa 35,7 Mio. ha Landfläche. Davon wurden 11,9 Mio. ha (33,3 %) im Jahr 2005 als Ackerland genutzt. Für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen wurden 1,6 Mio. ha im Jahr 2006 (ca. 13 % der Ackerfläche) genutzt. Die Ölfrucht Raps, die hauptsächlich für die Herstellung von Biodiesel genutzt wird, hat mit circa 1,1 Mio. ha die größte Anbaufläche eingenommen. Weit dahinter liegen mit unter 0,3 Mio. ha Anbaufläche Energiepflanzen wie Mais, Getreide oder Gräser. Die weiteren Flächen (ca. 0,2 Mio. ha) wurden für den Anbau von Pflanzen für die stoffliche Verwertung genutzt (FNR 2006b).

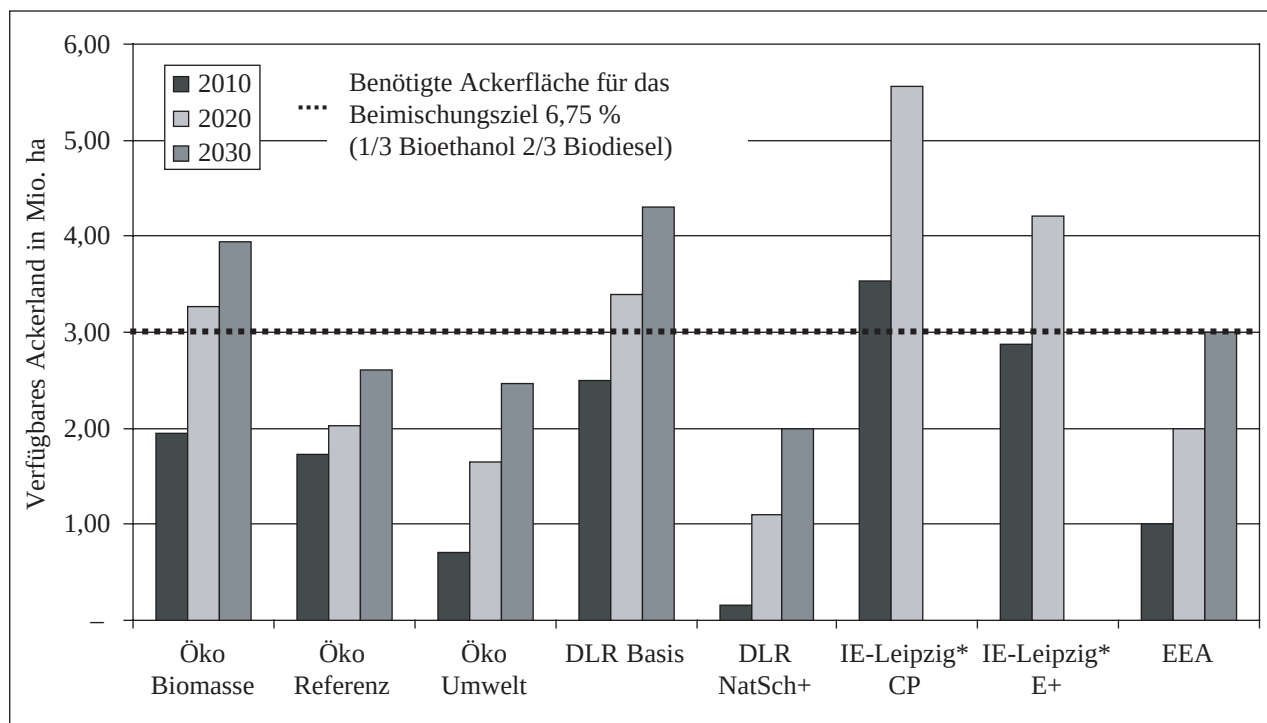
Für die Berechnung eines energetischen Potenzials für nachwachsende Rohstoffe muss dementsprechend zuerst das verfügbare Flächenpotenzial ermittelt werden. In ei-

nem weiteren Schritt müssen Annahmen zu den angebauten Pflanzenarten und deren Erträge pro Fläche sowie den verwendeten Umwandlungstechnologien gemacht werden, um das Energiepotenzial zu ermitteln.

**15.** Abbildung 2-12 zeigt die Flächenpotenziale für nachwachsende Rohstoffe, die in den verschiedenen Studien und deren Szenarien für die Jahre 2010, 2020 und 2030 ermittelt wurden (vgl. Tz. 9). In allen Studien bzw. Szenarien wird eine Zunahme der möglichen Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe prognostiziert, allerdings weisen die Studien dabei untereinander, aber auch innerhalb der Szenarien erhebliche Unterschiede auf. Die Studie des IE-Leipzig kommt für 2020 auf die höchsten Flächenpotenziale mit 4,2 Mio. ha Ackerland plus 1 Mio. ha Grünlandfläche für das Environment+-Szenario und 5,6 Mio. ha Ackerland plus 1,8 Mio. ha Grünlandfläche für das CP-Szenario. Das Flächenpotenzial des CP-Szenarios entspricht dabei mit insgesamt 7,3 Mio. ha 43 % der derzeitigen landwirtschaftlichen Fläche und erscheint damit sehr hoch.

Abbildung 2-12

#### Übersicht über die Anbauflächenpotenziale in Deutschland für nachwachsende Rohstoffe verschiedener Studien von 2010 bis 2030 (ohne Grünland)



\* IE-Leipzig-Studie: keine Angaben für 2030

Quelle: FRITSCHKE et al. 2004; NITSCH et al. 2004; THRÄN et al. 2005; EEA 2006

Die großen Differenzen resultieren unter anderem aus den unterschiedlichen Annahmen zur Produktivitätsentwicklung, zum Selbstversorgungsgrad für Nahrungsmittel, zur Bevölkerungsentwicklung, zur Beachtung von Naturschutzbelangen, zum Anteil von Brachflächen und ökologischer Landwirtschaft sowie des Flächenverbrauchs. Die nachfolgenden Beispiele verdeutlichen dies. So resultieren die hohen Potenzialabschätzungen des IE-Leipzig auch daraus, dass keine Schutzflächen berücksichtigt wurden. Das IE-Leipzig geht von einer landwirtschaftlichen Fläche von 17,02 Mio. ha aus, während in den anderen beiden Studien von 15,78 Mio. ha ausgegangen wird. Des Weiteren legt das IE-Leipzig, aber auch das DLR, im Basis-Szenario einen Selbstversorgungsgrad bei der Milch und Fleischproduktion von 100 % fest, während die anderen Szenarien von einem 102 %igen Selbstversorgungsgrad ausgehen. Beide Studien nehmen eine substanzielle Verringerung der Selbstversorgungsgrade an, der beispielsweise zurzeit für Rindfleisch noch bei 124 % liegt (BMELV 2007). Diese Verringerung soll die Liberalisierung des Marktes abbilden. Durch einen dadurch bewirkten Preisverfall kommt es zu zusätzlicher Freisetzung von Ackerland aus der Nahrungsmittelproduktion. Hinsichtlich frei werdenden Grünlandes ergibt sich die Problematik des Grünlandumbruchs, der allerdings nur vom IE-Leipzig im CP-Szenario aufgegriffen wird. Auch die EEA (2006) geht von einer Liberalisierung des Marktes für tierische Produkte bis 2025 aus. In allen anderen Studien wird eine konstante Produktionssteigerung in der Pflanzenproduktion entsprechend der Entwicklungen der letzten Jahre angenommen.

Eine weitere Begründung für die Unterschiede der Anbauflächenpotenziale sind die in den Szenarien unterschiedlich berücksichtigten Naturschutzbelange. Wie oben schon erwähnt, wurden in den Szenarien Biomasse (Öko-Institut), Basis (DLR) und CP (IE-Leipzig) die Naturschutzbelange nicht so einbezogen wie in den naturschutzbezogenen Szenarien Umwelt, Naturschutz-Plus und Environment+ und der EEA-Studie (s. a. Tab. 2-4). In den letztgenannten Szenarien wurden die Naturschutzbelange zudem unterschiedlich eingebracht. Bei den Biomasse- (Öko-Institut), Basis- (DLR), und CP-Szenarien (IE-Leipzig) werden beispielsweise die NATURA 2000-Schutzgebiete, die derzeit 13,5 % der Landfläche von Deutschland einnehmen, wobei 21,4 % einer landwirtschaftlichen Nutzung und 17,8 % einer Grünlandnutzung unterliegen (BfN 2006; RATHS et al. 2006), je nach Studie gar nicht bzw. nicht vollständig einkalkuliert. Auch die gesetzliche Vorgabe von 10 % Biotopverbundfläche bezogen auf die Gesamtfläche von Deutschland (§ 3 BNatSchG) wird je nach Studie unterschiedlich einbezogen. FRITSCHKE et al. (2004, Öko-Institut) gehen davon aus, dass zusätzlich zu den schon bestehenden Biotopflächen je 7 % der Acker- und Grünlandfläche noch für Biotopverbundflächen unter Naturschutz gestellt werden müssen, um die gesetzlichen Vorgaben zu erfüllen. Als Datengrundlage für diese Annahmen beziehen sie sich auf ein Kurzgutachten von KÖPPEL et al. (2004), das im Rahmen des Projektes erstellt wurde. Dabei gibt es zwischen den Szenarien Referenz und Umwelt einen zeitlichen Unterschied, ab wann diese 7 % vollständig erreicht werden müssen. Im Referenz-Szenario wird diese

Vorgabe erst im Jahr 2020, im Umwelt-Szenario schon im Jahr 2010 vollständig erfüllt. Im Jahr 2030 unterscheiden sich das Referenz- und das Umwelt-Szenario nur wenig gemäß der variierenden Flächenanteile des ökologischen Landbaus. NITSCH et al. (2004, DLR) reduzieren den zusätzlichen Anteil von Biotopverbundflächen auf 6 %, beziehen diesen aber nicht nur auf Ackerland, sondern auch auf Grünland und Waldflächen. Entsprechende Daten werden ebenfalls aus KÖPPEL et al. (2004) entnommen. Diese zusätzlichen Naturschutzflächen werden aber nur im Naturschutz-Plus-Szenario, nicht im Basis-Szenario berücksichtigt. THRÄN et al. (2005, IE-Leipzig) integrieren Naturschutzflächen ausschließlich im Environment+-Szenario. Für den Anteil an der Ackerfläche werden dabei 2,5 % im Jahr 2010 und 5 % im Jahr 2020 angesetzt. „Dass bis zu 10 % der Ackerfläche bis 2010 für Naturschutz und Umstellung auf extensivere Bewirtschaftung in Anspruch genommen werden“, wird als eine „über die Realität hinausgehende Annahme“ bezeichnet (THRÄN et al. 2005, S. 105). Die EEA-Studie geht davon aus, dass 3 % des intensiv genutzten Ackerlandes bis 2030 für Naturschutz zur Verfügung stehen werden. Dabei ist aber zu beachten, dass diese Studie, wie auch die IE-Leipzig-Studie, auf die 15 bzw. 22 Staaten der EU bezogen ist. Während die Datengrundlage (KÖPPEL et al. 2004) des Umwelt- und Naturschutz-Plus-Szenarios zur Berücksichtigung der derzeitigen natur- und umweltrechtlichen Regelungen als ausreichend betrachtet werden kann, erscheint dies bei den biomassebezogenen Szenarien, aber auch bei dem Environment+-Szenario fraglich. Für die Verhältnisse in Deutschland sind auch die Annahmen bezüglich Naturschutzflächen der EEA-Studie als gering anzusehen. Eine individuellere Betrachtung der einzelnen Mitgliedstaaten der EU wäre bei der EEA- wie auch bei der IE-Leipzig-Studie wünschenswert gewesen.

Welche Kulturpflanzen zu welchem Anteil mit dem Flächenpotenzial genutzt werden, ist ein weiterer Naturschutzaspekt, der zwar nicht das Flächenpotenzial wohl aber das Ertragspotenzial der Fläche betrifft. Dieser Aspekt wird allerdings hinsichtlich des Naturschutzes und der Umweltgüter Wasser und Boden nur in der EEA-Studie betrachtet.

Generell sind die Randbedingungen, wie oben schon erwähnt, in den Studien nicht hinreichend genug verdeutlicht, sodass die Ergebnisse untereinander schwer zu vergleichen sind und eine ausführliche Diskussion der Potenzialunterschiede kaum möglich ist. Deutlich wird aber, dass die Szenarien Biomasse (Öko-Institut), Basis (DLR) und CP (IE-Leipzig) nach dem heutigen natur- und umweltrechtlichen Rahmen nicht realistisch erscheinen, sodass diese Ergebnisse nicht als Datengrundlage für politische Entscheidungen dienen sollten. Die anderen Szenarien berücksichtigen diesen Rahmen zumindest teilweise, dennoch werden die Naturschutzbelange in keinem der Szenarien ausreichend berücksichtigt. So werden weiterführende naturschutzfachliche Forderungen in keinem Szenario abgebildet, wie zum Beispiel die Empfehlung des SRU, 5 % der Waldfläche Deutschlands als Totalreservate auszuweisen und mittelfristig bis zu 15 % der Gesamtfläche Deutschlands für Naturschutzziele bereitzustellen (SRU 2002, S. 41).

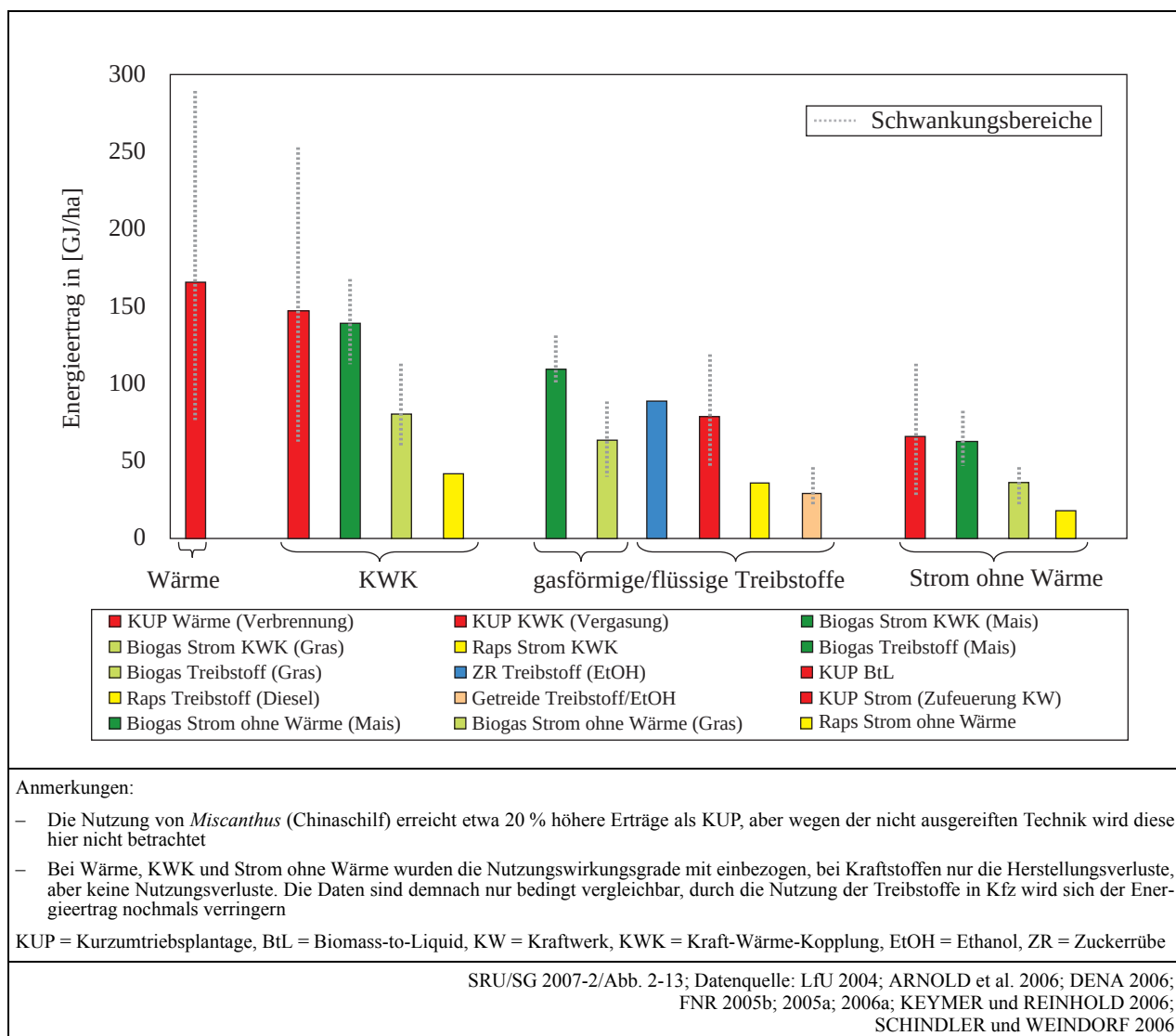
16. Um aus dem Flächenpotenzial ein Energiepotenzial abzuleiten, müssen Annahmen zu genutzten Pflanzenarten auch hinsichtlich einer einzuhaltenden Fruchtfolge sowie zur möglichen Produktionssteigerung und den verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten mit den unterschiedlichen Techniken gemacht werden. Da diese Annahmen innerhalb der verschiedenen Studien stark variieren und nicht hinreichend erläutert sind, werden hier die in der jeweiligen Studie beschriebenen energetischen Potenziale zu nachwachsenden Rohstoffen nicht dargestellt. Vielmehr sollen mithilfe der Übersicht in Abbildung 2-13 über mögliche Energieerträge von nachwachsenden Rohstoffen pro Hektar die Unterschiede zwischen verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten sowie eine Abschätzung zu Energiepotenzialen der verschiedenen Nutzungspfade dargestellt werden (Abb. 2-14). Die Übersicht in Abbildung 2-13 zeigt deutlich, dass die Nutzung von Festbrennstoffen wie Kurzumtriebsplantagenholz zur Wärme-

bzw. Kraft-Wärme-Nutzung sowie auch die Kraft-Wärme-Nutzung von Biogas und Pflanzenöl wesentlich höhere Energieerträge pro Hektar ergeben als die Nutzung von Energiepflanzen zur Herstellung von Kraftstoffen sowie zur alleinigen Stromnutzung. Bezüglich der Kraftstoffe ergeben sich bei der Nutzung von Biogas noch höhere Energieerträge als bei der Nutzung von flüssigen Biokraftstoffen wie Ethanol, BtL oder Biodiesel. Bei einer Ganzpflanzennutzung durch einen enzymatischen Aufschluss der Lignocellulose bei der Vergärung zu Bioethanol können die Energieerträge von Bioethanol noch gesteigert werden. Doch befindet sich diese Nutzungsmöglichkeit noch im Entwicklungsstadium.

Hinsichtlich des hier diskutierten energetischen Potenzials aus nachwachsenden Rohstoffen wird klar, dass die Kraft-Wärme-Nutzung generell zu höheren Energiepotenzialen führt als die Kraftstoffnutzung. Dies wird

Abbildung 2-13

**Übersicht über derzeitige Energieerträge (netto) von nachwachsenden Rohstoffen bei verschiedenen Nutzungspfaden in GJ/ha**



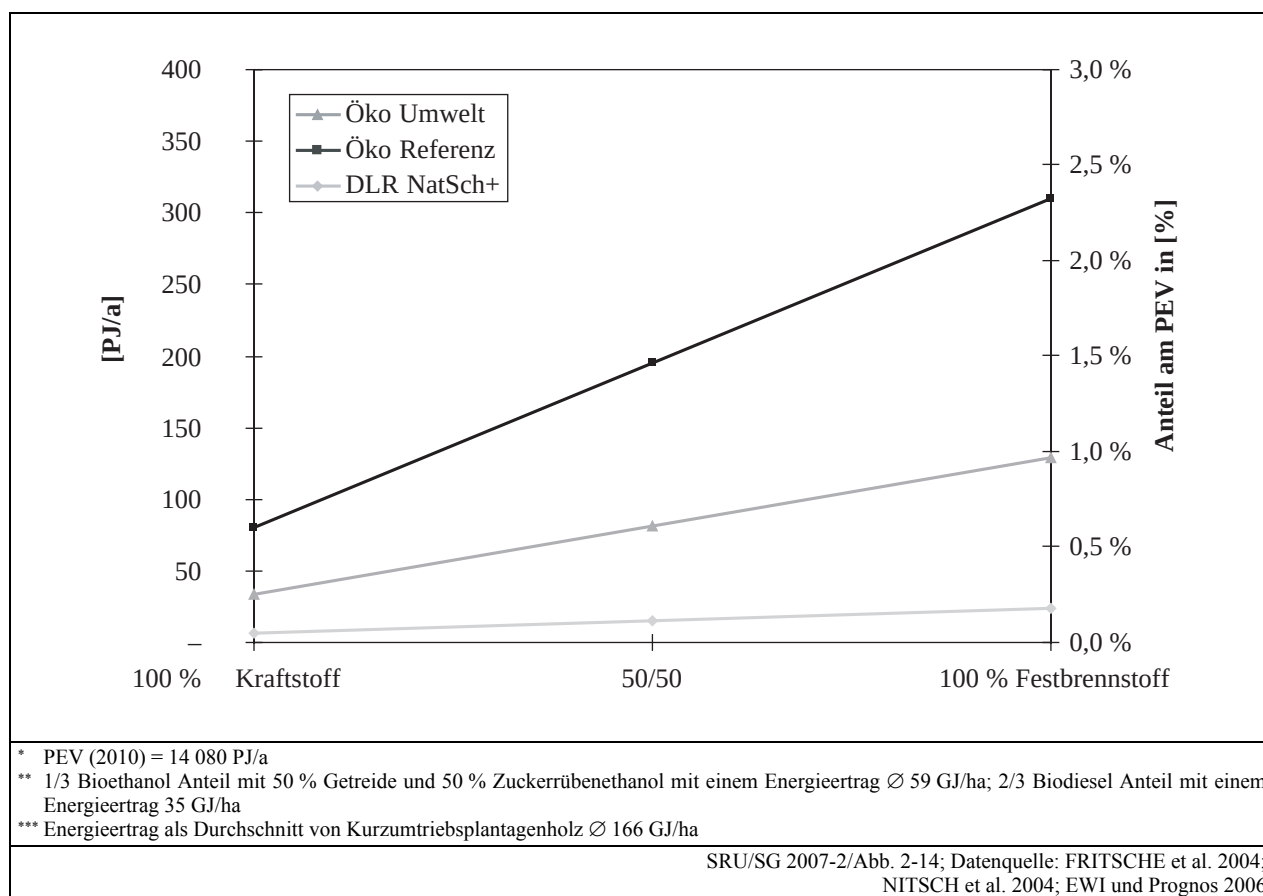
auch anhand der Abbildung 2-14 verdeutlicht. In dieser Abbildung sind die möglichen Energieerträge der verschiedenen Flächenpotenziale der Szenarien Umwelt und Referenz der Öko-Studie und des Naturschutz-Plus-Szenarios der DLR-Studie, bei ausschließlicher Kraftstoffnutzung, ausschließlicher Feststoffverbrennung und bei jeweils 50 %iger Kraftstoffnutzung wie Feststoffverbrennung für das Jahr 2010 gezeigt. Wie zu erwarten, ist das Energiepotenzial bei ausschließlicher Kraftstoffnutzung am Geringsten. Für diese Abschätzung wurden allerdings nur Bioethanol und Biodiesel betrachtet, da nur diese Kraftstoffe der 1. Generation kurzfristig zur Verfügung stehen werden. Aber selbst mit dem Einsatz von BtL-Kraftstoffen (Kraftstoffe der 2. Generation) werden nur 20 bis 25 % höhere Energiehektarerträge erwartet. Dieser höhere Ertrag resultiert daher, dass im Gegensatz zu den bisherigen Biokraftstoffen die gesamte Pflanze genutzt werden kann. Somit werden auch mit der 2. Generation signifikante Unterschiede der Energiepotenziale zwischen Kraft-Wärme-Nutzung und Kraftstoffen existieren (DENA 2006). Doch wird derzeit mit einer großtechnischen Produktion dieser synthetischen Kraftstoffe nicht vor 2010 zu rechnen sein (SCHÜTTE 2006). Der genaue Zeitpunkt eines großtechnischen Einsatzes ist

schwer festzulegen, konservative Prognosen gehen von einem Einsatz ab 2020 aus (REINHARDT et al. 2006). Durch die Unsicherheit, ab wann diese Technik einsatzfähig sein wird, sollte sie für einen Betrachtungszeitraum bis 2010 nicht und bis 2020 nur mit realistisch zu erwartenden Anteilen berücksichtigt werden.

Zusätzlich zum Energiepotenzial ist in Abbildung 2-14 auch dessen prozentualer Anteil am Primärenergieverbrauch in Deutschland dargestellt. Dieser reicht bis 2010 von 0,05 bis 2,3 %, je nach Szenario und Nutzungspfad. Bis zum Jahr 2030 kann sich dieses Potenzial bezogen auf das Szenario Referenz der Öko-Institut-Studie auf knapp 5 % erhöhen. Zusammen mit dem Reststoffpotenzial können in 2030 also maximal 10 % des Primärenergiebedarfs bereitgestellt werden (bezogen auf einen PEV von circa 12 000 PJ/a nach EWI und Prognos 2006), so dass die Ausbauziele, wie sie in NITSCH (2007) und BMU (2007c) beschrieben werden (17 % Biokraftstoffanteil, 27 % Anteil erneuerbare Energien an der Stromerzeugung und 14 % Anteil erneuerbare Energien an der Wärmebereitstellung bis 2020), doch sehr ambitioniert erscheinen und nicht mit Biomasse nationaler Herkunft erreicht werden können.

Abbildung 2-14

**Energiepotenziale in PJ/a sowie Anteil am Primärenergieverbrauch\* der Szenarien Umwelt und Referenz der Öko-Institut-Studie sowie des Naturschutz-Plus-Szenarios der DLR-Studie bei einer Nutzung der Fläche für 100 % Kraftstoffe\*\*, 100 % Festbrennstoffe\*\*\* und für 50 % Kraftstoffe\*\* bzw. Festbrennstoffe\*\*\* für das Jahr 2010**





Betrachtet man nun die politische Zielvorgabe des Kraftstoffquotengesetzes, das ab 2010 einen Anteil von alternativen Kraftstoffen von 6,75 % am gesamten Kraftstoffverbrauch in Deutschland fordert, wird bei einem Anteil an der Quote von einem Drittel Bioethanol und zwei Drittel Biodiesel eine Fläche von knapp 3 Mio. ha für den Anbau entsprechend nutzbarer nachwachsender Rohstoffe benötigt. In Abbildung 2-12 ist dieser Flächenanspruch markiert. Es wird deutlich, dass nach den Ergebnissen der hier als akzeptabel beschriebenen Szenarien (Umwelt und Referenz der Öko-Institut-Studie, Naturschutz-Plus der DLR-Studie und EEA-Studie) dieses Ziel mit nationaler Rohstoffproduktion nicht erreichbar ist. Außerdem ist zu beachten, dass bei dieser Flächenabschätzung für Biokraftstoffe keine anderen energetischen Nutzungen der nachwachsenden Rohstoffe betrachtet werden.

Auch REINHARDT und GÄRTNER (2005) kommen zu dem Schluss, dass bei Berücksichtigung anderer flächenbeanspruchender Nutzungen (wie Nachhaltigkeitskriterien hinsichtlich Erosionsschutz, § 3 BNatSchG und Ökolandbau, Versiegelung und Kompensationsflächen) bei einem Selbstversorgungsgrad von 100 % für Nahrungsmittel nicht genügend nationale Fläche für die Bereitstellung von Biokraftstoffen zur Verfügung stehen wird – abgesehen von dem benötigten Flächenanspruch anderer Bioenergieformen.

Diese Ausführungen zeigen, dass das Erreichen der Ziele bezüglich des Einsatzes von Biomasse nur mit einem erheblichen Importaufwand von Biomasse bzw. Bioenergieträgern möglich ist, es sei denn der Selbstversorgungsgrad für Nahrungsmittel würde sich verringern, wobei damit höhere Importe von Nahrungsmitteln notwendig wären. Im Hinblick auf den europäischen Zielhorizont für 2020 von 10 % Biokraftstoffanteil und den nationalen politisch festgesetzten Zielhorizont von 17 % Biokraftstoffanteil bis 2020 (BMU 2007c) wird sich der Importaufwand voraussichtlich vergrößern, auch bei einer Ertragssteigerung in der Pflanzenproduktion und den bis dahin vielleicht großtechnisch einsetzbaren Biokraftstoffen der 2. Generation wie BtL und Ethanol aus Lignocellulose. Durch die ambitionierten politischen Ziele für eine Biokraftstoffnutzung werden also Importe von Biomasse bzw. Bioenergieträgern forciert, wobei die damit verbundenen Folgen noch nicht berücksichtigt werden (vgl. Kap. 3 und 4).

Biomasse kann auch aus anderen europäischen Ländern importiert werden. Vor allem für Osteuropa wird ein verstärkter Anbau von Biomasse erwartet. Nach DAM et al. (2007) können in 2030 bis zu 10 % des europäischen Energiebedarfs (ca. 108 EJ) über Biomasse aus mittel- und osteuropäischen Staaten gedeckt werden. Voraussetzung dafür ist eine Anpassung der Landwirtschaft an westeuropäische Standards und die Nutzung von „High input“ Anbauverfahren. Werden dagegen 20 bis 30 % ökologischer Landbau und andere weniger intensive Anbauverfahren betrachtet, liegt das Potenzial nur noch bei etwa 5 % des europäischen Energiebedarfs (DAM et al.

2007). Des Weiteren wurde der Trend von abnehmenden Sommerniederschlägen, der aufgrund des Klimawandels für Ost-europa prognostiziert wird, nicht mit einbezogen (IPCC 2007). Wie die weniger intensiven Anbauverfahren kann auch dieser Trend zu einer Abnahme des Potenzials führen. Für das Erreichen der europäischen Ausbauziele für Bioenergie bis 2020 werden somit Importe aus nicht europäischen Staaten notwendig sein.

## 2.4 Zusammenfassung

**17.** Biomasse fällt in Form von biogenen Reststoffen an und wird durch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen durch die Land- und Forstwirtschaft produziert. Diese Biomasse kann in vielfältiger Weise stofflich und energetisch genutzt werden. Die energetische Nutzung erfolgt in Form von Strom, Wärme und Kraftstoffen. Stofflich lässt sich mit Biomasse annähernd das fossile Rohstoffspektrum ersetzen, da zahlreiche Grundstoffe und chemische Produkte für verschiedene Industriezweige produziert werden können (z. B. Kosmetika, Seifen, Farben, Hydrauliköle, Wachse, Kunststoffe, Textilien, Bauholz). Aufgrund der hohen politischen Relevanz wird innerhalb des Sondergutachtens der Schwerpunkt jedoch auf die energetische Nutzung von Biomasse gelegt. Es darf aber nicht vergessen werden, dass die energetischen Nutzung in Konkurrenz mit der stofflichen Nutzung steht und dass durch eine starke Förderung der energetischen Nutzung diese Konkurrenz verschärft wird.

In Deutschland beträgt der jährliche Primärenergiebedarf rund 14 000 PJ/a. Der Endenergieverbrauch hingegen liegt bei circa 9 200 PJ/a. Die Umwandlungsverluste liegen damit bei 36 %. Ein geringerer Primärenergieverbrauch und eine Verringerung der Verluste bei der Umwandlung in Endenergie bieten demnach ein großes Einsparpotenzial. Durch erneuerbare Energien werden derzeit 5,3 % des Primärenergiebedarfs bzw. 7,4 % des Endenergieverbrauchs gedeckt. Prognosen gehen davon aus, dass der Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergiebedarf bis zum Jahr 2030 je nach Szenario auf 11 bis 25 % steigen kann. Innerhalb der erneuerbaren Energien beträgt der derzeitige Anteil von Biomasse rund 70 %. Auch in Zukunft soll dieser relative Beitrag der Biomasse beibehalten werden, sodass eine Deckung von 8 bis 18 % des Primärenergiebedarfs durch Biomasse angestrebt wird.

Das verfügbare Biomasseangebot ist an zahlreiche Rahmenbedingungen gekoppelt. Das technische Potenzial an Reststoffen aus Forst- und Holzwirtschaft, Landwirtschaft, Tierkörperbeseitigung, Lebensmittelindustrie sowie Abwasser- und Abfallwirtschaft liegt bei rund 70 Mio. Mg jährlich, wobei ein Großteil davon derzeit noch nicht energetisch genutzt wird. Unter ökologischen wie auch wirtschaftlichen Gesichtspunkten wird das Reststoffpotenzial nicht vollständig nutzbar sein (z. B. bei Stroh und Waldrestholz). Nach bisherigen Studien scheinen 4 bis 5 % des derzeitigen Primärenergieverbrauchs bis zum Jahr 2030 aus Reststoffen zur Verfügung zu stehen. Vor einem Ausbau des Biomasseanbaus sollte dieses Poten-

zial vollständig genutzt werden, wobei zu beachten ist, dass der Verwertung von Reststoffen aus Land- und Forstwirtschaft (Stroh und Waldrestholz) ökologische Grenzen zu setzen sind.

Das Angebot an nachwachsenden Rohstoffen ist ebenfalls in zahlreichen Studien untersucht worden. Die dort dargestellten Szenarien unterscheiden sich sehr stark. Entscheidende Größen für solche Szenarien sind die zur Verfügung stehende Fläche und die Energieerträge pro Fläche. Realistische Schätzungen gehen davon aus, dass eine Steigerung von derzeit 1,6 Mio. ha landwirtschaftliche Fläche auf rund 3 bis 4 Mio. ha bis zum Jahr 2030 möglich ist. Diese Steigerung hängt ganz maßgeblich davon ab, wie viel Fläche für die Nahrungsmittelproduktion benötigt wird und welche Standards zum Schutz von Boden, Gewässern und Biodiversität festgelegt werden. Auch die Struktur der angebauten Kulturen hat durch unterschiedlich hohe Erträge und potenzielle Ertragssteigerungen eine große Auswirkung auf das Potenzial von nachwachsenden Rohstoffen. Verschiedene Anbaupflanzen und Verwertungspfade führen zu unterschiedlichen Energiepotenzialen beim Anbau von nachwachsenden Rohstoffen. Durch eine Nutzung im stationären Bereich über Kraft-Wärme-Kopplung können dabei wesentlich höhere Energiepotenziale erreicht werden als bei Nutzung der gleichen Fläche zur Herstellung von Biokraftstoffen. So können bis 2010 je nach Verwendungspfad 0,05 bis 2,3 % des Primärenergiebedarfs über nachwachsende Rohstoffe

gedeckt werden. Bis 2030 scheint ein Ausbau auf bis zu 5 % des Primärenergiebedarfs denkbar. Mit dem Reststoffpotenzial zusammen ergibt sich damit ein Deckungsbeitrag zum Primärenergieverbrauch durch Bioenergie von maximal 10 % bis 2030. Der angestrebte Ausbau auf bis zu 18 % Anteil am Primärenergiebedarf (s. Tz. 6) sowie die aktuelle politische Zielsetzung von 17 % Biokraftstoffanteil bis 2020 erscheint damit nicht mit Biomasse nationaler Herkunft möglich. Bereits zur Erfüllung der derzeitigen Biokraftstoffquote von 6,75 % bis zum Jahr 2010 ist beim Zugrundelegen einer derzeitigen Nutzung von Biokraftstoffen der 1. Generation das gesamte theoretisch zur Verfügung stehende Flächenpotenzial erforderlich.

Aus diesen Darstellungen ergibt sich, dass ambitionierte Ziele für die Bereitstellung von Strom, Wärme und Kraftstoffen aus biogenen Roh- und Reststoffen nicht mit Biomasse nationaler Herkunft erreichbar sind. Weitere Ausbauziele, wie sie von der EU beispielsweise für den Kraftstoffsektor geplant werden (10 % Beimischung bis 2020), werden diesen Importdruck weiter erhöhen, auch bei Ertragsteigerungen in der Pflanzenproduktion oder durch effizientere Techniken. Die ambitionierten Bioenergieausbauziele forcieren demnach den Import von Biomasse bzw. Bioenergieträgern ohne aber gleichzeitig mögliche negative Folgen dieser Importe zu berücksichtigen.



### 3 Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft

**18.** Die folgenden Ausführungen geben einen kurzen Überblick über den Stand des derzeitigen Wissens zu den Auswirkungen des Anbaus und der Nutzung nachwachsender Rohstoffe auf Umwelt und Gesellschaft. Dabei werden der Anbau, die Gewinnung und die energetische Nutzung der Biomasse sowohl in einem nationalen als auch einem internationalen Bezugsrahmen berücksichtigt.

#### 3.1 Ökologische Auswirkungen

##### 3.1.1 Zur Ökobilanzierung von Bioenergie

**19.** Die für fundierte Prognosen der Umweltauswirkungen notwendige umfassende Betrachtung der Ökobilanz (Lebenszyklusanalyse, engl. Life-Cycle-Assessment (LCA)) der Biomasse ist bisher noch nicht zufrieden stellend geleistet. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Ökobilanzierungen zum Teil sehr komplex sind (REINHARDT et al. 2006) und die Forschung mit den Entwicklungen in der Praxis nicht mehr Schritt hält (vgl. HERRMANN und TAUBE 2006; RODE et al. 2005).

Eine Ökobilanz ist das Protokoll von Umweltauswirkungen eines Produktes, eines Herstellungs- oder anderer Verfahrensprozesse, einer Dienstleistung oder eines Produktionsstandortes. Meistens werden vergleichende Ökobilanzen erstellt, um Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen mit demselben Zweck oder derselben Funktion hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen zu vergleichen. Das methodische Vorgehen bei einer Ökobilanz (LCA) erfolgt gemäß der international gültigen Normen DIN EN ISO 14040 und DIN EN ISO 14044 (vgl. auch UBA 2000).

Im Hinblick auf die Nutzung von Biomasse steht vor allem der dadurch zu erzielende Klimaschutzeffekt im Vordergrund. Um die verschiedenen Nutzungspfade Wärme, Strom und Mobilität sowie die unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten innerhalb der Pfade hinsichtlich des jeweiligen Klimaschutzeffekts vergleichen zu können, müssen vergleichbare Ökobilanzen vorliegen. Eine Voraussetzung für diese Ökobilanzen ist, dass der gesamte Lebensweg vom Anbau der nachwachsenden Rohstoffe bis zur energetischen Nutzung betrachtet wird. Auch Koppelprodukte spielen eine entscheidende Rolle.

Bei den bisher durchgeführten Ökobilanzen ist die Vergleichbarkeit aufgrund der Wahl unterschiedlicher Bilanzrahmen (Systemgrenzen) nicht gegeben. In vielen Untersuchungen werden in Bezug auf den Treibhauseffekt vor allem Emissionen vernachlässigt, die durch den Anbau von Biomasse verursacht werden. Dabei ist die Landwirtschaft in Bezug auf Europa der größte Emittent von Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) und Methan ( $\text{CH}_4$ ). In Deutschland war sie mit rund 13 % der gesamten Treibhausgas-Emissi-

sionen (Treibhausgas – THG) beteiligt (BMELV 2006b). Tabelle 3-1 zeigt die betrachteten Parameter von drei beispielhaft ausgewählten Studien. Eine abschließende Beurteilung des Klimaschutspotenzials ist aber nur möglich, wenn auch die Produktionsprozesse in die LCA mit einbezogen werden (vgl. Tz. 20, 35).

Die Darstellung der drei beispielhaft ausgewählten und in Tabelle 3-1 dargestellten Studien verdeutlicht die unterschiedlich gesetzten Bilanzrahmen, das heißt die Grenzziehung, welche Prozesse dem erzeugten Produkt (hier Biomasse) jeweils zugerechnet werden. Aufgrund dieser unterschiedlichen Rahmenseetzungen und der unterschiedlichen Datenbasis bei verschiedenen Untersuchungen zu den ökologischen Auswirkungen von Biomassenutzungen ist es schwierig, eine eindeutige Bewertung vorzunehmen, sodass zum Beispiel eine abschließende THG-Bilanz und die Beurteilung des Klimaschutspotenzials durch den Einsatz von Biomasse derzeit nicht möglich sind. Aus diesem Grund ist es zwingend notwendig, dass in den Lebenszyklusanalysen sämtliche Produktionsprozesse und die dabei entstehenden Emissionen mit einbezogen werden („from well to wheel“ bzw. „from the cradle to the grave“).

Ein Beispiel für bestehende, wesentliche Unsicherheiten bei der Erfassung aller klimawirksamen Prozesse ist die Erzeugung von Biodiesel aus Raps. Aktuelle Forschungsergebnisse deuten darauf hin, dass die von Raps verursachten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen den THG-Einspareffekt gegenüber fossilen Brennstoffen in großen Teilen kompensieren (FEEHAN und PETERSEN 2004) oder sogar zu zusätzlichen THG-Emissionen führen können. Solange die Bilanzierung nicht mit größerer Sicherheit erfolgen kann, ist der tatsächliche Klimaschutzbeitrag einiger Biomassepfade infrage gestellt.

##### 3.1.2 Gewinnung von Biomasse

###### Einschätzung der Gesamtwirkung

**20.** Die Gewinnung biogener Roh- und Reststoffe ist nicht per se nachhaltig. Bei der Entnahme von biogenen Reststoffen wie Stroh und Waldrestholz müssen für eine nachhaltige Bewirtschaftung Nährstoffkreisläufe berücksichtigt werden. Die Verwertung anderer Reststoffe, die aus der Abfallwirtschaft kommen, ist unproblematisch hinsichtlich der Gewinnung. Eine Veränderung der Landnutzung im Zuge einer Ausweitung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen hat dagegen komplexe Auswirkungen auf Natur und Umwelt. Der Anbauanteil für nachwachsende Rohstoffe hat sich in Deutschland seit Anfang der 1990er-Jahre mehr als verfünffacht und beträgt derzeit bereits 13 % an der Ackerfläche (Pressemitteilung der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.

Tabelle 3-1

**In Lebenszyklusanalysen zur Biomasseproduktion  
und -verwendung betrachtete Faktoren**

| Lebenszyklusfaktoren                                                                                                                           | Beispiele verschiedener ökologischer Untersuchungen |                        |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------|--------------------------|
|                                                                                                                                                | KLOBASA und<br>RAGWITZ 2005                         | CONCAWE<br>et al. 2006 | REINHARDT<br>et al. 2006 |
| Landnutzungsänderungen                                                                                                                         |                                                     |                        |                          |
| Versauerung (SO <sub>2</sub> -Äquivalente)                                                                                                     |                                                     |                        | X                        |
| Nährstoffeintrag (PO <sub>4</sub> -Äquivalente)                                                                                                |                                                     |                        | X                        |
| Fotosmog (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquivalente)                                                                                          |                                                     |                        | X                        |
| Ozonabbau                                                                                                                                      |                                                     |                        | X                        |
| Humantoxizität (PM <sub>10</sub> -Äquivalente)                                                                                                 |                                                     |                        | X                        |
| THG-Emissionen durch die Herstellung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln                                                                      |                                                     |                        | X                        |
| Kohlenstoffverlust durch Bodenbearbeitung (durch Erosion, Düngung, Versauerung, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Änderung des Wasserregimes) |                                                     |                        |                          |
| N <sub>2</sub> O-Emissionen durch Düngung                                                                                                      |                                                     | X                      | X                        |
| THG-Emissionen durch Energieverbrauch für Bewässerung                                                                                          |                                                     |                        |                          |
| Kraftstoffverbrauch der landwirtschaftlichen Nutzfahrzeuge                                                                                     |                                                     |                        |                          |
| THG-Emissionen durch Energieverbrauch für Weiterverarbeitung                                                                                   |                                                     |                        | X                        |
| THG-Emissionen durch Energieverbrauch für Transport                                                                                            |                                                     |                        | X                        |
| CO <sub>2</sub> -Äquivalent-Emissionen durch Kraftstoffverbrennung (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O)                      |                                                     |                        | X                        |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen durch Kraftstoffverbrennung                                                                                        | X                                                   | X                      | X                        |
| X = in Berechnungsverfahren berücksichtigt                                                                                                     |                                                     |                        |                          |
| SRU/SG 2007-2/Tab. 3-1/ Datenquelle: KLOBASA und RAGWITZ 2005; CONCAWE et al. 2006; REINHARDT et al. 2006                                      |                                                     |                        |                          |

(FNR) Nr. 449 vom 17. Januar 2006). Eine fundierte Gesamtprognose der Umweltfolgen im Hinblick auf die Ausbauziele für Biomasse existiert derzeit noch nicht. Sie wäre aber als Informationsgrundlage für die Entwicklung flankierender umweltpolitischer Maßnahmen unerlässlich. Die Landwirtschaft ist in Deutschland grundsätzlich eine der wichtigsten Verursacher der Beeinträchtigungen von Boden, Wasser, Arten und Biotopen, sodass ohnehin dringender Handlungsbedarf zur Reduktion der landwirtschaftlichen Umweltbelastungen besteht (SRU 2004, Tz. 225). Derzeit deuten sich durch die rasante Zunahme des Energiepflanzenanbaus jedoch gegenteilige Effekte an: Die Gefahren für den Naturhaushalt liegen dabei nur

zum Teil in besonders umweltschädigenden Qualitäten neuartiger Anbauformen. Viel stärker ins Gewicht fällt derzeit die flächenhafte Zunahme von risikoreichen, das heißt umweltgefährdenden Kulturen wie zum Beispiel Raps oder Mais (die auch als Nahrungs-/Futterpflanzen angebaut werden) auf Kosten umweltfreundlicherer Anbauformen sowie die Um- oder Übernutzung von CO<sub>2</sub>-speichernden Vegetationsformen wie Wald oder Grünland. Das Grünland ist der akuten Gefahr ausgesetzt, für die Biomassenutzung in Ackerland umgewandelt zu werden. Die Auswirkungen des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen werden im Folgenden schwerpunktmäßig dargestellt.

## Vermeidung von Treibhausgas-Emissionen

**21.** Die CO<sub>2</sub>-Bindung während des Pflanzenwachstums kann einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz darstellen. Voraussetzung zur Vermeidung von THG-Emissionen ist aber, dass durch die Gewinnung und Nutzung von Biomasse weniger CO<sub>2</sub> erzeugt wird als durch den Einsatz fossiler Brennstoffe. Insbesondere können die Art des Biomasseanbaus und der energetischen Verwertung der Biomasse zu deutlichen Unterschieden hinsichtlich der Energieeffizienz und des THG-Einsparpotenzials der einzelnen gekoppelten Anbau- und Nutzungssysteme führen. Eine abschließende Betrachtung erfordert die Einbeziehung der Herstellung und Aufbringung von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln sowie der Umweltauswirkungen der notwendigen Feldbestellungs- und Bearbeitungsgänge, die wiederum mit Energieverbrauch und THG-Emissionen verbunden sind. Beispielsweise werden durch die Aufbringung von Dünger 1,25 % des enthaltenen Stickstoffs direkt über Lachgas (N<sub>2</sub>O) freigesetzt, bei weiterer Umsetzung des Düngers werden in etwa 10 % des enthaltenen Stickstoffs über Lachgas, Ammoniak und andere Stickoxide freigesetzt (FEEHAN und PETERSEN 2004). Auch die Transportwege und gewählten Transportmittel (landwirtschaftliche Fahrzeuge oder LKW) zwischen Anbaufläche und Nutzungsstätte sind in einer THG-Bilanzierung zu berücksichtigen (vgl. RODE et al. 2005, S. 33; RAMESOHL et al. 2006; K.E.R.N. e.V. 2006, S. 33). Des Weiteren sollte ein zusätzlicher Energieaufwand für Lagerung oder Trocknung berücksichtigt werden. Um den Energieinput zu minimieren und ein Maximum bei der Energieeffizienz zu erreichen, sollte dieser jedoch möglichst minimiert werden (SPLECHTNA und GLATZEL 2005, S. 31; WOLTERS 1999, S. 11).

Im Falle von Landnutzungsänderungen ist die Kohlenstoffbilanz ebenfalls von Bedeutung und kann potenziell zusätzliche THG freisetzen. So fungiert nach JANSSENS et al. (2005) Grünland in Mitteleuropa als Kohlenstoffsenke mit einer mittleren Fixierung von 60 g C pro m<sup>2</sup> und Jahr. Von Ackerland hingegen wird im Mittel 70 g C pro m<sup>2</sup> und Jahr freigesetzt, sodass sich beim Grünlandumbruch zur Neugewinnung von Ackerland eine Nettozunahme von 130 g C pro m<sup>2</sup> und Jahr ergibt. Bei gleichzeitiger Neueinsaat von Grünland kann allerdings Kohlenstoff wieder gebunden werden, sodass sich bei einer in Summe gleich bleibenden Grünlandfläche keine negative Kohlenstoffbilanz ergeben muss (IBS und ILB o. J.).

Werden für den Anbau von Energiepflanzen zum Beispiel Moorböden entwässert oder Grünland umgebrochen, so ergeben sich erhebliche negative Folgen für die CO<sub>2</sub>-Bilanz. Nach einer überschlägigen Berechnung der Netto-Kohlenstoffbilanz der Ackerflächen, Waldflächen, Moore und Grünlandflächen für 34 europäische Staaten steht Deutschland zurzeit mit einer Netto-Kohlenstofffixierung von + 43,3 g C pro m<sup>2</sup> Landesfläche und Jahr an fünfter Stelle in Europa (JANSSENS et al. 2005). Eine Reduktion der bestehenden Speicher um nur 5 % würde genauso viel Kohlenstoff freisetzen, wie derzeit jährlich bei der Verbrennung fossiler Energieträger auf dem gesamten eu-

ropäischen Kontinent emittiert wird (JANSSENS et al. 2005).

**22.** Im Falle der Wälder sind bereits Funktionsverluste eingetreten. Die Vegetation und hier insbesondere die natürlichen Wälder dienen weltweit als Speicher für 75 % des derzeit in biotischen Systemen fixierten Kohlenstoffs (UNFCCC, Sekretariat 2006). In Deutschland kommt den Wäldern bisher eine akkumulierende Senkenfunktion zu, die in erster Linie aus den geringen Entnahmeraten in der Vergangenheit und der damit einhergehenden Vergrößerung des Holzvorrates resultiert. Sowohl die Speicher- als auch die Senkenfunktion wird allerdings aufs Spiel gesetzt, wenn der Holzvorrat nicht mehr gleich bleibt bzw. nicht mehr zunimmt. Die zunehmenden Nutzungen der letzten Jahre, unter anderem durch die Entnahme von Holz für Biomasse, spiegeln sich bereits in einem abnehmenden Trend der Senkenwirkung wider. Von 1993 bis 2004 nahm die zusätzliche Kohlenstoffeinlagerung um gut ein Drittel ab (Statistisches Bundesamt 2006). Eine Erhöhung der Einschlagmenge wirkt sich auf die Altersstruktur des Waldes aus und hat direkte Konsequenzen auf das Potenzial als Kohlenstoffsenke. Im Jahr 2004 lag die Einschlagmenge zum Beispiel mit circa 54,5 Mio. m<sup>3</sup> um ein Viertel deutlich über der Durchschnittsmenge der vorangegangenen zehn Jahre (BMELV 2006a). Die derzeitige Entwicklung der Rohöl- und Energiepreise lässt keine Umkehr dieses Trends erwarten.

## Auswirkungen der Gewinnung von Biomasse auf Boden und Wasser

**23.** In den bislang vorliegenden Ökobilanzansätzen wurden bei verschiedenen Anbauverfahren für Energiepflanzen zum Teil erhebliche negative Umweltbelastungen festgestellt. Dies betraf zum Beispiel Nährstoffausträge oder die Versauerung von Böden (REINHARDT et al. 2006). Die insgesamt circa 60 infrage kommenden Energiepflanzenarten unterscheiden sich unter anderem hinsichtlich Ein- bzw. Mehrjährigkeit, Ertrag, Schaderreganfälligkeit, Düngemittel- und Pflanzenschutzmittelbedarf (BASSAM 1998). Generell kann festgehalten werden, dass mehrjährige, ausdauernde Anbauverfahren (z. B. Kurzumtriebsplantagen (KUP) für die Gewinnung von Holz und Grünschnitt) weniger negative Umweltauswirkungen verursachen als einjährige, da die aus der Bearbeitung resultierende Bodenerosion durch Bearbeitung sowie der Nährstoff- und Pestizidbedarf geringer sind (EEA 2006; WINKELMANN 2006; SPLECHTNA und GLATZEL 2005, S. 8).

Durch den Anbau von einjährigen Früchten treten Umweltbelastungen in unterschiedlichem Maße auf. Die Auswirkungen auf den Naturhaushalt sind dabei auch von den jeweils vorherrschenden Klima- und Bodenbedingungen abhängig. Insofern ist es notwendig, beim Vergleich der Ökobilanzen von Biomasse- und Nahrungspflanzenanbau oder verschiedener Biomasseanbaukulturen untereinander immer ein klar definiertes (standörtliches) Referenzsystem zugrunde zu legen, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. An trockenen Standorten sind beispielsweise die Umweltauswirkungen von

wasserverbrauchsintensiven Kulturen anders zu gewichten als in niederschlagsreichen Regionen. Die Umweltbelastungen durch verschiedene Anbauarten bzw. -gruppen für ausgewählte Parameter im europäischen Raum, sortiert nach ihrer Wirkung hinsichtlich Nährstoffauswaschung und Pestizideinträgen, zeigt Tabelle 3-2.

**24.** Zu beachten ist, dass die Einschätzung der Auswirkungen der einzelnen Fruchtarten selbst bei derzeit als Nahrungs- oder Futterpflanzen angebauten Kulturen noch mit Unsicherheiten behaftet ist. Bestimmte bei der Erzeugung von Nahrungspflanzen zu beachtende, auf die Qualität des Endproduktes gerichtete Anbaurestriktionen können bei der Erzeugung von Energiepflanzen entfallen, so zum Beispiel die Qualitätsdüngung bei Brotgetreide oder die Düngungsrestriktionen bei Zuckerrüben. Im ersten Fall kann mit einer leichten Umweltentlastung gerechnet werden; im zweiten Fall besteht möglicherweise das Risiko einer Düngungssteigerung zur Ertragssteigerung mit den daraus resultierenden negativen Auswirkungen auf Wasser und Boden.

Grundsätzlich treten geringere Beeinflussungen von Boden und Wasser immer dann auf, wenn bei der Auswahl der Pflanzen für den Anbau die unterschiedlichen Empfindlichkeiten der Standorte gegenüber Erosion, Bodenverdichtung und anderen Bodenbeeinträchtigungen berücksichtigt werden. Speziell für den Bodenschutz kann eine veränderte Fruchtfolge zur Produktion von Biomasse durch eine längere Bodenbedeckung einen positiven Beitrag zur Reduktion von Erosion leisten, wenn kurz bodenbedeckende Kulturen wie Zuckerrüben oder Mais durch Fruchtfolgen mit langdeckenden Kulturen wie Wintergetreide, Klee, Gras und insbesondere durch Gehölzplantagen ersetzt werden.

Der hohe Wasserbedarf einiger Kulturen – so zum Beispiel von intensiv betriebenen KUP mit Pappeln oder Weiden – kann, wenn diese großflächig angebaut werden, zu erheblichen Problemen für den Gebietswasserhaushalt und die daran gebundenen Funktionen wie Trinkwassergewinnung, Gefährdung der Bodenfauna oder Biotopschutz führen (vgl. EEA 2006; WINKELMANN 2006).

Tabelle 3-2

**Umweltbelastungen ausgewählter Anbaupflanzen in Europa**

| Kulturpflanze                                                                                                                | Nährstoff-<br>auswa-<br>schung | Pestizid-<br>einträge | Erosion | Boden-<br>verdich-<br>tung | Wasser-<br>verbrauch | Auswirk.<br>auf Bio-<br>diversität | Auswirk.<br>auf Agro-<br>diversität |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------|----------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Dauergrünland                                                                                                                | A                              | A                     | A       | A                          | A                    | A                                  | A                                   |
| Wintergetreide                                                                                                               | A                              | A                     | A       | A                          | A                    | B                                  | B                                   |
| Kurzumtriebsgehölze<br>(Pappel, Weide)                                                                                       | A                              | A                     | A       | A                          | B                    | A/B                                | A                                   |
| Hanf                                                                                                                         | A                              | A                     | A/B     | A                          | B                    | B                                  | A                                   |
| Öllein                                                                                                                       | A                              | B                     | A/B     | A                          | A                    | A/B                                | A                                   |
| Graseinsaat                                                                                                                  | B                              | A                     | A       | A/B                        | A                    | B/C                                | A                                   |
| Alfalfa                                                                                                                      | B                              | A                     | A       | A/B                        | A/B                  | A/B                                | A                                   |
| Weizen                                                                                                                       | A                              | B                     | A       | A                          | B                    | B/C                                | C                                   |
| Rutenhirse                                                                                                                   | ?                              | ?                     | A       | A                          | A                    | B                                  | A                                   |
| Hirse                                                                                                                        | A                              | B/C                   | A       | A                          | A/C                  | B                                  | B                                   |
| Senf                                                                                                                         | A/B                            | B                     | A/B     | A                          | B                    | B                                  | A                                   |
| Sonnenblume                                                                                                                  | A/B                            | B                     | B/C     | A                          | B                    | A/B                                | B                                   |
| Zuckerrübe                                                                                                                   | B/C                            | B                     | C       | C                          | A/C                  | B                                  | B                                   |
| Kartoffeln                                                                                                                   | B/C                            | B                     | C       | C                          | C                    | B/C                                | B                                   |
| Raps                                                                                                                         | B/C                            | C                     | B       | A                          | –                    | B/C                                | A/B                                 |
| Mais                                                                                                                         | C                              | C                     | C       | B                          | A/B                  | C                                  | B/C                                 |
| A = geringes Risiko, B = mittleres Risiko, C = hohes Risiko, – = Kriterium nicht anwendbar, ? = nicht ausreichende Datenlage |                                |                       |         |                            |                      |                                    |                                     |
| SRU/SG 2007-2/Tab. 3-2; Datenquelle: EEA 2006, Annex 4                                                                       |                                |                       |         |                            |                      |                                    |                                     |

Für einige Gebiete Deutschlands – wie beispielsweise das Einzugsgebiet der Spree – werden ohnehin aufgrund des Klimawandels akute Wassermangelsituationen prognostiziert (GRÜNEWALD 2005; BECKER 2005). Insofern ist in diesen Gebieten mit einer Veränderung der Rahmenbedingungen für die landwirtschaftliche Nutzung zu rechnen.

**25.** Die aus einem Biomasseanbau in Mischkulturen resultierenden Effekte (z. B. durch andere Erntezeiten) auf den Naturhaushalt können derzeit noch nicht abschließend eingeschätzt werden (GRAß und SCHEFFER 2003). Neben dem Anbau von Energiepflanzen kann auch die intensive Nutzung von land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen (Waldrestholz, Stroh) zu ernst zu nehmenden Umweltgefährdungen führen. Die Verwertung von Ganzpflanzen und die Verwertung von landwirtschaftlichen Reststoffen wie Stroh sind mit der Gefahr negativer Humusbilanzen verbunden, da Stroh eine wichtige Rolle für die Humusbildung einnimmt (VETTER 2001). Die zusätzliche Entnahme von Holz aus den Wäldern kann einen negativen Effekt auf die Waldböden haben. Durch die fehlende Nährstofflieferung über die Verwitterung von

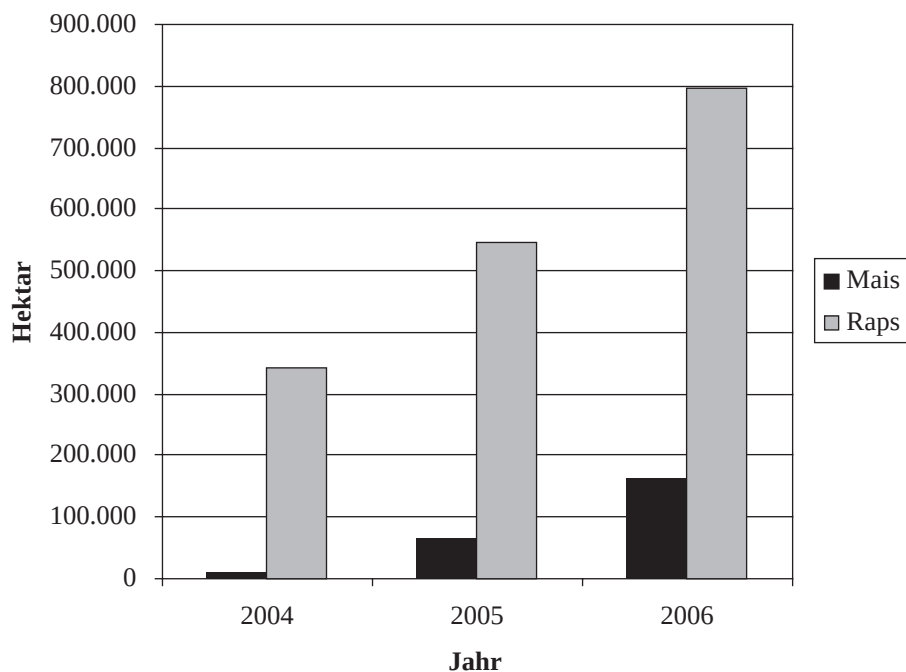
Altholz, Rinde und Reisig kommt es zu einer Versauerung der Böden (RODE et al. 2005).

#### Umweltauswirkungen intensiv angebauter nachwachsender Rohstoffe

**26.** Obwohl eine Vielzahl von Energieträgern für die Biomasseproduktion verwendet werden kann, werden gegenwärtig vorwiegend großflächige Monokulturen von Raps zur Erzeugung von Biokraftstoffen und Mais zur Gewinnung von Biogas bevorzugt: Die Rapsanbaufläche in Deutschland beträgt im Jahr 2007 circa 1,7 Mio. ha, nachdem sie noch im Jahr 2000 bei 1,08 Mio. ha lag (UFOP 2006). Die Anbaufläche von Mais zur Biogasnutzung hat sich von 2005 (ca. 70 000 ha) bis 2006 (ca. 162 000 ha) mehr als verdoppelt; hier allerdings zulasten des Anbaus von Silomais, da die Gesamtfläche von derzeit ebenfalls circa 1,7 Mio. ha für den Maisanbau seit einigen Jahren relativ konstant geblieben ist (Deutsches Maiskomitee 2007). Mais ist derzeit mit circa 90 % Anteil das mengenmäßig am häufigsten eingesetzte Ko-Substrat in Biogasanlagen (ebd.).

Abbildung 3-1

Entwicklung der Anbauflächen von Raps und Mais für Energie und Biomasse



SRU/SG 2007-2/Abb.3-1; Datenquelle: Deutsches Maiskomitee 2007; UFOP 2006



**27.** Großflächige Monokulturen, insbesondere solche ohne weitere pflanzenbauliche Maßnahmen wie Untersaaten oder Zwischenfruchtanbau, verursachen häufig Bodenabträge, Bodenverdichtungen durch das Befahren mit schweren Maschinen sowie einen höheren Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln mit entsprechenden Folgen für Boden und Wasser. Beim Anbau auf durchlässigen Böden ist das Risiko von Umweltauswirkungen entsprechend höher (RODE et al. 2005; KAINZ 2006; LVLV 2004).

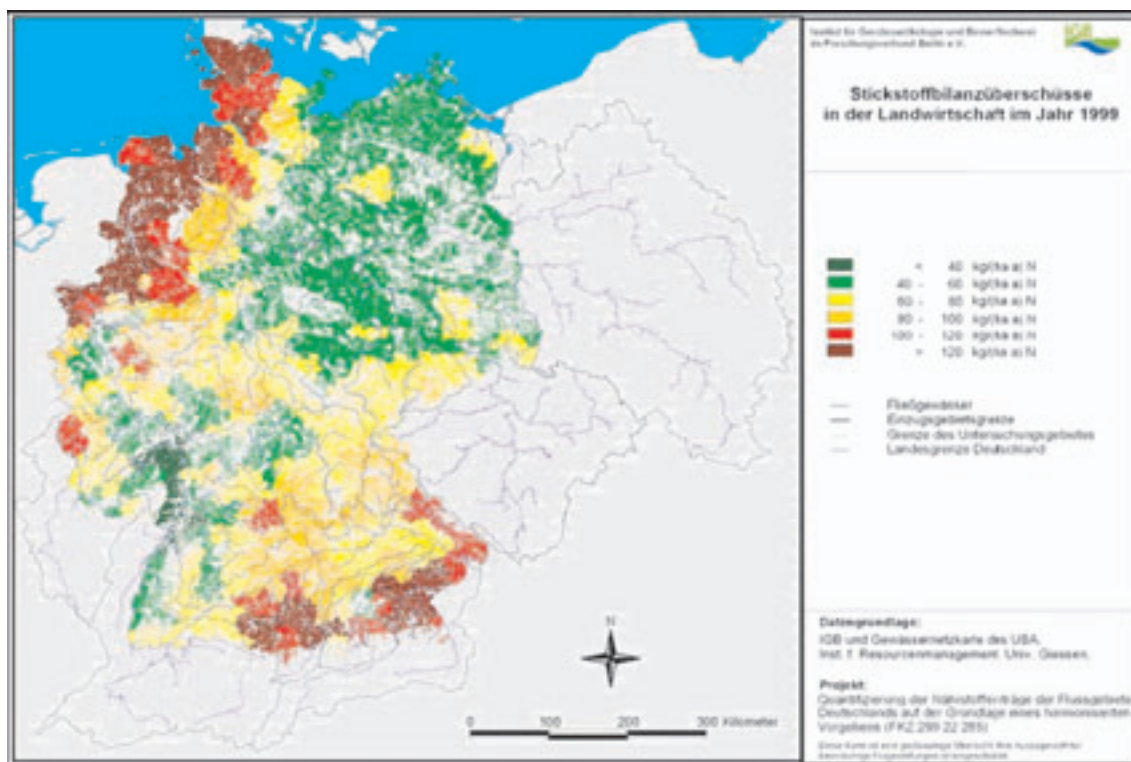
Der verstärkte Anbau von Raps und Mais kann erhebliche Auswirkungen auf die Stickstoffbilanzen haben. Zur Erzielung optimaler Ernteerträge kann die maximal aufgenommene N-Menge 280 bis 300 kg N/ha betragen. Da bei der Ernte jedoch maximal 140 kg N/ha abgefahren werden, können bis zu 160 kg N/ha als Ernterückstände in den Boden gelangen und Gefahr laufen, ausgewaschen zu werden (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2007). Eine weitere Zunahme der Stickstoffeinträge in Grund- und Oberflächengewässer würde die Umweltbelastung in einem Bereich erhöhen, in dem weitere Belastungen nicht tolerabel sind: Immer noch liegen die Stickstoffüberschüsse in vielen Bereichen Deutschlands auf einem relativ hohen Niveau (vgl. Abb. 3-2) und die Landwirtschaft zählt zu den Hauptverursachern der Stickstoff- und Phosphorbelastungen der Oberflächengewässer (SRU 2004).

Der Basis-Indikator für die Wasserqualität, gemessen als Stickstoffüberschuss, liegt für Deutschland mit 105 kg/ha fast doppelt so hoch wie der Durchschnittswert für die EU 15-Staaten, der bei 55 kg/ha liegt (BMELV 2006b). An ungefähr einem Sechstel aller bundesweit beobachteten Messstellen wird die nach der EU-Nitratrichlinie zulässige Maximalkonzentration von 50 mg/l im Grundwasser nach wie vor überschritten (BMU 2004).

**28.** Kaum berücksichtigt wird derzeit, dass die Rückführung der Gärreste aus den Biogasanlagen auf die Anbauflächen dort zu erheblichen Nährstoffanreicherungen sowie Konflikten mit der Düngeverordnung führen könnte. Die Düngeverordnung limitiert die Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Sekundärrohstoffdünger auf maximal 170 kg N pro Hektar und Jahr. Diese Stickstoffmenge würde bereits mit den Gärresten aus einem Maisertrag (Trockenmasse) von 16,2 Mg/ha erreicht (HERRMANN und TAUBE 2006). Für den Anbau ertragreicher Energiemaissorten werden aber Erträge von 30 Mg/ha in Aussicht gestellt. Die Folge wäre, dass einerseits Mineraldünger für die Erzielung der erwarteten Erträge eingesetzt werden müsste und gleichzeitig ein erheblicher N-Überschuss produziert würde, der bei hohen Energiemaissorten in der Fruchtfolge auf den Betriebsflächen nicht mehr untergebracht werden kann (ebd.).

Abbildung 3-2

### Stickstoffbilanzüberschüsse in der Landwirtschaft 1999



Quelle: BMELV 2006b, S. 16

Daneben besteht in großflächigen Monokulturen eine erhöhte Gefahr des Schädlingsbefalls und daraus resultierender Ernteauffälle, wie die Rapsglanzkäferplage in Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg im Sommer 2006 beispielhaft zeigt. Obwohl das Landwirtschaftsministerium Mecklenburg-Vorpommerns bereits 2004 auf das Erreichen der Grenzen beim Ausbau von Rapskulturen hingewiesen hatte (MELFF 2004), nahm die Anbaufläche bis 2006 nochmals um weitere 18 000 ha auf 250 000 ha zu (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V., Pressemitteilung vom 14. November 2006).

Der intensive Anbau von Kulturen erfordert zudem den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) wie Herbiziden, Insektiziden oder Fungiziden. Die Datenlage zu den genauen Anwendungsmengen von PSM in Deutschland ist derzeit auf einem nicht befriedigenden Niveau. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf. Das Risikopotenzial einzelner Kulturen ist daher schwierig abzuschätzen. Jede Frucht weist zudem spezifische Anfälligkeiten für Schädlinge auf, die entsprechend behandelt werden müssen. Daher liegt zum Beispiel der im Rahmen des „Neptun 2000“-Projektes ermittelte Behandlungsindex für Raps mit Insektiziden gegenüber dem anderer Kulturen relativ hoch (ROßBERG et al. 2002), was in Kombination mit der großen, weiter zunehmenden Anbaufläche durchaus ein Risiko für die Belastung von Böden und Gewässern darstellen kann.

Auch wenn der Anbau der Energiepflanzen im Rahmen der derzeitigen Bestimmungen der guten fachlichen Praxis bzw. der Cross-Compliance-Auflagen der EU erfolgt, besteht bei einem weiteren Ausbau von intensiv bewirtschafteten Raps- und Maismonokulturen ein erhebliches Belastungspotenzial für den Naturhaushalt, das einer vorherigen Risikobewertung bedarf, um eine weitere Zunahme von Düngemittel- und PSM-Einträgen in Wasser und Boden zu vermeiden.

### **Auswirkungen auf die Biodiversität und das Landschaftsbild**

**29.** Eine Zunahme des intensiven Anbaus von Energiepflanzen hat erhebliche Auswirkungen auf die Biodiversität und das Landschaftsbild. Letzteres wird insbesondere durch die Folgen intensiv betriebener konventioneller Landwirtschaft beeinflusst, was zu einer Minderung des wahrgenommenen Erholungswertes führt. In einer Studie zur Entwicklung der Agrarlandschaften in Südbayern wurden zum Beispiel die Ausbringung von Pestiziden und Dünger, Monokulturen, ausgeräumte Landschaften usw. von den Befragten als bedeutsamste Störungen genannt (LINDENAU 2002). Die zukünftige Verwendung neuer Sorten für die Biomasseproduktion (z. B. bis zu sechs Meter hoher Mais) wird die ästhetischen Qualitäten und damit die Erholungseignung der Landschaft weiter negativ beeinflussen (RODE et al. 2005).

Auch ohne den Anbau neuer Sorten ist insbesondere dort, wo zusätzliche Monokulturen eine vormalige vielfältige Anbauweise ablösen, mit einer weiteren Verringerung der Vielfalt sowohl der natürlichen Arten als auch der stand-

orttypischen Agrobiodiversität zu rechnen. Die durch die Landwirtschaft gegenwärtig bereits verursachten Auswirkungen (vgl. SRU 2004, Tz. 225) können bei einer weiteren Zunahme der großflächigen Anbauweise noch verstärkt werden. Naturschutz und Biomasseproduktion treten in diesen Bereichen in eine Konkurrenz, gerade wenn der Biomasseanbau zu Grünlandumbruch, Entwässerung von Moorböden, der Wiederbewirtschaftung von Stilllegungsflächen oder der Aufgabe von im Rahmen von Agrarumweltmaßnahmen geförderten extensiven Wirtschaftsweisen führt. Nach einer Dokumentation des NABU (2007) kommt es bereits zu Grünlandumbruch. So wurde in Rheinland-Pfalz an zwei in FFH-Gebieten (FFH – Fauna-Flora-Habitat) befindlichen Standorten Grünland umgebrochen, um Mais zur Biogasproduktion bzw. zur Futterproduktion anzubauen. Selbst in geschützten Gebieten droht diese Gefahr: In den vergangenen Jahren wurde in vielen Naturschutzgebieten lediglich ein Grundschutz in den Schutzverordnungen festgelegt. Alle weitergehenden Extensivierungs- oder Pflegemaßnahmen wurden bevorzugt über zeitlich befristete Agrar-Umweltmaßnahmen bzw. Vertragsnaturschutz umgesetzt. Bei einem Wettbewerb zwischen Vertragsnaturschutz und Biomasseerzeugung besteht nun das Risiko, dass auch innerhalb von Schutzgebieten die Entscheidung zugunsten des einträglicheren Biomasseanbaus und einer Nutzungsintensivierung ausfallen wird oder aber der Vertragsnaturschutz erheblich höhere finanzielle Anreize bieten muss. Da in den meisten Bundesländern jedoch die Haushaltsansätze für Agrarumweltprogramme mit der 2007 beginnenden Förderperiode rückläufig waren (DVL und NABU 2007), ist eine vermehrte Bereitstellung von Mitteln nicht zu erwarten.

Bei der Verwendung von Resthölzern aus Wäldern besteht durch die Biomassenutzung der Anreiz, in Zukunft verstärkt liegendes oder auch stehendes Totholz der Verwertung zuzuführen. Aufgrund der wichtigen Rolle des Totholzes für viele gefährdete Arten unter anderem als Nist- und Höhlenbäume im Ökosystem Wald wäre eine derartige Entwicklung nicht erwünscht (RODE et al. 2005). Blattwerk sollte generell nicht gesammelt werden, da das Blattwerk circa 20 % der Nährstoffe enthält, die so vor Ort verbleiben und die Wurzeln gegen Bodenerosion schützen (EEA 2006).

### **Agrobiodiversität**

**30.** Unter Agrobiodiversität wird der Teil der biologischen Vielfalt verstanden, der durch das Handeln des Menschen genutzt wird, zum Beispiel Kulturpflanzen und Nutztiere (BMELV 2005). Die energetische Verwertung stellt teilweise geringere qualitative Ansprüche an die Ernteprodukte, als dies bei Nahrungspflanzen der Fall ist. Daher können bei der Sortenwahl phytosanitäre Aspekte stärker in den Vordergrund rücken oder durch Sortenmischungen realisiert werden. Weiterhin können auch „alte“ Sorten angebaut und bewahrt werden.

Großflächige Monokulturen wirken sich dagegen negativ auf die Agrobiodiversität aus. Stattdessen sollte eine Vielfalt im Sortenmix herbeigeführt werden. Dies kann zum

Beispiel durch die Berücksichtigung unterschiedlicher Energieträger, die Auflockerung der Ackerbauflächen durch angrenzende KUP usw. geschehen. Da sich die Kreditvergabep Praxis der Banken für Biogasanlagen an der höchsten Energieausbeute orientiert (gegenwärtig Mais) und darüber hinaus Anreizsysteme fehlen, die ein Experimentieren mit einem Sortenmix ermöglichen würden, wird eine Sortenvielfalt zurzeit verhindert.

Bislang werden in Deutschland keine gentechnisch veränderten Pflanzen im Biomasseanbau verwendet. Bei ihrer Einführung entstünden Gefahren vor allem durch die langfristigen und nicht vorhersehbaren Folgen möglicher Auskreuzungen oder Verwilderungen dieser Pflanzen. Auch zum Beispiel durch den Klimawandel veränderte Umweltverhältnisse können über epigenetische Effekte (Beeinflussung der Expression des Genotyps in den Phänotyp durch die Umweltbedingungen) unerwartete Wirkungen hervorbringen.

### Nachhaltige Anbauformen

**31.** Bei entsprechender Ausgestaltung des Anbaus können sich aber auch Synergieeffekte zwischen Biomasseerzeugung und dem Schutz der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und der Biodiversität ergeben. Dies trifft insbesondere dort zu, wo eine vielfältige Anbauweise eine intensiv genutzte Ackerlandschaft (Referenzsystem) ablöst. In bestimmten Räumen und Situationen ist Biomasseerzeugung dadurch als besonders erwünscht zu betrachten (z. B. Erhaltung der Grünlandnutzung in Gebieten mit zurückgehender Milcherzeugung und Schaf- bzw. Rindfleischproduktion, Nutzung von bei der Landschaftspflege anfallendem Material, Extensivierung der Nutzung in umweltempfindlichen Gebieten durch geeignete, in der Nahrungsmittelerzeugung nicht rentable Anbauverfahren).

Durch alternative Anbauverfahren wie räumliche und zeitliche Mischkulturen (Fruchtfolge) (GRAß und SCHEFFER 2005), Mulchverfahren und Low-Input-Low-Output-Kulturen bestehen zum Beispiel Möglichkeiten der Entwicklung einer typischen Ackerbegleitflora bei gleichzeitig extensivem Anbau. Die Anlage von Ex-

tensiv-KUP mit schnellwachsenden Gehölzen kann in ausgeräumten Landschaften einen Beitrag zur Verbesserung der Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes einschließlich der Erhöhung der Biodiversität, der Hochwasserrückhaltung oder des Bodenschutzes leisten (DLG und Umweltstiftung WWF Deutschland 2006; SPLECHTNA und GLATZEL 2005; RODE et al. 2005). Des Weiteren bietet sich die Möglichkeit, die sogenannten Grenzlini-biotope am Übergang von Wald zu offener Fläche durch extensive Nutzung aus der Sicht des Arten- und Biotop-schutzes aufzuwerten. Wenn schließlich die Attraktivität der Verwertung des anfallenden Landschaftspflege-schnittgutes durch die Biomassennutzung spürbar verbessert würde, entstünde ein verstärkter ökonomischer Anreiz für die Offenlandpflege, Waldaumentwicklung, Mittel- und Niederwaldpflege, die Entwicklung der Gewässerrand- oder Erosionsschutzstreifen (RODE et al. 2005).

**32.** Entsprechende Veränderungen bei den Anbauverfahren haben sich bisher noch nicht in relevanten Dimensionen etabliert, während sich gleichzeitig der Anbau von Raps und Energiemais stark ausweitete. Teils mag dies auf die noch fehlende Infrastruktur zur Verwertung (insbesondere Verbrennung) des Schnittgutes zurückzuführen sein, teils auf die Tatsache, dass Biogasanlagenbetreiber aufgrund der hohen Methanausbeuten und der damit besseren Wirtschaftlichkeit ausschließlich Mais nutzen. Die flächenspezifischen Biogas- und Methanerträge von Landschaftspflegeschnittgut sind im Vergleich zu anderen pflanzlichen Substraten vergleichsweise niedrig (PROCHNOW et al. 2007, S. 22), während Verbrennung eine rentable Nutzung sein könnte. Ohne Zweifel spielt die höhere ökonomische Attraktivität, insbesondere von Raps durch die am 1. Januar 2007 wirksam gewordene Beimischungspflicht für Kraftstoffe, eine wichtige Rolle.

### Auswirkungen der Biomassegewinnung auf Schutzgüter des Naturhaushaltes

**33.** Die möglichen Auswirkungen der Biomassegewinnung auf Schutzgüter des Naturhaushaltes werden in Tabelle 3-3 zusammengefasst und mit den Hauptursachen bzw. -verursachern beschrieben.

Tabelle 3-3

#### Mit bestimmten Formen der Biomassegewinnung einhergehende Belastungen (vgl. Tab. 3-2) und Auswirkungen auf Schutzgüter des Naturhaushaltes

| Belastungen<br>(insbes. bei Ausweitung der Anbaufläche von Raps, Mais, Zuckerrübe, Kartoffeln) | Betroffene Schutzgüter des Naturhaushaltes                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erhöhte Verwendung von Düngemitteln</b>                                                     | Eintrag von Nährstoffen in Böden, Grund- und Oberflächengewässer, die Luft mit der Folge einer Eutrophierung von Biotopen, Versauerung der Böden; erhöhte Emissionen von Lachgas und Methan.                  |
| <b>Erhöhte Verwendung von Pestiziden bzw. Ausweitung des Anbaus PSM intensiver Kulturen</b>    | Einträge von Wirkstoffen und Metaboliten in Boden, Gewässer und Luft mit der Folge einer verstärkten Beeinträchtigung sensibler Lebensgemeinschaften und der Nutzbarkeit von Grund- und Oberflächengewässern. |

| <b>Belastungen</b><br>(insbes. bei Ausweitung der Anbaufläche von Raps, Mais, Zuckerrübe, Kartoffeln)                    | <b>Betroffene Schutzgüter des Naturhaushaltes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Landnutzungsänderungen bzw. Umwandlung von Flächen (z. B. Grünlandumbruch durch erhöhte Nachfrage nach Ackerland)</b> | Verlust und Zerstörung von THG-Senken, z. B. durch den Umbruch von Grünland oder den Anbau auf sensiblen Böden; Verlust von Funktionen des Naturhaushaltes durch erhöhte Erosion und schnellen Wasserabfluss; Verlust von Lebensräumen und dadurch Gefährdung von Arten und Lebensgemeinschaften; Veränderung des Landschaftsbildes mit Einschränkung der Erholungsfunktion; Anbau in sensiblen Gebieten (NATURA 2000, Naturschutz-/Landschaftsschutz-, Wasserschutzgebiete); Verlust von Saumbiotopen und Strukturelementen, Schlagvergrößerung. |
| <b>Verengte bzw. vereinheitlichte Fruchtfolgen</b>                                                                       | Abnahme der Sortenvielfalt und traditioneller Sorten; Trend zur Monokultur; Veränderung des Landschaftsbildes; Verlust von Lebensräumen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Anbau wasserzehrender Kulturen an trockenen Standorten (z. B. durch intensiv betriebene Kurzumtriebsplantagen)</b>    | Senkung der Wasserverfügbarkeit; Veränderung des Grundwasserspiegels; Verringerung der Grundwasserneubildungsrate; Notwendigkeit der Bewässerung (insbesondere auf durchlässigen Böden).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Entnahme organischen Materials inklusive Reststoffe (Stroh, Laub, Totholz)</b>                                        | Humuszehrung und negative Humusbilanz; Versauerung; schneller Wasserabfluss; Habitatverlust (insbesondere bei Tot- und Restholzentnahme im Wald); Beeinträchtigung von THG-Senken.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Verwendung gentechnisch veränderter Organismen</b>                                                                    | Derzeit nur auf Versuchsflächen; Gefahr der Ausbreitung gentechnisch veränderten Materials in Böden, Organismen und Pflanzenpopulationen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| SRU/SG 2007-2/Tab. 3-3                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

### 3.1.3 Nutzung von Biomasse

#### 3.1.3.1 Ökologische Auswirkungen der Nutzung

**34.** Durch die energetische Nutzung von Biomasse kommt es auf der einen Seite zu ökologischen Entlastungen hinsichtlich der Schonung fossiler Energieressourcen und gegebenenfalls der Verringerung von THG-Emissionen. Auf der anderen Seite kommt es aber wie bei jeder technischen Nutzung, vor allem aber bei der thermo-chemischen Umwandlung, zu Umweltbelastungen wie Emissionen mit versauernden und eutrophierenden Wirkungen (Schwefeldioxide und Stickoxide) sowie Emissionen von Stäuben (vor allem Feinstaub) und anderen Schadstoffen.

#### Treibhausgas-Emissionen

**35.** Die energetische Nutzung von Biomasse gilt bezogen auf eine Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Luft allgemein als klimaneutral, da nur das CO<sub>2</sub> an die Umgebung wieder abgegeben wird, welches zuvor durch das Pflanzenwachstum aufgenommen wurde. Durch die Nutzung fossiler Energie bei der Herstellung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie beim Anbau und der Bereitstellung der Biomasse und beim Betrieb von Bioenergieanlagen treten jedoch klimaschädigende Emissionen auf. Weiterhin ist die THG-Bilanz abhängig von dem Wir-

kungsgrad der gesamten Nutzungskette sowie der jeweilig ersetzten fossilen Referenztechnologie und demnach je nach Nutzungspfad (Technologie) unterschiedlich, so dass die Aussage über die THG-Neutralität nur bedingt stimmt (vgl. u. a. KALTSCHMITT und HARTMANN 2002; NITSCH et al. 2004; ARNOLD et al. 2006; RAMESOHL et al. 2006).

Wie in Abbildung 2-13 gezeigt, liefern die Verbrennung von biogenen Festbrennstoffen zur Wärmenutzung sowie die gekoppelte Kraft-Wärme-Nutzung vor allem von Festbrennstoffen und Biogas die höchsten Energiehektarerträge. Dementsprechend wurde von NUSSBAUMER (2006) dargestellt, dass der Einsatz von Holz als Kraftstoff lediglich 50 bis 75 % der Substitutionswirkung einer Holzheizung liefert. Auch durch einen Vergleich der THG-Bilanzen verschiedener Nutzungspfade für Biomasse ist nachgewiesen, dass die Nutzung von Biomasse zur Wärme und Strombereitstellung die höchsten THG-Vermeidungspotenziale hat (ARNOLD et al. 2006; RAMESOHL et al. 2006; CONCAWE et al. 2006; NITSCH 2007). Es ist allerdings zu beachten, dass die Korrelation zwischen THG-Einsparung und Energieinhalt nicht immer gegeben ist. Bei der Betrachtung der THG-Einsparungspotenziale kommt es vor allem auch auf das betrachtete Referenzsystem an. Bei einer Substitution von CO<sub>2</sub>-intensiven Techniken wie zum Beispiel die Kohle-

nutzung (FRITSCHKE 2003), ist die Einsparung am effektivsten. Dementsprechend zeigen Berechnungen von CONCAWE et al. (2004; 2006), dass die THG-Einsparungen der derzeit zur Verfügung stehenden Biokraftstoffe höchstens ein Drittel der Reduktionspotenziale eines Ersatzes von Kohle durch Biomasse in der Stromerzeugung betragen (s. Abb. 3-3). Auch die Europäische Kommission kommt zu dem Schluss, dass mit Biokraftstoffen wesentlich weniger THG eingespart werden können als durch eine stationäre Nutzung der Biomasse für Strom und/oder Wärme (Europäische Kommission 2005, S. 32).

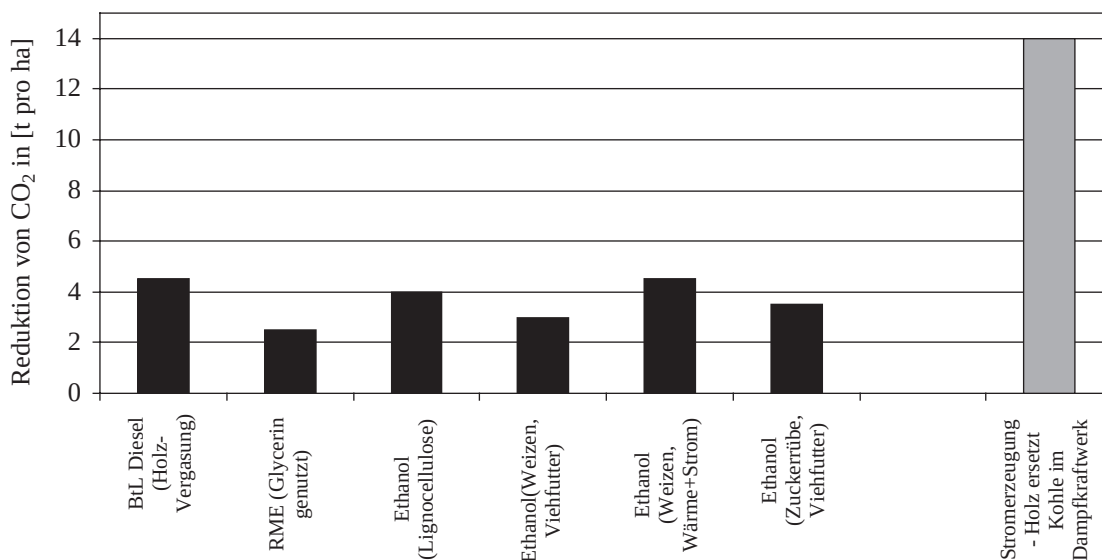
Berechnungen von RAMESOHL et al. (2006) und ARNOLD et al. (2006) zeigen, dass die Verstromung von Biogas aus Gülle und auch aus nachwachsenden Rohstoffen hinsichtlich der THG-Einsparungen immer vorteilhaft ist. Vor allem aber die Vergärung von Gülle wirkt sich auf die Emissionen von THG positiv aus. So werden durch die Vergärung Methanemissionen ( $\text{CH}_4$ ) um circa 90 % verringert, die Lachgasemissionen ( $\text{N}_2\text{O}$ ) deutlich reduziert und für Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) sind ebenso Reduktionen möglich (FAL 2004). Dazu ist aber auch eine Optimierung der Lagerung und Ausbringung der Gärreste notwendig (WILFERT et al. 2004). Die Nutzung von Biogas als Kraftstoff für die Mobilität zeigt nur ein etwas geringeres THG-Einsparungspotenzial als der Einsatz des Biogases im stationären Bereich. Vor allem die hohe energetische Ausbeute pro Hektar wird hier als Vorteil der Biogasnutzung hervorgehoben (s. a. Tz. 16 und Abb. 2-13). Aber auch die Nutzbarkeit von Grassilage über die Biogastechnologie birgt große Vorteile bezüglich der THG-Vermeidung, da dadurch ein Umbruch dieser Flächen ver-

mieden werden kann, der zu zusätzlichen THG-Emissionen durch diese Landnutzungsänderung führen würde (vgl. Tz. 21). Bei der Verstromung von Holz mit Wärmenutzung in Heizkraftwerken ( $20 \text{ MW}_{\text{el}}$ ) lassen sich laut RAMESOHL et al. (2006) und ARNOLD et al. (2006) die höchsten THG-Einsparungen erzielen. Grundsätzlich wirkt sich die Wärmenutzung immer positiv auf die direkten THG-Einsparungspotenziale aus. Allerdings sind der Abwärmenutzung strukturell Grenzen gesetzt (RAMESOHL et al. 2006).

Hinsichtlich der THG-Einsparungspotenziale bei Kraftstoffen gibt es hohe Schwankungsbreiten. Nach QUIRIN et al. (2004) sind die auf den Hektar Anbaufläche bezogenen THG-Einsparungen bei Ethanol aus Zuckerrohr und Zuckerrüben bezogen gefolgt von Biogas am höchsten. Mit Biodiesel werden dagegen die geringsten Einsparungen erzielt. Nach CONCAWE et al. (2006) ergeben sich je Hektar bei der Nutzung von Bioethanol aus Weizen (bei Nutzung der Nebenprodukte zur Wärme- und Stromerzeugung) sowie bei der Nutzung von BtL-Kraftstoffen (BtL – Biomass-to-Liquid) die höchsten THG-Einsparungen (s. Abb. 3-3). ARNOLD et al. (2006) kommen zu dem Schluss, dass die höchsten THG-Einsparungen bezogen auf die Energieausbeute in kWh durch BtL-Kraftstoffe und Biodiesel erzielt werden. Biogas und Ethanol aus Weizen aber auch aus Zuckerrüben weisen dagegen geringere THG-Minderungen auf. Bei diesen Betrachtungen kommt es vor allem auch auf die Nutzung von Reststoffen bzw. Sekundärprodukten an. Wird zum Beispiel bei Ethanol aus den Reststoffen zusätzlich Energie gewonnen, wie über die Vergärung zu Biogas, anstatt diese

Abbildung 3-3

**Potenziale zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen bei verschiedenen Biokraftstoffen im Vergleich zur Stromerzeugung aus Biomasse**



Quelle: CONCAWE et al. 2004; 2006

zu Tierfutter zu verarbeiten, liegt das THG-Einsparungspotenzial wesentlich höher. Weiterhin birgt die Nutzung der Ganzpflanze durch den Celluloseaufschluss bei Ethanol Vorteile hinsichtlich der THG-Bilanz, sodass die Nutzung von Bioethanol ähnlich hohe THG-Einsparungspotenziale aufweist wie die Ganzpflanzennutzung über BtL. Diese Ganzpflanzennutzung ist aber weder hinsichtlich der Bioethanolproduktion noch hinsichtlich der Herstellung von BtL Stand der Technik (s. Kasten unter Tz. 3, Kapitel 2). Wie auch von CONCAWE et al. (2006) gezeigt, kann sich das geringe THG-Einsparungspotenzial bei einer Nutzung der Nebenprodukte bzw. Reststoffe zur Strom- und Wärmeerzeugung positiv ändern.

Die verschiedenen Ergebnisse der THG-Bilanzen machen eine eindeutige Einschätzung hinsichtlich der verschiedenen Nutzungspfade schwierig. Es kann jedoch klar festgestellt werden, dass die Nutzung von Kraftstoffen gegenüber stationärer Strom- und Wärmenutzung in Bezug auf den Klimaschutz deutliche Nachteile aufzeigt. Die Biogasnutzung, vor allem bei der Nutzung von Gülle und Grassilage, ist dagegen aus Klimaschutzsicht immer positiv zu bewerten, genauso wie der Ersatz von Kohle. Da die Kraftstoffnutzung von Biogas nur geringfügig schlechtere THG-Einsparungen aufweist als die Verstromung und Wärmenutzung von Biogas, ist eine Nutzung von Biogas als Kraftstoff eine durchaus sinnvolle und zu empfehlende Möglichkeit, um fossile Kraftstoffe zu ersetzen (NITSCH et al. 2004; RAMESOHL et al. 2006; ARNOLD et al. 2006; FVS 2007).

#### Versauernde und eutrophierende Emissionen

**36.** Neben den Einsparungen bei THG-Emissionen kommt es bei der Nutzung von Biomasse als Brennstoff gegenüber fossilen Vergleichstechnologien zum Teil zu höheren Emissionen an versauerungs- und eutrophierungsrelevanten Gasen (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> usw.) (NITSCH et al. 2004). Die eutrophierenden Auswirkungen sind nach NITSCH et al. (2004) bei Biogas, Kurzumtriebspflanzen (KUP) und Raps am höchsten. Hinsichtlich der Biogastechnologie kommt es außerdem zu Stickoxid- und Ammoniak-Emissionen während der Ausbringung des Gärungsrestes auf den Äckern (WILFERT et al. 2004). Durch neue Ausbringungstechniken können diese bereits verringert werden.

#### Staubemissionen

**37.** Bei der Verbrennung von fester Biomasse kommt es vor allem zu erhöhten Feinstaubemissionen durch den gegenüber fossilen Brennstoffen hohen Aschegehalt in biogenen Brennstoffen. So sind durch die Zunahme von Kleinfeuerungsanlagen die Feinstaubemissionen aus kleinen Holzfeuerungen in Haushalten und im Kleingewerbe von 2002 bis 2003 von 22,7 kt auf 24,0 kt gestiegen. Sie überschreiten inzwischen sogar die Feinstaubemissionen aus dem Straßenverkehr (s. Tab. 3-4; entlang stark befahrender Verkehrsachsen kann die Belastung aber lokal höher sein). Bei kleinen Holzfeuerungen beträgt der Anteil der Feinpartikel (PM<sub>10</sub>) am gesamten Staubausschlag mehr als 90 %. Wieviel Feinstaub tatsächlich ausgestoßen wird,

hängt aber von der Art und dem Alter der Anlage, von der Art der Befeuerung, dem Wartungszustand der Anlage sowie dem eingesetzten Brennholz ab (s. Tab. 3-5). Vorteilhaft sind zum Beispiel Holzpelletfeuerungen. Einige dieser Feuerungen sind so emissionsarm, dass sie ein Umweltzeichen („blauer Engel“) tragen. Durch bessere Rauchgasreinigung sind die Emissionen in großen Anlagen wesentlich geringer als bei Kleinfeuerungsanlagen (NUSSBAUMER 2006). Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) plant, die in der 1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BImSchV) vorgegebenen Anforderungen für kleine Feuerungsanlagen zu novellieren (UBA 2006). Im Gegensatz zu der Verbrennung entstehen bei der Vergasung keine Staubemissionen.

Tabelle 3-4

#### Jahresemissionen PM<sub>10</sub> in Kilotonnen (1 kt = 1 000 t)

| PM <sub>10</sub> -Emissionen in kt                      | 2002 | 2003 |
|---------------------------------------------------------|------|------|
| Kleine Holzfeuerungen in Haushalten und im Kleingewerbe | 22,7 | 24,0 |
| Straßenverkehr (nur Verbrennung)                        | 25,4 | 22,7 |

Quelle: UBA 2006

Tabelle 3-5

#### Spezifische PM<sub>10</sub>-Emissionen einiger kleiner Holzfeuerungsanlagen (Durchschnittswerte aus dem Anlagenbestand in Haushalten)

| Feuerung       | Nennwärmeleistung [kW] | PM <sub>10</sub> [kg/TJ Brennstoffenergie] |
|----------------|------------------------|--------------------------------------------|
| Dauerbrandöfen | < 15                   | 71                                         |
| Kachelöfen     | < 15                   | 111                                        |
| Kamine         | < 15                   | 158                                        |
| Kaminöfen      | < 15                   | 113                                        |
| Heizkessel     | 4–25                   | 22                                         |

Quelle: UBA 2006

In Stroh und anderen Halmgütern sind insbesondere die Gehalte an Schwefel, Stickstoff, Chlor und Asche deutlich höher als im naturbelassenen Holz. Entsprechend höhere Emissionen an SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl (PCDD/F) und (Fein-)Staub können bei ihrer Verfeuerung freigesetzt werden. Aufgrund des hohen Chlorgehaltes und niedrigen Ascheschmelzpunktes von Halmgütern kann ihre Verfeuerung zudem zu Korrosions- und Verschlackungsproblemen führen (WEISS 2001). Daten von HERING (2006) zeigen große Unterschiede in den Emissionen verschiedener Anlagentypen und Herstellern. Es bestehen weiterhin Unter-



schiede in der Aufbereitung des Materials. Bei einer alleinigen Verbrennung von Getreidekorn entstehen überwiegend mehr Emissionen als bei der Verbrennung von Stroh bzw. einer Mischung aus beiden. Ferner treten Unterschiede bei den verschiedenen Getreidesorten auf. Mit modernen Kesseln können allerdings Staub- und CO<sub>2</sub>-Emissionen erreicht werden, die ähnlich wie die Emissionen von Holz sind (Pressemitteilung der FNR Nr. 449 vom 17. Januar 2006). Probleme bereitet jedoch die Verwertung des Mähgutes von extensivem Grünland oder Landschaftspflegeflächen (Heide, Moorflächen usw.). Eine weitere Optimierung der Techniken kann schon jetzt bei der Betrachtung der bisherigen Verbesserungen der Emissionsverhältnisse erwartet werden.

### **3.1.3.2 Thermodynamisch-technische Optimierung der Nutzung**

**38.** Die folgenden Aussagen beziehen sich auf eine Optimierung der Nutzung nach energietechnischen und thermodynamischen Effizienzgesichtspunkten. Das Ergebnis einer solchen Optimierung muss nicht immer mit der aus ökonomischer Sicht effizientesten Lösung übereinstimmen. Das Ergebnis einer solchen Optimierung stimmt wegen der Existenz externer Umwelteffekte nicht immer mit der aus betriebswirtschaftlicher Sicht effizientesten Lösung überein. Unter Klimaschutzgesichtspunkten sollte eine Förderung bestimmter Verwertungswege diese Ineffizienzen nicht noch verstärken.

Prinzipiell sollten die Energieverluste der gesamten Prozess- bzw. Nutzungskette bei der Energieumwandlung minimiert werden. Dabei kann es sich als effizient erweisen, Energieträger in dem Aggregatzustand (fest, flüssig, gasförmig) zu nutzen, in dem sie anfallen oder gewonnen werden. Dadurch werden Umwandlungsverluste vermieden und die Energieeffizienz der Nutzung verbessert.

Es ist daher effizient, Holz vorwiegend in der Wärmeerzeugung einzusetzen, wobei der Abwärmenutzung strukturell Grenzen gesetzt sind (RAMESOHL et al. 2006). Erdöl und Produkte daraus (Mineralöl) sowie Erdgas hingegen sollten überwiegend in der Mobilität verwendet werden. Bevor also Holz in Kraftstoffe umgewandelt wird, ist es aus Effizienzgesichtspunkten sinnvoller, dieses für den Ersatz von Öl und Gas in der Wärmeerzeugung zu nutzen. Generell sollte die Förderung der energetischen Biomassenutzung diesen Effizienzkriterien nicht zuwiderlaufen.

Die Wirkungsgrade der dezentralen und zentralen Wärmeerzeugung sind annähernd gleich. Der Wirkungsgrad der dezentralen Stromerzeugung mit Leistungen von einigen hundert kW ist hingegen signifikant geringer (max. 25 %) als bei der zentralen Stromerzeugung (bis zu 50 %). Dezentrale Verfahren eignen sich daher eher für die Wärme- als für die Stromerzeugung. Die Biomassenutzung in dezentralen Anlagen mit vergleichsweise geringen Verstromungswirkungsgraden sollte daher sinnvollerweise in der Kraft-Wärme-Kopplung durchgeführt werden.

Da Rohstoffe nur aus Rohstoffen hergestellt werden können, Strom (auch für Mobilität) dagegen auch aus anderen regenerativen Energieträgern (Sonne, Wind, Wasser), werden langfristig die fossilen und biogenen Ressourcen vorzugsweise stofflich genutzt werden.

Auch aus Sicht des Klimaschutzes wäre es sinnvoll für die energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen, die nur begrenzt zur Verfügung stehen (vgl. Kap. 2.3.2), nur einen mäßigen Einsatz dieser im Kraftstoffsektor anzustreben. Stattdessen sollte eine gekoppelte Kraft-Wärme-Nutzung bevorzugt werden. Biogas, welches auch aus Reststoffen produziert wird, birgt dagegen mit geringeren energetischen Verlusten eine auch aus Klimaschutzsicht zu fördernde Möglichkeit zur Nutzung als Kraftstoff.

### **3.1.4 Ökologische Auswirkungen von Biomasseanbau und -nutzung auf internationaler Ebene**

**39.** Da zur Deckung des Bedarfs an Biomasse in Deutschland bzw. in Europa der Import notwendig ist (vgl. Tz. 16), ist es wichtig, die Auswirkungen des Biomasseanbaus an den jeweiligen Anbaustandorten mit in die Betrachtung aufzunehmen. Für diesen internationalen Bezugsrahmen sind vertiefende Untersuchungen erforderlich, die aber nicht im Kompetenzbereich des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU) liegen. Im Rahmen des Sondergutachtens kann der SRU nur beispielhaft einige der ökologischen Aspekte aufgreifen, die bei der Biomasseerzeugung in Drittländern von Bedeutung sind. Weiterführende Betrachtungen sollten von Seiten des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) geleistet werden.

Als besonders problematisch erweist sich der Anbau von Biomasse unter nicht naturschutzverträglichen Rahmenbedingungen. Bislang sind die Anbaubedingungen in vielen Fällen für die Nutzer in Europa nur schwer nachzuvollziehen. Die Prozesse in den Erzeugerländern sind häufig nicht so weit erfasst, dass sie in eine ökobilanzielle Betrachtung mit einfließen könnten. Ein Beispiel hierfür ist Palmöl, das als Grundstoff zur Erzeugung von Biokraftstoffen verstärkt im südostasiatischen Raum gewonnen wird. Insbesondere die Rodung von Primärregenwäldern zur Anlage von Palmölplantagen ist grundsätzlich als problematisch einzustufen und kann den erzielten THG-Einspareffekt des Biokraftstoffes kompensieren oder sogar ins Negative umkehren. Ähnliches gilt für die durch Weiterverarbeitung verursachten Schadstoffemissionen, die Luft und Wasser beeinträchtigen können. Darüber hinaus bedeutet die zusätzliche Rodung von Primärwäldern einen weiteren Rückgang der biologischen Vielfalt. Selbst positive THG- oder Energiebilanzen rechtfertigen die Zerstörung wertvoller Ökosysteme nicht. Obwohl zu den Umweltauswirkungen der Palmölproduktion erste Studien und Erkenntnisse vorhanden sind (vgl. REINHARDT et al. 2007; GLASTRA et al. 2002; FRITSCHKE et al. 2006), ist eine weitere Entwicklung der ökobilanziellen Betrachtung in diesen Fällen erforderlich, um das THG-Einsparpotenzial sowie die Um-

weltauswirkungen bewerten zu können. Dabei sollte auch vorhandenes ökologisches Optimierungspotenzial bei der Produktion genutzt werden, zumal Prognosen davon ausgehen, dass sich die globale Nachfrage nach Palmöl bis 2030 verdoppeln wird (REINHARDT et al. 2007).

## **3.2 Gesellschaftliche Auswirkungen**

### **3.2.1 Nationaler Bezugsrahmen**

#### **Sozio-ökonomische Effekte in der Landwirtschaft**

**40.** Auf nationaler Ebene könnte der Ausbau von Biomasseanbau und -nutzung Effekte auf den Arbeitsmarkt haben. Nettoarbeitsplatzeffekte werden insbesondere in der Anlagentechnik, vor allem aufgrund der Technologieführerschaft und der damit verbundenen Exportentwicklung erwartet (BMU 2006). Für die Landwirtschaft ist die Nettoarbeitsplatzbilanz als eher gering einzuschätzen. ISERMEYER und ZIMMER (2006) vermuten positive Effekte in erster Linie bei Bioenergielinien, die auf die Erschließung bisher nicht genutzter Energieträger abzielen und nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelerzeugung stehen (ISERMEYER und ZIMMER 2006, S. 13). Grundsätzlich kann der verstärkte Anbau von Biomasse positive Effekte auf das landwirtschaftliche Einkommen zumindest einiger Betriebstypen haben; es bestehen unter Umständen bessere Chancen, die Wertschöpfung in der Region zu halten (Pressemitteilung der FNR Nr. 449 vom 17. Januar 2006). Dies kann in Regionen, wie den Mittelgebirgsgebieten, in denen die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung unerwünschte Folgen für die Biotop- und Erholungsqualitäten hätten, indirekt auch positive Effekte für die Umwelt haben. Allerdings begründet dies nicht den Ausbau von Biomasse als strukturpolitische Maßnahme zur Stärkung des ländlichen Raumes. Eine Biomassenutzung aus dieser Zielsetzung heraus müsste sich dem Wettbewerb mit anderen förderpolitischen Maßnahmen stellen, die das gleiche Ziel verfolgen.

Fraglich ist, inwiefern eventuelle Vorteile durch gegenläufige Effekte kompensiert werden. Die Nachfrage nach Produktionsflächen für die Biomasse erzeugt Konkurrenzdruck auf andere Anbauarten. Dies führt zu einem Ansteigen der Flächenpreise, der Pachten und der Preise in der Nahrungs- und Futtermittelerzeugung. In einigen Hochburgen des Biomasseanbaus – in Niedersachsen zum Beispiel in den Bereichen Rotenburg, Grafschaft Bentheim oder Soltau-Fallingb. – ist bei den Pachten derzeit ein starker Trend nach oben festzustellen. Das Niveau 2006 lag teilweise um fast das Dreifache über dem des Jahres 2003 (von 250 €/ha auf über 700 €/ha), in Einzelfällen sogar darüber. Während langfristig mit einer Angleichung der Pachten an das Marktniveau zu rechnen ist, können kurz- und mittelfristig Verzerrungen zuungunsten der landwirtschaftlichen Betriebe oder Verdrängungseffekte zulasten der Nahrungsmittelproduktion auftreten (BAHRS und HELD 2007). Der Getreidepreis ist – auch bedingt durch weltweite Missernten – im Jahr 2006 zum Beispiel bei Weizen um mehr als 30 % gestiegen (LfL 2007). Während Marktfruchtbetriebe davon erheblich profitieren konnten, sind Veredelungs- und Fut-

terbaubetriebe mit Nachteilen konfrontiert, wenn sie auf Futtermittelzukaufe angewiesen und mit einem hohen Pachtflächenanteil belastet sind.

### **3.2.2 Internationaler Bezugsrahmen: Import von Biomasse**

#### **Flächenverfügbarkeit und Landnutzungskonflikte**

**41.** Es ist unstrittig, dass anspruchsvolle nationale und EU-weite Mengenziele nur durch Importe von Biomasse zu erreichen sind. Daher dürfen die Auswirkungen der Biomasseproduktion in den jeweiligen Erzeugerländern nicht ignoriert werden. Die ökonomischen und sozialen Effekte, die ein internationaler Bioenergieboom auslösen kann, sind derzeit nur grob abschätzbar (BERGSMA et al. 2007; Project Group Sustainable Production of Biomass 2006). Der Anbau von Energiepflanzen konkurriert weltweit aufgrund alternativer Nutzungsmöglichkeiten bzw. weitgehend identischer Produktionsfaktoren direkt mit der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln. Der gegenwärtige Nachfrageboom nach landwirtschaftlich erzeugten Energieträgern geht aufgrund des zunehmenden Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstums mit einer höheren Nachfrage nach Lebensmitteln und einem Trend zur landnutzungsintensiven Futtermittelproduktion für eine steigende Fleischproduktion einher (OECD und FAO 2006). Es besteht ein klarer Zusammenhang zwischen der Preisentwicklung bei Energiepflanzen sowie bei Nahrungs- und Futtermittelpflanzen. Steigt die Nachfrage nach Energiepflanzen, so erhöht sich bei unveränderter Nachfrage nach Nahrungsmitteln die Rentabilität des Anbaus von Energiepflanzen im Vergleich zu alternativen Agrarprodukten. Zunehmend werden Agrarbauflächen und andere Produktionsfaktoren zur Produktion von Energiepflanzen nachgefragt. Preiserhöhungen für Böden und andere Produktionsfaktoren sind die Folge. Dabei trifft die übliche Erwartung, dass zum Energiepflanzenanbau stets auf bislang ungenutzte minderwertige Flächen ausgewichen wird, nicht generell zu. Vielmehr ist die Nutzungskonkurrenz von der relativen Rentabilität der alternativen Landnutzungsmöglichkeiten abhängig. Kompensieren hohe Erträge für Energiepflanzen die Produzenten für die höheren Kosten des Erwerbs hochwertiger Anbauflächen, so erfolgt eine Verdrängung des Nahrungsmittelanbaus auf minderwertige Böden (AZAR und LARSON 2000). Daraus können sich für bestimmte soziale Schichten negative Veränderungen in der Ernährungssicherheit oder hinsichtlich ihrer Landrechte ergeben (vgl. Kap. 4).

**42.** Zudem kann eine stärkere Eigenversorgung Deutschlands oder Europas mit Energiepflanzen zulasten der Eigenproduktion von Nahrungs- und Futtermitteln in südlichen Ländern führen. Gegenwärtig ist die EU Nettoexporteur landwirtschaftlicher Produkte. Die verstärkte Nutzung von Agrarflächen innerhalb der EU zum Energiepflanzenanbau könnte diese Situation verändern und die Nahrungsmittelversorgung Europas verstärkt von Importen abhängig machen. Dies erhöht zwangsläufig die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten auf dem



Weltmarkt, mit der Folge eines Exportes von Nahrungsmitteln in Länder mit vergleichsweise hoher Kaufkraft.

**43.** Die aus der Notwendigkeit von Importen resultierende steigende Nachfrage nach einer zusätzlichen Landnutzung für den Biomasseanbau in anderen Ländern kann zu Landnutzungskonflikten zwischen den Anforderungen einer industrialisierten und an globalen Agrarmärkten ausgerichteten Landnutzung einerseits und einer kleinflächigen Landwirtschaft andererseits führen, die überwiegend für den Eigenbedarf (Subsistenz) und für lokale Märkte produziert. Dieses Konfliktpotenzial besteht insbesondere in vielen Entwicklungsländern. Dort sind ebenfalls Auswirkungen auf die Preise für Kauf oder Pacht von Flächen denkbar (FRITSCHKE et al. 2006, S. 13). Eine diesbezügliche Preissteigerung käme vor allem den Personengruppen zugute, die große Flächen Land besitzen und in der Lage sind, dessen Teile zu verkaufen oder zu verpachten, während sie sich für die weniger zahlungskräftigen Bevölkerungsteile, die selbst wenig oder kein Land besitzen, negativ auswirkt. Ein besonderes Augenmerk muss auch der langfristigen Versorgung ärmerer Schichten in den Metropolen der betreffenden Entwicklungsländer gewidmet werden.

#### **Nahrungsversorgung und Nahrungsmittelsicherheit**

**44.** Derzeit werden global insgesamt genügend Lebensmittel produziert, um die Gesamtbevölkerung ernähren zu können. Dass Menschen mangel- oder fehlerernährt sind, liegt daher überwiegend daran, dass sie aufgrund fehlender Kaufkraft keinen gesicherten Zugang zu vorhandenen Lebensmitteln haben. „Ernährungssicherheit ist derzeit ein Verteilungs- und kein Produktionsproblem“ (WBGU 2005, S. 49). Obwohl der Biomasseanbau nicht die Kernursache für Unsicherheiten in der Nahrungsmittelversorgung darstellt (FRITSCHKE et al. 2006, S. 13; vgl. FAO 2006), kann er zur Verschärfung bestehender Ernährungsprobleme beitragen, indem eine durch rentable Biomasseverwertungsverfahren induzierte Verstärkung der Nachfrage zu Preissteigerungen bei Agrarprodukten führt (vgl. ISERMEYER und ZIMMER 2006, S. 3). Auf der anderen Seite kann der Biomasseanbau aber auch dazu beitragen, Einkommen zu generieren und so die Nahrungsmittelversorgung zu verbessern (FRITSCHKE et al. 2006, S. 13).

#### **Weitere Auswirkungen**

**45.** Die Expansion des Biomasseanbaus kann sich je nach Rahmenbedingungen unterschiedlich auf Arbeitsbedingungen (Sicherheitsvorkehrungen, Löhne, illegale Überstunden, Kinderarbeit, Quasi-Sklaverei usw.) auswirken. Insbesondere sind durch die Verwendung von Pestiziden oder durch Luftverschmutzungen beim Abbrennen von Feldern negative Auswirkungen auf die Gesundheit der in der Produktion Beschäftigten möglich (FRITSCHKE et al. 2006, S. 21).

Auswirkungen des Biomasseanbaus auf die natürliche Umwelt können indirekte Wirkungen auf die Lebensbedingungen der ansässigen Bevölkerung haben. So kann

sich Wasserverschmutzung in Belastungen des Trinkwassers manifestieren. Bodenerosion kann dazu führen, dass Landflächen zukünftig nicht mehr zur Bewirtschaftung zur Verfügung stehen. Da diese Effekte jedoch an direkte Umweltauswirkungen des Biomasseanbaus gebunden sind, liegt der Ansatzpunkt für eine Vermeidung in der Entwicklung von umweltbezogenen Standards in den Exportländern (Kap. 4).

### **3.3 Zusammenfassung**

#### **Ökobilanzierung**

**46.** Eine Gesamtbetrachtung aller Vor- und Nachteile des verstärkten Ausbaus der Biomasseproduktion und -nutzung in Deutschland erfordert eine umfassende Analyse verschiedener Anbau- und Nutzungspfade. Insbesondere aus der Perspektive des Klimaschutzes ist es erforderlich, das THG-Vermeidungspotenzial unter Einbeziehung der Produktionswege und -prozesse von Anfang bis zum Ende fundiert zu analysieren. Vor allem Auswirkungen der Landnutzung wie Düngemiteleininsatz und Landnutzungsänderungen hinsichtlich Kohlenstoffverluste werden in Bezug auf ihre THG-Emissionen oft vernachlässigt. Als Instrument für die Abschätzung der THG-Vermeidungspotenziale ist die Ökobilanz bzw. die Lebenszyklusanalyse prinzipiell geeignet. Bei der Festsetzung des Bilanzrahmens ist allerdings darauf zu achten, dass alle relevanten Prozesse miteinbezogen werden und als Resultat miteinander vergleichbare Ergebnisse geliefert werden.

#### **Gewinnung von Biomasse**

**47.** Die Gewinnung von Biomasse ist nicht per se nachhaltig. Eine zu starke Nutzung von landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Reststoffen kann zu Problemen hinsichtlich der Nährstoffkreisläufe führen. Aber vor allem ist der derzeit vorangetriebene zügige Ausbau von nachwachsenden Rohstoffen sowohl auf nationaler als auch auf der internationalen Ebene mit Auswirkungen auf die Umwelt verbunden. Besonders der intensive Anbau steht dabei oft mit Zielen des Naturschutzes im Konflikt, zumal die konventionelle Landwirtschaft bereits jetzt in hohem Niveau negative Auswirkungen auf den Naturhaushalt – insbesondere auf Böden und Gewässer – verursacht. Wird der intensive Anbau von nachwachsenden Rohstoffen jedoch auf weniger produktive, bisher extensiv genutzte Flächen ausgeweitet, verstärken sich die Konflikte mit Naturschutzzielen. Nachhaltige Anbauverfahren und die Verwendung einer Vielfalt möglicher Energiepflanzen in einer erweiterten Fruchtfolge können hingegen Synergieeffekte mit dem Naturschutz nach sich ziehen.

Der hohe Flächenbedarf des Biomasseanbaus trifft auf eine begrenzte Verfügbarkeit geeigneter Flächen, die schon heute von konkurrierenden Nutzungen (hauptsächlich Nahrungs- und Futtermittelproduktion) beansprucht werden. Die Gefahren für den Naturhaushalt liegen weniger in besonders umweltschädigenden Qualitäten neuartiger Anbauformen. Viel stärker ins Gewicht fällt derzeit

die flächenhafte Zunahme von Anbaukulturen, die mit starken Auswirkungen auf die Umwelt verbundenen sind. Hierzu zählen zum Beispiel der Anbau von Raps und Mais auf Kosten weniger umweltgefährdender Anbauformen sowie die Um- oder Übernutzung von CO<sub>2</sub>-speichernden Vegetationsformen wie Wald oder Grünland. Auch die intensive Nutzung bisher extensiv genutzter Flächen ist mit negativen Folgen für die Umwelt verbunden. Insgesamt erhöht sich damit auch der Druck auf sensible Regionen und Biotope.

Grundsätzlich können nachwachsende Rohstoffe auch in nachhaltiger Anbauweise erzeugt werden. Neben der Erprobung und Anwendung alternativer Anbauverfahren und traditionell verwendeter Sorten gehört dazu auch die Entwicklung von Sorten, die sich durch einen minimalen Pestizid- und Düngemittelbedarf auszeichnen. Neben dem Schutz der Böden und Gewässer führen nachhaltige Anbaupflanzen und -verfahren – insbesondere dort, wo Intensivkulturen ersetzt werden – zu positiven Begleiteffekten für die Artenvielfalt. Diese haben sich aber bisher nicht etabliert. Auch die Vielfalt der energetisch nutzbaren Pflanzen wird derzeit nicht ausgeschöpft. Somit besteht der Bedarf diese Verfahren und Pflanzen verstärkt zu fördern, um eine Integration in die Landnutzung zu ermöglichen.

In räumlicher Hinsicht zeichnet sich deshalb ein erhöhter Koordinierungsbedarf ab, um weitere Umweltbeeinträchtigungen zu verhindern sowie „Vorranggebiete“ für die Biomassenutzung zu definieren. Damit lassen sich die genannten Synergieeffekte in höherem Maße ausnutzen.

### Nutzung von Biomasse

**48.** Wegen nicht hinreichender ökobilanzieller Betrachtungen, so insbesondere hinsichtlich der Klimafolgen von Landnutzungsänderungen, wird die Minderung von THG bei der energetischen Nutzung von Biomasse tendenziell überschätzt. Vor allem wegen der Vernachlässigung der THG-Emissionen, die durch den Anbau von Biomasse entstehen, kann zurzeit keine abschließende Bewertung vorgenommen werden. Eine fundierte Bewertung der Techniken ist hinsichtlich der THG-Einsparungspotenziale derzeit nur eingeschränkt möglich, da in den bisher vorhandenen Ökobilanzen unterschiedliche Bilanzrahmen festgelegt sind. Dennoch lassen die bisherigen Ergebnisse den Schluss zu, dass die stationäre Nutzung von Biomasse zur Strom- und Wärmeerzeugung vorteilhaft gegenüber der Nutzung von Biomasse als Kraftstoff ist. Weiterhin erweist sich Biogas, unabhängig davon ob es

stationär oder für die Mobilität genutzt wird, als vorteilhaft. BtL-Kraftstoffe erweisen sich zwar als vorteilhafter gegenüber den Biokraftstoffen der sogenannten 1. Generation. Jedoch erscheint nach derzeitigem Stand auch diese Technologie, die erst mittelfristig für eine großtechnische Produktion zur Verfügung steht, gegenüber der stationären ungünstiger zu sein. Es sollte deswegen nur ein mäßiger Ausbau der Biokraftstoffe angestrebt werden. Die stationäre Nutzung zeigt vor allem bei der Wärmenutzung bzw. bei kombinierter Wärme- und Stromnutzung gute THG-Einsparungspotenziale. Ein Ausbau dieser kombinierten Nutzung sollte deswegen auf jeden Fall angestrebt werden. Generell sollte der Aggregatzustand der jeweiligen Energieträger möglichst nicht mehrfach geändert werden (z. B. Biogas als Erdgassubstitut, Holz zu Wärme statt zu BtL), um möglichst geringe Umwandlungsverluste zu ermöglichen. Auch wenn diese generellen energetischen Grundsätze nicht immer den Marktpraktiken entsprechen, sollten diese auf jeden Fall von der Förderpolitik berücksichtigt werden.

Die Verbrennung von Biomasse zeigt weiterhin Umweltprobleme bezüglich der Staubemission vor allem bei Kleinanlagen. Um eine Minderung zu erreichen, müssen anspruchsvolle Emissionsgrenzwerte festgelegt werden. Die Nutzung von Festbrennstoffen mittels Vergasung und anschließender Gasverbrennung kann einen Beitrag zur Lösung des Problems leisten.

### Gesellschaftliche Auswirkungen

**49.** National sind die sozi-ökonomischen Wirkungen eher als gering einzustufen. Dadurch, dass zur Erreichung der deutschland- und EU-weiten energiepolitischen Ziele ein Import von Biomasse notwendig ist, ist aber auch die internationale Ebene betroffen. Hierfür müssen hohe soziale und ökologische Standards eingehalten werden. Grundsätzlich sollte als Kriterium gelten, dass importierte Biomasse unter gleichen ökologischen und sozialen Bedingungen wie in Deutschland angebaut wird. Die Nutzung von Biomasse ist weder nachhaltig noch dient sie dem Klimaschutz, wenn Anbaubedingungen im Ausland nicht bestimmten Mindestanforderungen entsprechen. Die Produktion von importierter Biomasse kann zur Verknappung von Nahrungsmitteln, Konflikten über die Flächennutzung oder sogar zur Vernichtung von Primärregewäldern zugunsten von Anbaufläche in den Erzeugerländern führen. Im Sinne der Nachhaltigkeit sollte die Berücksichtigung globaler Auswirkungen Bestandteil einer nationalen Biomassestrategie sein, um diese negativen Aspekte zu verhindern.



## 4 Leitplanken und Handlungsfelder für flankierende Standards des nachhaltigen Anbaus und der Nutzung von Biomasse

### 4.1 Einleitung

**50.** Die Einführung neuer Technologien verlangt generell nach einer politischen Gestaltung, die die absehbaren, unerwünschten Folgen und Nebenwirkungen entweder verringert oder ausschließt. Hierzu wurden im Rahmen einer Theorie der Technikfolgenabschätzung inhaltliche Grundsätze, analytische Schemata und Verfahrensvorschläge ausgearbeitet (OTT 2005; ROPOHL 1996; HASTEDT 1991). In den vorherigen Kapiteln wurde deutlich, dass die Nutzung von Biomasse ein komplexes Handlungsfeld darstellt, welches aufgrund seiner Bezüge zur Landwirtschaft und zur Energiepolitik einer politischen und rechtlichen Gestaltung in besonders hohem Maße bedarf (so auch DRL 2006). Insbesondere dann, wenn neue Technologien von staatlicher Seite substantiell gefördert werden, muss darauf geachtet werden, dass nicht infolge ihres Einsatzes – und somit infolge der Förderung – erhebliche negative Nebenwirkungen entstehen.

**51.** Die Biomassenutzung wird vom Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) als Chance für die Förderung einer dauerhaft umwelt- und sozialverträglichen Entwicklung gesehen. Allerdings hat sich mittlerweile die Erkenntnis durchgesetzt, dass ein dauerhaft umwelt- und sozialverträglicher Anbau von Biomasse anhand von Leitplanken und Standards reguliert werden muss. So stellt die Europäische Kommission in ihrem Biomasse-Aktionsplan folgende Bedingungen für die Biomasseproduktion auf (Europäische Kommission 2005):

- keine Auswirkungen auf die innerstaatliche Nahrungsmittelproduktion für die innerstaatliche Versorgung („no effect on domestic food production for domestic use“);
- keine Belastungszunahme der Biodiversität in der Landwirtschaft und im Wald („no increase in pressure on farmland and forest biodiversity“);
- keine Zunahme ökologischer Belastungen für Wasser- und Bodenressourcen („no increase in environmental pressure on soil and water resources“);
- kein Umbruch zuvor nicht umgebrochenen Grünlandes („no ploughing of previously unploughed permanent grassland“).

Diese Bedingungen sollen laut Aktionsplan erfüllt werden, indem eine

- Verlagerung zu einer umweltfreundlicheren Landwirtschaft, einschließlich der Etablierung ökologischer Trittsteine („a shift towards more environmentally friendly farming, with some areas set aside as ecological stepping stones“) und
- Anpassung des Anteils der Biomasseentnahme aus Waldökosystemen an die lokalen Nährstoffbilanzen

und die Erosionsrisiken („the rate of biomass extraction from forests adapted to local soil nutrient balance and erosion risks“)

stattfindet.

Die Europäische Kommission geht also davon aus, dass der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen nur innerhalb bestimmter Leitplanken erfolgen sollte. Indem der EU-Aktionsplan eine besonders umweltfreundliche Landwirtschaft für den Anbau nachwachsender Rohstoffe vorschlägt, empfiehlt er für die Biomasse über die derzeitigen Landnutzungspraktiken hinausgehende Anstrengungen. Allerdings stellen die von der Kommission genannten Bedingungen nur erste Anhaltspunkte dar, die es zu erweitern, zu systematisieren und zu spezifizieren gilt. Im April 2007 hat die Europäische Kommission daher ein öffentliches Konsultationsverfahren initiiert, in dessen Rahmen insbesondere die notwendigen Elemente eines Biomasseregimes diskutiert werden sollen, das auf eine Verringerung der Treibhausgas-Emissionen (Treibhausgas – THG) und eine Minimierung der Umwelt Risiken gerichtet ist (Europäische Kommission 2007b). Auf nationaler Ebene ist die Festlegung ökologischer Förderbedingungen für den Anbau nachwachsender Rohstoffe insbesondere auf Grundlage von § 37 d Abs. 3 und Abs. 4 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) möglich. Danach kann die Bundesregierung durch Rechtsverordnung vorschreiben, dass Biokraftstoffe nur dann auf die zu erfüllende Biokraftstoffquote angerechnet werden, wenn bei der Erzeugung der eingesetzten Biomasse nachweislich bestimmte Anforderungen an eine nachhaltige Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen oder bestimmte Anforderungen zum Schutze natürlicher Lebensräume erfüllt werden oder wenn Biokraftstoffe ein bestimmtes CO<sub>2</sub>-Verminderungspotenzial aufweisen. Die Bundesregierung kann auch Anforderungen zur Konkretisierung dieser Kriterien festlegen.

**52.** Dieses Kapitel soll zur allgemeinen Orientierung bei der notwendigen Gestaltung, der Festlegung von Leitplanken und Standards sowie der damit verbundenen Prüfung von Regulierungsoptionen dienen. Inhaltlich legt der SRU das von ihm vertretene Konzept „starker“ Nachhaltigkeit zugrunde (vgl. SRU 2002b, Kap. 1; OTT und DÖRING 2004). Die in dieser Konzeption enthaltenen Managementregeln (SRU 2002b, Tz. 29) fordern den Ersatz nicht-erneuerbarer durch erneuerbare Energieträger, sodass die Nutzung von Biomasse von daher grundsätzlich zu begrüßen ist. Andererseits ergeben sich aus dem gleichen Nachhaltigkeitsverständnis auch ökologische Ziele für Landnutzungssysteme, die mit bestimmten Anbauvarianten von Biomasse konfliktieren können. Die durch die Biomassenutzung mit ausgelöst, unverkennbaren Tendenzen hin zu einem Intensivierungsdruck der

Landnutzung, einschließlich der Forstwirtschaft, sieht der SRU daher äußerst kritisch.

**53.** In früheren Gutachten hat der SRU eine Reihe von Leitplanken und Standards für die Landwirtschaft operationalisiert (SRU 2002b; 2004, m. w. N.). Diese gelten nicht exklusiv für die Biomassenutzung, sondern sind auf die gesamte landwirtschaftliche Erzeugung gerichtet. Im Folgenden werden diese allgemeinen Leitplanken und Standards speziell im Hinblick auf den Anbau nachwachsender Rohstoffe dargestellt und, wenn nötig, spezifiziert. Da die zunehmende Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen nur über Importe gedeckt werden kann (vgl. Kap. 2.3), müssen auch in den möglichen Exportländern Leitplanken und Standards festgelegt werden. Dies erfordert Kooperationen und vertragliche Vereinbarungen zwischen Import- und Exportländern (vgl. Tz. 91 ff.). Auch Zertifizierungssysteme beruhen letztlich auf solchen Standards.

**54.** Von den Kriterien der Technikfolgenabschätzung werden im Folgenden nur die Kriterien der Sozialverträglichkeit und der Umweltverträglichkeit, insbesondere die Belange des Naturschutzes, behandelt. In Verbindung mit der Unterscheidung zwischen der nationalen und der globalen Ebene ergeben sich vier Handlungsfelder.

Für diese Handlungsfelder werden im Folgenden normative Leitplanken aufgestellt, die soweit wie möglich zu Standards konkretisiert und hinsichtlich der rechtlichen Regulierungsoptionen für die Umsetzung dieser Standards untersucht werden sollen. Die Standards sollen dazu dienen, bezüglich bestimmter Schutzgüter jeweils konkrete Schutzniveaus festzulegen. Der SRU geht im Grundsatz davon aus, dass an den Anbau nachwachsender Rohstoffe die gleichen Standards angelegt werden sollten, wie an die Erzeugung anderer landwirtschaftlicher Produkte, insbesondere Nahrungsmittel. Dies schließt nicht aus, dass es in Einzelfällen Gründe geben kann, aufgrund derer sich biomassespezifische Regelungen als sinnvoll oder unerlässlich erweisen könnten (Tz. 55, 58).

## **4.2 Nationale Herausforderungen**

### **4.2.1 Ökologische Aspekte**

**55.** Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf den landwirtschaftlichen Anbau nachwachsender Rohstoffe. Den verschiedenen Auswirkungen der Ausdehnung dieses Anbaus liegen komplexe Ursachen- und Wirkungszusammenhänge zugrunde (vgl. Tab. 3-3). Dabei lassen sich Auswirkungen, die generell auftreten, wenn intensiv Landwirtschaft betrieben wird, von den Auswirkungen unterscheiden, die spezifisch für den Anbau nachwachsender Rohstoffe sind. Bezüglich solcher Auswirkungen, die bei jeglicher Art intensiver Landwirtschaft auftreten, ist von Bedeutung, dass der Anbau nachwachsender Rohstoffe sich zunehmend räumlich ausbreitet, was einen Intensivierungsdruck nach sich zieht. Dies betrifft sowohl die individuellen Betriebsflächen als auch die Ausdehnung der Fläche im Gesamtmaßstab. Die durch die Nutzung von Biomasse ausgelöste Steigerung

der Nachfrage nach landwirtschaftlichen Erzeugnissen kann entweder über die Ertragssteigerung des Anbaus oder aber die Nutzung zusätzlicher Flächen, die bislang entweder gar nicht oder nur extensiv bewirtschaftet wurden, gedeckt werden. Dieser Intensivierungsdruck begründet die Notwendigkeit neuer Standards, Anbaupraxis und Rahmensteuerung im Raum.

#### **4.2.1.1 Naturschutzfachliche Standards zur Minimierung der ökologischen Auswirkungen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe**

##### **Standards für nicht-biomassespezifische Auswirkungen**

**56.** Ansätze für die Regelung der negativen Auswirkungen der Landwirtschaft zum Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln sowie von nachwachsenden Rohstoffen bieten die gute fachliche Praxis und die Regelungen zur Cross Compliance (vgl. Tab. 4-1). Der SRU sieht sowohl bezüglich der Konkretisierung und Verbindlichkeit der Anforderungen der guten fachlichen Praxis als auch der Überprüfung ihrer Einhaltung erheblichen Verbesserungsbedarf (vgl. SRU 2002a, Tz. 359). Der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen sollte nicht zu einer Aufweichung von Standards, sondern zu einer konsequenten Auslegung und Umsetzung der Kriterien guter fachlicher Praxis führen. Insbesondere sollte der Anbau nachwachsender Rohstoffe die Multifunktionalität landwirtschaftlicher Flächen nicht gefährden.

**57.** Da der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen zu einem erhöhten Produktionsdruck auf landwirtschaftlich schon intensiv bewirtschafteten Flächen und zu einer erhöhten Tendenz führt, heute noch nicht oder zumindest noch nicht intensiv bewirtschaftete Flächen intensiv zu bewirtschaften, ist eine konsequente Durchsetzung der Standards der guten fachlichen Praxis geboten. Zusätzlich spricht sich der SRU für eine partielle Verschärfung der Standards in den folgenden Punkten aus:

- Einsatz von Düngemitteln: Die Eutrophierung der Landschaft stellt eine der Hauptursachen für den Verlust der biologischen Vielfalt dar (REID et al. 2005; EEA 2006; HÄRDTLEIN 2000). Durch die Austräge von Stickstoff werden die Umweltmedien Boden und Wasser stark belastet. Der SRU hat zuletzt im Umweltgutachten 2004 die Einführung einer Stickstoffüberschussabgabe mit der Verankerung einer Freigrenze von 40 kg N/ha vorgeschlagen (SRU 2004, Tz. 324 ff.). In Anbetracht der weiterhin hohen Stickstoffüberschüsse erscheint die Einführung einer derartigen Abgabe, die die rechtlichen Regelungen flankiert und deren Vollzug unterstützt, geboten.
- Einsatz von Pestiziden: Der integrierte Pflanzenschutz orientiert sich an einer Minimierung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln, insbesondere durch den Anbau widerstandsfähiger und standortgerechter Sorten, den Vorrang des Einsatzes von Nützlingen und Pflanzenstärkungsmitteln und die Bindung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln an Schadschwellen. Um die ne-

gativen Auswirkungen des Einsatzes von Pestiziden zu reduzieren, schlägt der SRU eine verbindliche Bewirtschaftung gemäß integriertem Pflanzenschutz vor (BMVEL 2005).

- Verengung der Fruchtfolge: Die Einhaltung einer mindestens dreigliedrigen Fruchtfolge ohne Ausnahmeregelungen als Mindestanforderung scheint angemessen, um einem weiteren Ausbau bestimmter Kulturen, die bereits jetzt an Grenzen stoßen (z. B. Raps), entgegenzuwirken.
- Verbot des Umbruchs von Dauergrünland: Weder die Regelungen der Cross Compliance noch die nur auf bestimmte Standorte bezogenen Regelungen der guten fachlichen Praxis im Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) bieten einen ausreichenden Schutz gegen Grünlandumbruch. Daher ist ein generelles Verbot des Grünlandumbruchs erforderlich.
- Schutz von Saum- und Strukturelementen: Zur Ergänzung des im BNatSchG und in der Cross Compliance verankerten Schutzes von Saum- und Strukturelementen könnte eine Kompensationsregelung (ähnlich der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung) erwogen werden, welche die Veränderungen der landwirtschaftlichen Schlagzuschnitte nicht völlig verhindert, die Werte- und Flächenbilanz für Landschaftselemente aber nicht verändert.

Bei den gesetzlich geschützten Flächen wird die Notwendigkeit gesehen, bestehende Schutzgebietsverordnungen im Hinblick auf den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen zu spezifizieren. Der mögliche Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen zur Biomassegewinnung darf die Aussichten auf eine dauerhafte Gewährleistung der Koexistenz unterschiedlicher Anbauformen nicht verschlechtern.

#### **Spezifische Standards für den Anbau nachwachsender Rohstoffe**

**58.** Spezifische Standards für den Anbau nachwachsender Rohstoffe sind nur dort erforderlich, wo Auswirkungen auftreten, die beim Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln nicht vorkommen. Der SRU ist der Ansicht, dass aufgrund der derzeitigen Erkenntnisse gegebenenfalls folgende Auswirkungen einer Ausweitung des Biomasseanbaus einen spezifischen Regelungsbedarf nach sich ziehen:

- Entnahme organischen Materials, insbesondere von Reststoffen (Stroh, Laub, Totholz): Die Biomassenutzung eröffnet vorher nicht vorhandene Verwendungsmöglichkeiten für derartige Reststoffe. Deren Entnahme sollte bereits aus Gründen der THG-Optimierung von Biomasseanbau- und -nutzungsverfahren nicht dazu führen, dass der organische Gehalt des Bodens sinkt. In Bezug auf die Entnahme organischen Materials erscheint der jeweilige Nachweis einer ausgeglichenen Humusbilanz erforderlich.
- Anbau neuer Arten bzw. Sorten nachwachsender Rohstoffe: Der Anbau neuer oder gentechnisch veränder-

ter Arten und Sorten nachwachsender Rohstoffe kann aus naturschutzfachlichen Gründen spezielle, artspezifische Regelungen erfordern.

Vor dem Hintergrund der durch die Steigerung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe bewirkten verstärkten Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten ist die Notwendigkeit einer auf die Reduktion landwirtschaftlicher Überschüsse gerichteten Stilllegungsprämie zu überprüfen. Die dadurch gegebenenfalls frei werdenden Mittel könnten über Agrarumweltschutzprogramme den Zielen des Naturschutzes dienen. Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt die gesamten Auswirkungen eines verstärkten Anbaus und einer verstärkten Nutzung von Biomasse noch nicht hinreichend erforscht sind, sind die vom SRU genannten Standards nur als erste Schritte hin zu einer dauerhaft umweltgerechten Reglementierung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe zu verstehen. Ein zusätzlicher Erkenntnisgewinn in Hinsicht auf die Umweltauswirkungen kann es in Zukunft erforderlich machen, weitere Standards zu definieren.

#### **Ziele für standort- und flächenspezifische Auswirkungen der Biomassenutzung**

**59.** Für eine umfassende Regulierung der flächen- und standortspezifischen Auswirkungen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe ist ein raumbezogenes Instrumentarium erforderlich, denn viele Ziele bzw. Grenzen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe können ausschließlich in Bezug auf bestimmte Standorttypen oder Regionen formuliert werden, da nur dann deren charakteristische Empfindlichkeiten berücksichtigt werden können (vgl. Tz. 69 ff.). Dieses Vorgehen ist effizient, da weniger empfindliche Flächen nicht mit unnötig hohen Einschränkungen belegt werden sollten. Eine Zusammenfassung der genannten naturschutzfachlichen Standards findet sich in Tabelle 4-1.

#### **4.2.1.2 Synergien mit dem Naturschutz**

**60.** Angesichts einiger ausgeprägter Umweltprobleme der deutschen Landwirtschaft im Vergleich zum EU-Durchschnitt, beispielsweise der derzeit noch verhältnismäßig hohen Stickstoffbilanzüberschüsse von 105 kg N pro Hektar und Jahr (BMELV 2006b; s. u. a. REID et al. 2005; EEA 2006; HÄRDTLEIN 2000 zu den Umweltwirkungen) erscheint es besonders wünschenswert, nicht nur den Status quo der Umweltqualität zu erhalten, sondern die Umstellung eines Teils der landwirtschaftlichen Produktion auf den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen als Chance zur Verminderung von Belastungen zu nutzen. Da der Anbau nachwachsender Rohstoffe und die Biomassenutzung gerade unter Berufung auf Umweltziele speziell gefördert werden, ist in diesem Bereich eine Vorreiterrolle besonders anzustreben und erforderlich.

**61.** Besonders förderungswürdig sind daher Bioenergiepotenziale, die Synergieeffekte mit den Anforderungen des Natur-, Boden- und Gewässerschutzes erwarten lassen (REINHARDT et al. 2005, vgl. Kapitel 3). Andere

Synergien lassen sich realisieren (s. a. CHOUDHURY et al. 2004, S. 53), wenn der Biomasseanbau

- heimische Arten gegenüber gebietsfremden bevorzugt;
- den Einsatz von Pestiziden minimiert;
- den Einsatz von Düngemitteln minimiert;
- Boden- bzw. Erosionsschutz gewährleistet;
- Anforderungen des Gewässerschutzes beachtet;
- die Wiederherstellung oder Restaurierung von heimischen Ökosystemen sowie die Biotopvernetzung fördert.

**62.** Nach heutigem Erkenntnisstand scheinen folgende Anbauverfahren besonders naturschutzverträglich zu sein (ähnlich auch DRL 2006, S. 40):

- Niederwälder und Mittelwälder (Hasel, Birke, Hainbuche, Espe u. a.),
- Kurzumtriebsgehölze,
- die energetische Nutzung von Grünland- und Gehölzschnitt, insbesondere aus der Landschaftspflege,
- Low-Input-Low-Output-Kulturen,
- Mischkulturen und Zwei-Kulturen-Systeme, letztere allerdings nur in Gebieten mit hohen Niederschlagsmengen.

Derartige Anbauverfahren sollten über Agrarumweltmaßnahmen gefördert werden. Die Ergebnisse für den Schutz des Naturhaushaltes wären dann ein „Kuppelprodukt“ des Anbaus nachwachsender Rohstoffe. Die Nutzung von Schnittgut aus der Landschaftspflege als Biomasse ist in diesem Zusammenhang ebenfalls denkbar und sollte angestrebt werden. Der klimaoptimierte Einsatz solcher „Kuppelprodukte“ ist besonders förderungswürdig.

#### 4.2.2 Sozioökonomische Effekte

**63.** Die in Tz. 41 aufgeführten Konsequenzen legen das Urteil nahe, dass Preissteigerungen für Agrarprodukte wahrscheinlich sind. Geht man für die Zukunft von durchschnittlichen Hektarerträgen aus, so würden sich die Preissteigerungen für Primärprodukte über die gesamte Verarbeitungs- und Allokationskette verteilen, sodass die Endprodukte sich nicht erheblich verteuern dürften. Die Ernährungssituation der deutschen Bevölkerung dürfte sich durch den Anbau von Biomasse daher nur unwesentlich ändern (so auch DRL 2006).

**64.** Wie ein moderater Anstieg der Nahrungsmittelpreise zu bewerten ist, ist fraglich. Eine geringfügige Erhöhung des Anteils am Haushaltseinkommen erscheint vertretbar. Eine aufgrund der Konkurrenz zwischen Biomassenutzung und Futtermittelerzeugung mögliche Verteuerung von Fleischprodukten ist angesichts der Gesamtproblematik der industriellen Fleischerzeugung (STEINFELD et al. 2006) eher positiv zu bewerten. Die Einsichten in die Begrenztheit von Ackerflächen angesichts einer Vielzahl von direkt miteinander konkurrieren-

den Nutzungsoptionen (Nahrung, alkoholische Getränke, Futtermittel, Biomasse für die diversen Nutzungspfade) könnte durchaus zu einer neuen und wünschenswerten agrarpolitischen Sensibilität in der breiten Bevölkerung führen und gegebenenfalls auch zu einer aus Umweltsicht wünschenswerten Änderung von Konsummustern beitragen.

**65.** Insgesamt sind die sozialen Auswirkungen des Biomasseanbaus auf nationaler Ebene kurzfristig weder auf der Verbraucher- noch auf der Erzeugerseite gravierend. Über großen Hoffnungen hinsichtlich einer Entwicklung ländlicher Räume ist allerdings ebenfalls mit Skepsis zu begegnen. Im Gegensatz zu den sozioökonomischen Auswirkungen des Imports nachwachsender Rohstoffe in den Erzeugerländern sieht der SRU in Bezug auf die sozioökonomischen Auswirkungen im Inland keinen besonderen Regelungsbedarf. Der SRU geht dabei allerdings von der Voraussetzung aus, dass die durchschnittlichen Hektarerträge in der Nahrungsmittelerzeugung in den zentralen europäischen Anbaugebieten mindestens konstant bleiben (IPCC 2007). Sollte sich aufgrund des Klimawandels diese Voraussetzung als revisionsbedürftig erweisen, so wäre evidentermaßen der Anbau von Nahrungsmitteln prioritär gegenüber dem von Biomasse. Diese Priorität gilt erst recht auch im internationalen Maßstab.

#### 4.3 Instrumente zur umweltgerechten Flankierung der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe auf nationaler Ebene

**66.** Aus den bisherigen Forschungsarbeiten zur Erzeugung nachwachsender Rohstoffe lässt sich noch kein umfassendes „Raster“ von Standards ableiten, die infolge ihres Anwendungsbereiches und Anspruchsniveaus eine hinreichende Gewähr für den Ausschluss von Umweltgefahren bieten könnten. Vielmehr ist zu konstatieren, dass die Forschung auf diesem Gebiet mit der rasanten Ausweitung der Erzeugung nachwachsender Rohstoffe kaum noch Schritt zu halten vermag. Diese Ausweitung stellt sich als Folge der äußerst dynamisch angelegten staatlichen Anbau- und Abnahmeförderung dar (Abschn. 5.1.2 und Kap. 5.2). Aus Gründen der Schadensprävention und Umweltvorsorge ist es zwingend notwendig, die Förderung nachwachsender Rohstoffe zu „entschleunigen“. Andernfalls bestünde die Gefahr, dass umweltbezogene Vorgaben mit Blick auf die Erfüllung der (dynamischen) Ausbauziele formuliert werden und keinen hinreichenden Schutz der Umweltgüter gewährleisten können.

#### Mindestanforderungen an eine Anpassung des Naturschutz- und Landwirtschaftsrechts

**67.** Auf Grundlage der bisherigen Erkenntnisse (Tz. 57 ff.) erweisen sich zumindest die nachfolgend genannten Anpassungen des Naturschutz- und Landwirtschaftsrechts für eine umweltgerechte Flankierung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen als erforderlich:

- Eine Novellierung des Düngemittelgesetzes zum Zwecke der Einführung einer regionalspezifisch ausdiffe-

renzierten Stickstoffüberschussabgabe (SRU 2004, Tz. 324 ff.; zur rechtlichen Zulässigkeit von Düngemittelabgaben: MÖCKEL 2007).

Die partiellen Verschärfungen der düngemittelrechtlichen Anforderungen an die gute fachliche Praxis durch die Novelle der Düngeverordnung (DüngeV) aus dem Jahre 2006 (unter anderem mit einer weiteren Begrenzung des Einsatzes von Wirtschaftsdüngern tierischer Herkunft, konkreten Mindestabstandsregelungen, dem Verbot bestimmter Aufbringungstechniken und Vorgaben für die Düngung von stark zu Gewässern geneigten Ackerflächen) reichen nicht aus, um einen umweltschonenden Düngemiteleinsatz sicherzustellen.

- Eine weitere Präzisierung des integrierten Pflanzenschutzes unter gleichzeitiger Aufwertung seines rechtlichen Stellenwertes.

Der integrierte Pflanzenschutz als Bestandteil der guten fachlichen Praxis nach § 2 a Abs. 1 S. 3 Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) weist dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln eine prinzipiell nachrangige Bedeutung gegenüber anderen Maßnahmen zur Schädlingsbekämpfung zu (vgl. § 2 Nr. 2 PflSchG). Mit seinem Leitbildcharakter ist er allerdings zu unbestimmt, um eine Steuerungswirkung entfalten zu können (vgl. § 2 a Abs. 1 S. 3 PflSchG: „die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes [...] zu berücksichtigen“; SRU 2004, Tz. 359). Auch die auf Grundlage des § 2 Abs. 2 PflSchG vom Bundesministerium für Ernährung, Verbraucherschutz und Landwirtschaft veröffentlichten Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis enthalten insoweit nur wenig präzise Handlungsanforderungen (BMVEL 2005). Nähere Mindestanforderungen sollten insbesondere unter Hinzuziehung des Leitfadens der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft für einen integrierten Pflanzenschutz im Ackerbau (BBA 2004) und die Anforderungen einiger Bundesländer im Rahmen ihrer Agrarumweltprogramme entwickelt werden. Ebenso erscheint ein Blick auf entsprechende Konkretisierungsmaßnahmen im europäischen Ausland hilfreich (Überblick bei OPPERMAN et al. 2005). Zugleich wäre eine rechtliche Aufwertung des integrierten Pflanzenschutzes im Sinne einer Beachtungspflicht im Rahmen der guten fachlichen Praxis geboten (bisher: Pflicht zur Berücksichtigung, § 2 a Abs. 1 S. 2 PflSchG). Darüber hinaus sollten die zuständigen Behörden verpflichtet werden, Beratungsangebote für die Landwirte zum Zwecke der sachgerechten Umsetzung des integrierten Pflanzenschutzes bereitzustellen.

- Eine Verschärfung der Fruchtfolgeregelungen

In Konkretisierung der Verpflichtung zur Erhaltung aller landwirtschaftlichen Flächen in gutem landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand nach Artikel 5 Abs. 1 und Artikel 3 Abs. 1 der VO 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsa-

men Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber Landwirtschaftlicher Betriebe verlangt das nationale Recht (Direktzahlungen-Verpflichtungsverordnung, im folgenden: DirektZahl-VerpflV) von allen Direktzahlungsempfängern alternativ

- den Anbau von jährlich mindestens drei Kulturen mit einem Mindestflächenumfang von 15 % je Kultur (§ 3 Abs. 1 DirektZahlVerpflV),
- den Anbau von einer oder zwei Kulturen pro Jahr, sofern in drei aufeinander folgenden Jahren auf der Ackerfläche jeweils eine andere Kultur angebaut wird (§ 3 Abs. 3); ergänzende Regelungen existieren für Fälle des Flächentausches; oder
- die Erstellung einer jährlichen Humusbilanz unter näher festgelegten Voraussetzungen (§ 3 Abs. 4 und 5).

Mit ihrem spezifisch bodenorientierten Schutzzweck ist die Regelung nicht geeignet, Biodiversitätsschutzaspekte sachgerecht zu berücksichtigen. Sie sollte daher unter Verzicht auf die bisherigen Wahlmöglichkeiten in eine Verpflichtung zur Einhaltung einer dreigliedrigen Fruchtfolge umgewandelt werden. Diese Pflicht sollte mit einer Vorgabe kombiniert werden, die es ermöglicht festzuschreiben, dass pro Jahr eine bestimmte Mindestzahl von Kulturen auf bestimmten Betriebsflächenanteilen anzubauen ist.

Über die DirektZahlVerpflV hinaus, die nur für Betriebe gilt, die in den Genuss einer Direktzahlung im Rahmen der EU-Agrarförderung kommen, sollte eine derartige Verpflichtung im Rahmen der guten fachlichen Praxis des Naturschutzrechts verankert werden. Eine vom Fördertatbestand losgelöste Verortung bedeutet nicht nur eine rechtliche Aufwertung der Verpflichtung. Sie hätte auch zur Folge, dass die Kontrolle ihrer Einhaltung an sich in den Zuständigkeitsbereich der Naturschutzbehörden fällt. Die im Rahmen der Cross Compliance durchzuführenden Vor-Ort-Kontrollen, die ohnehin nur in einer geringen Zahl der Fälle stattfinden (4,92 % der Empfänger von Direktzahlungen in 2006 (Europäische Kommission 2007a)), fallen demgegenüber in den Kompetenzbereich der jedenfalls nicht vordringlich dem Naturschutzgedanken verpflichteten Landwirtschaftsbehörden. Allerdings sind die Ressourcen der Naturschutzbehörden vielerorts derart begrenzt, dass zumindest für die nahe Zukunft keine verstärkten Kontrolltätigkeiten zu erwarten sind (SRU 2007, Tz. 102 ff.; BENZ et al. 2007). Es bedarf daher zusätzlicher Instrumente, um eine Umsetzung der Fruchtfolgeregelungen zu gewährleisten. Dazu ließe sich auch das zurzeit diskutierte Zertifizierungssystem für nachwachsende Rohstoffe nutzen (Tz. 51, 68).

- Ein verstärkter rechtlicher Schutz des Dauergrünlands

Dem geltenden Recht ist kein umfassendes Verbot des Umbruchs von Dauergrünland zu entnehmen. § 5 Abs. 4 5. Spiegelstrich BNatSchG verbietet den Um-



bruch von Grünland nur auf bestimmten, ökologisch besonders sensiblen Flächen. Diese Regelung sollte durch ein generelles Verbot des Dauergrünlandumbruchs erweitert werden, wie es in Spanien, Italien und Griechenland bereits besteht und in Österreich standortspezifisch gilt. An einem stringenten Schutz des Dauergrünlandes fehlt es auch im europäischen Recht. Die Cross-Compliance-Regelungen sehen für Dauergrünland nur einen mengenbezogenen Schutz in Form eines „Grünlandsaldoerhaltungsgebots“ vor. Zwar verpflichtet Artikel 5 Abs. 2 UAbs. 1 der VO 1782/2003 allgemein zur Erhaltung des Dauergrünlandes. Von dieser Verpflichtung kann nach Abs. 2 UAbs. 2 aber in „ausreichend begründeten Fällen“ abgewichen werden, sofern eine erhebliche Abnahme der gesamten Dauergrünlandfläche verhindert wird. Wann ein ausreichend begründeter Fall gegeben ist, bestimmt weder die VO 1782/2003 noch die auf sie bezogene Durchführungsverordnung 795/2004. Letztere legt lediglich fest, dass der Umbruch von Dauergrünland bei einer Abnahme der Gesamtfläche von einer behördlichen Genehmigung abhängig zu machen ist. Ein Verlust von Dauergrünlandflächen um mehr als 10 % bezogen auf das Basisjahr 2003 ist zudem durch behördliche Anordnungen zur Neuaussaat von Grünland zu verhindern (Artikel 4 Abs. 1 und 2 der Durchführungsverordnung). Durch eine enge Interpretation des unbestimmten Rechtsbegriffs der „ausreichend begründeten Fälle“ im Rahmen einer Novelle der Durchführungsverordnung ließe sich relativ kurzfristig der Schutz des Dauergrünlands erhöhen. Ein umfassendes Umbruchverbot auf europäischer Ebene erfordert allerdings eine Anpassung der Cross-Compliance-Verordnung selbst. Auf nationaler Ebene bedürfte es zur Formulierung eines Verbotes des Umbruchs von Dauergrünland einer Novelle des BNatSchG. Für die Empfänger von Direktzahlungen könnte ein entsprechender Standard kurzfristig durch stringent formulierte Landesverordnungen auf Grundlage des § 5 Abs. 3 Nr. 1 des Gesetzes zur Regelung der Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen durch Landwirte im Rahmen gemeinschaftsrechtlicher Vorschriften über Direktzahlungen (Direktzahlungsverpflichtungengesetz – DirektZahlVerpflG) zur Anwendung kommen.

Ein Verbot des Umbruchs von Dauergrünland vermag in der Praxis aber nur dann eine steuernde Wirkung zu entfalten, wenn es nicht durch ökonomische Anreize konterkariert wird. Die Förderung der nachwachsenden Rohstoffe (Abschn. 5.1.2 und Kap. 5.2) verstärkt in Kombination mit anderen Elementen der Agrarförderungspolitik die Anreize für einen erhöhten Grünlandumbruch (dazu: BMELV 2006a, Anlage 15; SRU 2004, Tz. 262). Allein von 2005 bis 2006 gingen bundesweit 47 000 ha Grünland verloren (Pressemitteilung von Cornelia Behm, MdB, vom 9. Juli 2007). Dies geschieht durch

- die Rücknahme der Agrarstützung für die Viehwirtschaft mit naturschutzfachlich förderungswürdigen Beweidungssystemen und

- die Kürzung der Finanzmittel für Agrarumweltmaßnahmen nach der 2. Säule zur Honorierung des Schutzes von Dauergrünland bzw. seiner angemessenen Nutzung.

Vor diesem Hintergrund ist dringend eine kritische Gesamtschau der Einzelbestandteile der existierenden Agrarförderungspolitik mit dem Ziel ihrer kohärenten Ausrichtung an ökologischen Kriterien erforderlich.

- Sicherung von Naturschutz und Landschaftspflege in Schutzgebieten

Als unverzichtbar erweist sich auch eine Überprüfung der bestehenden Schutzgebietsverordnungen und anderer Schutzkonzepte insbesondere von NATURA 2000-Gebieten, die mit Blick auf die Kofinanzierung vielfach nur rudimentäre Anforderungen beinhalten. Schutzgebiete werden gegenwärtig teilweise nur noch flächendeckend gesichert (BENZ et al. 2007). Der festgesetzte Grundschutz ist gegebenenfalls zu ergänzen, um die Abhängigkeit des Schutzerfolges von den zunehmend in die Defensive geratenen freiwilligen Agrarumweltprogrammen zu vermindern.

**68.** Eine Überwachung der vorstehend aufgeführten Vorgaben wird sich über die Kontrollmechanismen der Cross Compliance oder die Überwachungsbefugnisse der Umweltbehörden angesichts stark eingeschränkter behördlicher Kapazitäten nur begrenzt sicherstellen lassen. Eine Kontrolle der Einhaltung der Regelungen sollte daher im Interesse eines wirksamen Umweltschutzes in das im Aufbau befindliche Zertifizierungssystem für Biokraftstoffe aus umweltgerechter Erzeugung gemäß § 37 d BImSchG inkorporiert werden. Nach dieser Regelung kann die Anrechnung der Kraftstoffe auf die Biokraftstoffquote (Tz. 51, 128) vom Nachweis der Einhaltung näher zu bestimmender Nachhaltigkeitsstandards abhängig gemacht werden. Auch für die Förderung der Stromerzeugung nach dem Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) wird erwogen, diese von der Zertifizierung des eingesetzten Materials abhängig zu machen (KOTYNEK 2007). Zertifizierungssysteme bieten die Möglichkeit, die Beweislast für die Einhaltung der Standards auf den Erzeuger der nachwachsenden Rohstoffe zu verlagern und die Kontrollkosten insofern verursachergerecht anzulasten. Nicht verzichtet werden sollte allerdings auf eine Anpassung des einschlägigen Umwelt- und Landwirtschaftsrechts. Es wäre unzureichend, umweltfachliche Standards allein als Kriterien für die Förderung von nachwachsenden Rohstoffen zu verorten. Eine derartige Vorgehensweise würde bereits der Tatsache nicht gerecht werden, dass die Umweltprobleme ganz überwiegend nicht allein durch den Ausbau von nachwachsenden Rohstoffen verursacht werden (Kap. 3.1). Darüber hinaus würde eine Formulierung von spezifischen Standards für die Förderung von nachwachsenden Rohstoffen in der Praxis zu erheblichen Abgrenzungsschwierigkeiten führen und Umhebungsmöglichkeiten zulasten eines wirksamen Umweltschutzes eröffnen.

### **Insbesondere: Planerische Lenkung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen im Raum**

**69.** Infolge des verstärkten Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen ist eine Verschärfung von Landnutzungskonkurrenzen innerhalb des Landwirtschaftssektors, aber auch zwischen der Landwirtschaft und anderen Formen der Bodennutzung, absehbar. Zur Lösung derartiger raumbezogener Konkurrenzen bedarf es einer erhöhten Abstimmung der verschiedenen Nutzungsinteressen und gegebenenfalls der Abwägung konfligierender Belange im Rahmen einer planerischen Konfliktbewältigung. Von der Warte des Umweltschutzes aus muss es das primäre Ziel einer derartigen Planung sein, eine auf ökologischen Kriterien aufbauende differenzierte Raumnutzung mit Leitplanken für die Nutzung bestimmter Räume sicherzustellen (SRU 2002a, Tz. 417). Dies bedeutet allerdings auch, dass eine nach den unterschiedlichen Sektoren der landwirtschaftlichen Erzeugung in Form der Produktion von Lebensmitteln, Futtermitteln oder nachwachsenden Rohstoffen segmentierte planerische Steuerung prinzipiell nur insoweit in Betracht kommen kann, wie mit diesen Sektoren ein unterschiedliches Umweltgefährdungspotenzial verbunden ist. Über räumliche Standortzuweisungen („wo“) hinaus wäre es im Prinzip auch möglich, den Gesamtumfang bestimmter Nutzungen („wie viel“) planerisch vorzugeben (zur Zulässigkeit derart mengenbezogener Ausweisungen s. KOCH und HENDLER 2004, S. 49). Derzeit bietet eine Anpassung der Förderung von nachwachsenden Rohstoffen jedoch einen direkteren, wenngleich weniger differenzierbaren Weg zur Steuerung der Anbauflächen.

**70.** Ausweitungen landwirtschaftlich genutzter Flächen in ökologisch besonders sensible Gebiete sollten bereits im Rahmen der Raumordnung, insbesondere auf Ebene der Regionalplanung, Grenzen gesetzt werden. Dort sollten auch ökologisch notwendige Einschränkungen der landwirtschaftlichen Nutzungsform erfolgen. Die spätere Ausweisung von Schutzgebieten nach Naturschutz-, Wasserhaushalts- oder Bodenschutzrecht ist weitest möglich durch raumbezogene Darstellungen in Form von Vorrang- oder auch Vorbehaltsgebieten zu gewährleisten (so insbesondere für Gebiete zum Schutz von Natur und Landschaft s. SRU 2002a, Tz. 262, m. w. N.). Insbesondere als verbindliche Ziele der Raumordnung lassen sich einschlägige Aussagen umweltbezogener Fachplanungen planerisch gegen spätere Konflikte absichern. Die unteren Planungsträger wären infolge derartiger Festsetzungen gehindert, in den betreffenden Gebieten konfligierende Nutzungen zuzulassen (vgl. § 4 Abs. 1 Raumordnungsgesetz (ROG)). Soweit bereits bestehende Schutzgebietsverordnungen Schutzlücken enthalten (Tz. 29, 67), lässt sich hier zwar nicht mit Mitteln der Raumplanung gegensteuern (BVerwG, Urteil vom 30. Januar 2003, Az. 4 CN 14.01, NuR 2003, S. 489 ff.). Es dürfte aber jedenfalls zulässig sein, durch raumplanerische Ausweisungen auf die Schutzziele und den Mindestschutz zukünftiger Schutzgebiete Einfluss zu nehmen. Allerdings werden die Möglichkeiten, die Raumplanung zum Schutz natürlicher Ressourcen zu nutzen, zunehmend unmittelbar oder

mittelbar konterkariert, so zum Beispiel durch die Abschaffung der Regelung zur Ausweisung von Vorrangflächen für den Naturschutz im Rahmen der Novelle des schleswig-holsteinischen Naturschutzrechts (Schleswig-Holsteinischer Landtag 2007) oder durch allgemeine Tendenzen zur Relativierung der Landschaftsplanung als naturschutzbezogene Fachplanung (SRU 2007, Tz. 234 ff.).

**71.** Die Steuerungswirkungen der Raumplanung im Bereich der Landwirtschaft sind indes dadurch begrenzt, dass relevante Festsetzungen auch als verbindliche Ziele der Raumordnung gegenüber dem Bürger grundsätzlich keine unmittelbare Bindung entfalten. Sie richten sich grundsätzlich nur an öffentliche Stellen und bedürfen zu ihrer Außenrechtsverbindlichkeit einer Umsetzung im Rahmen eines weiteren, regelmäßig administrativen Hoheitsaktes (§ 4 Abs. 1 ROG). Allein die Neuerrichtung oder wesentliche bauliche Änderung landwirtschaftlicher Betriebe, nicht aber die Veränderung der Nutzung existierender Landwirtschaftsflächen unterliegt einem behördlichen Genehmigungsvorbehalt. Das Bauplanungsrecht als Form der örtlichen Gesamtplanung, die an die Ziele der Raumordnung anzupassen ist (§ 1 Abs. 4 Baugesetzbuch (BauGB)), stellt kein Instrument mit einem umfassenden Entwicklungs- und Ordnungsauftrag dar (so grundlegend bereits: BVerfG, Urteil vom 16. Juni 1965, Az. 1 PBvB 2/52, BVerfGE 3, S. 407 ff.). Nur soweit eine Bodenanspruchnahme mit der Bebauung in einem Sachzusammenhang steht, unterliegt sie als sonstiger Nutzung der gemeindlichen Bauleitplanung. Ein solcher zunehmend weiter ausgelegter Sachzusammenhang (SÖFKER, in: ERNST et al. 2007, § 1 Rn. 12) besteht im Grundsatz auch zwischen der landwirtschaftlichen Bebauung und der agrarbezogenen Bodennutzung. Gleichwohl wird eine baurechtliche Beeinflussung der im Übrigen nicht zwingend auf Dauer angelegten landwirtschaftlichen Produktionsweise nur sehr begrenzt möglich sein. Das BauGB beruht nämlich auf dem Kompetenztitel des Bodenrechts (Artikel 74 Nr. 18 GG). Andere Regelungsbereiche, wie insbesondere das Recht der Landschaftspflege, werden nur punktuell als Annex mitgeregelt (HENDRISCHKE 2002, S. 153 ff.). Zulässig wäre es aber jedenfalls, bei der Ausweisung landwirtschaftlicher Flächen nach § 9 Abs. 1 Nr. 18 a BauGB zwischen den in § 201 BauGB aufgeführten Landwirtschaftszweigen zu differenzieren. Damit wäre beispielsweise auch eine Differenzierung zwischen dem Ackerbau oder der Wiesen- bzw. Weidewirtschaft möglich (so VGH Baden-Württemberg, Urteil vom 7. Dezember 1995, Az.: 5 S 3168/94 – juris für die Beschränkung einer Fläche für die Landwirtschaft als Wiesenfläche). Das Instrument der Bauleitplanung ließe sich damit auch zur Erhaltung von Grünlandflächen nutzen, da mit entsprechenden Festsetzungen andere Formen der landwirtschaftlichen Nutzung bauplanungsrechtlich unzulässig würden. Als Angebotsplanung vermag die Bauleitplanung prinzipiell aber nur über die Zulässigkeit bestimmter Bodennutzungen zu entscheiden. Eine aktive Pflicht, die ausgewiesene Nutzung etwa durch eine Bewirtschaftung von Dauergrünlandflächen oder gar durch eine Neuaussaat von Grünland auch tatsächlich zu realisieren, vermag sie nicht zu begründen. Bei dem hier vor-

geschlagenen Weg eines gesetzlichen Umbruchsverbotes für Dauergrünland wären umfängliche Ausweisungen aufgrund des fehlenden Bedürfnisses nach einer *planerischen* Konfliktbewältigung städtebaulich hingegen nicht erforderlich (§ 1 Abs. 3 BauGB).

Aber auch darüber hinaus bietet das Bauplanungsrecht gewisse, wenngleich nicht umfängliche Einflussmöglichkeiten auf die landwirtschaftliche Bodennutzung. Diese sollten in Zukunft verstärkt in Betracht gezogen werden. So sind auf Grundlage des § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB Beschränkungen der landwirtschaftlichen Bodennutzung, insbesondere zum Zwecke des Naturschutzes, selbst dann möglich, wenn die Landwirtschaft der guten fachlichen Praxis entspricht. Aus Gründen des Gewässerschutzes kann sogar die Extensivierung der Landwirtschaft in einem bestimmten Gebiet den Gegenstand der gemeindlichen Bauleitplanung bilden (HENDRISCHKE 2002, S. 186 f. unter Verweis auf BVerwG, Beschluss vom 3. Dezember 1998, NVwZ-RR 1999, S. 423 und VGH München, Urteil vom 3. März 1998, NuR 1998,

S. 375 f.). Ferner dürften auch Veränderungen der Anbauformen, die den landwirtschaftlichen Betrieb in seiner herkömmlichen Funktion ändern, bauplanungsrechtlich relevant sein (z. B. großflächige Anwendung von neuen Pflanzenkulturen wie etwa *Miscanthus* oder andere deutliche Veränderungen der betrieblichen Funktionen von der „Landwirtschaft zur Energiewirtschaft“).

**72.** Gefördert werden sollte der Anbau von nachwachsenden Rohstoffen letztlich nur dann, wenn er den verbindlichen Zielen der Raumordnung und gegebenenfalls den Festsetzungen der Bauleitplanung nicht zuwiderläuft. Dies sollte durch die Formulierung einer entsprechenden Förderbedingung sichergestellt werden.

**73.** Tabelle 4-1 enthält zusammenfassend die zur Vermeidung von Umweltgefährdungen einzuhaltenden naturschutzfachlichen Mindeststandards, die einschlägigen rechtlichen Anknüpfungspunkte sowie den auf Grundlage der bisherigen Erkenntnisse absehbaren Regulierungsbedarf:

Tabelle 4-1

**Anbau von Biomasse: Naturschutzfachliche Anforderungen und  
Regulierungsbedarf**

| Prozesse                                                  | Naturschutzfachliche Standards                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Wesentliche rechtliche Regelungen                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Regulierungsbedarf                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Erhöhte Verwendung von Düngemitteln</b>                | Konsequente Anwendung der guten fachlichen Praxis; Reduzierung der Stickstoffüberschüsse durch Einführung einer Stickstoffüberschussabgabe ab einem Überschuss von > 40 kg N/ha/a                                                                                                                                                                                                                                                               | DüngMG (insb. § 1 a), DüngeV                                                                                                                                                                                                                                                                                                | – Novelle DüngMG und DüngeV zum Zwecke der Einführung einer Abgabepflicht                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Erhöhte Verwendung von Pestiziden</b>                  | Konsequente Anwendung der guten fachlichen Praxis; Aufwertung des integrierten Pflanzenschutzes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | § 2a PflSchG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | – Konkretisierung des integrierten Pflanzenschutzes nach § 2 a Abs. 1 S. 3 PflSchG<br>– Pflicht zur Beratung der Landwirte                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Landnutzungsänderungen bzw. Umwandlung von Flächen</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Verbot des Umbruchs von Dauergrünland auf allen Standorten</li> <li>– Überprüfung und ggf. Anpassung der Schutzgebietsverordnungen mit (falls notwendig) Anbaubeschränkungen in NATURA 2000-, Naturschutz- und Landschaftsschutzgebieten; ggf. Beschränkungen in Wasserschutzgebieten;</li> <li>– Prüfungsbedarf hinsichtlich weiterer Standards zum Schutz von Saum- und Strukturelementen</li> </ul> | <p><b>Bzgl. Grünland:</b><br/>§ 5 Abs. 4 5. Spiegelstrich BNatSchG, Artikel 5 Abs. 2 VO 1782/2003 i. V. m. Artikel 3 VO 794/2004,<br/>§ 3 DirektZahlVerpflG i. V. m. Landesrecht</p> <p><b>Bzgl. der Schutzgebiete:</b><br/>§§ 22 ff., 8 BNatSchG i. V. m. Landesrecht (Schutzgebietsverordnungen, Vertragsnaturschutz)</p> | <p><b>Bzgl. Grünland:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aufnahme eines grundsätzlichen Umbruchverbots</li> <li>– kurzfristig: Verschärfung der VO 794/2004, mittelfristig: Aufnahme eines grundsätzlichen Umbruchverbots in VO 1782/2003</li> <li>– kurzfristig: Umbruchverbot durch landesrechtliche Regelungen</li> </ul> <p><b>Bzgl. der Schutzgebiete:</b><br/>ggf. Novelle der Verordnungen, Vertragsanpassungen</p> |

| Prozesse                                                      | Naturschutzfachliche Standards                                                                                                                                                                                                                     | Wesentliche rechtliche Regelungen                                                                                                                                                                                                    | Regulierungsbedarf                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Verengte bzw. vereinheitlichte Fruchtfolgen</b>            | Konsequente Anwendung der guten fachlichen Praxis; Einhaltung einer mindestens dreigliedrigen Fruchtfolge; Entwicklung von Parametern zur Vermeidung der Dominanz einzelner Sorten<br><br>Förderung besonders naturschutzverträglicher Anbauformen | § 5 Abs. 4 1. Spiegelstrich BNatSchG,<br>§ 17 Abs. 2 Nr. 6 BBodSchG,<br>Artikel 5 Abs. 1 VO 1782/2004 i. V. m. § 5 Abs. 1 Nr. 2 DirektZahlVerpflG und § 3 DirektZahlVerpflV<br><br>– (rechtlich unverbindliche) Agrarumweltprogramme | – Aufnahme einer eigenständigen Verpflichtung zur Einhaltung einer dreigliedrigen Fruchtfolge mit Möglichkeit der Reduktion der Betriebsflächenanteile für Kulturen in § 5 Abs. 4 BNatSchG<br><br>– verbindliche Festlegung einer dreigliedrigen Fruchtfolge mit Vorgaben zum jährlichen Anbauverhältnis durch Novelle der DirektZahlVerpflV<br><br>– Anpassung/Aufwertung der Agrarumweltprogramme zur Förderung besonders naturschutzverträglicher Anbauformen |
| <b>Anbau wasserzehrender Kulturen an trockenen Standorten</b> | Konsequente Anwendung der guten fachlichen Standards; standortgeeignete Sorten und Anbauformen                                                                                                                                                     | § 5 Abs. 4 5. Spiegelstrich BNatSchG; (rechtlich unverbindliche) Agrarumweltprogramme ggf. Maßnahmenprogramme nach § 36 WHG i. V. m. Landesrecht                                                                                     | – Anpassung/Aufwertung der Agrarumweltprogramme zur Förderung besonders geeigneter Anbauformen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Entnahme organischen Materials inklusive Reststoffe</b>    | Beibehaltung einer ausgeglichenen Humusbilanz                                                                                                                                                                                                      | § 17 Abs. 2 Nr. 7 BBodSchG                                                                                                                                                                                                           | zurzeit kein Regulierungsbedarf                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Verwendung gentechnisch veränderter Organismen</b>         | dauerhafte Gewährleistung der Koexistenz unterschiedlicher Anbauformen                                                                                                                                                                             | Gesetz zur Regelung der Gentechnik                                                                                                                                                                                                   | zurzeit kein Regulierungsbedarf                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| SRU/SG 2007-2/Tab. 4-1                                        |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

#### 4.4 Internationale Herausforderungen und Perspektiven der Standardsetzung

**74.** Im Folgenden werden die gesellschaftlichen und ökologischen Konfliktpotenziale, die sich aus dem verstärkten Import von Biomasse in den Erzeugerländern ergeben könnten, dargestellt. Die daran anschließenden Ausführungen zu Perspektiven der Standardentwicklung und rechtlichen Rahmenbedingungen konzentrieren sich auf die Fragestellung eines umweltgerechten Anbaus nachwachsender Rohstoffe.

##### 4.4.1 Gesellschaftliche Konfliktpotenziale

**75.** In Kapitel 3 wurde beschrieben, welche negativen gesellschaftlichen Auswirkungen ein unregulierter Ausbau der Biomassenutzung, insbesondere in Entwicklungsländern, haben kann (Tz. 41 ff.). Die durch den Ausbau der Biomassenutzung bewirkten sozioökonomischen Veränderungen sollten nicht zu einer Verschlechterung der sozialen Situation von heute schon benachteiligten Bevölkerungsgruppen in den Erzeugerländern führen. Aus diesem Mindestkriterium kann allerdings nicht gefolgert

werden, dass die bestehenden sozioökonomischen Verhältnisse in Entwicklungsländern ethischen Maßstäben von Verteilungsgerechtigkeit entsprechen. Es ist daher wünschenswert, wenn der Ausbau der Biomassenutzung sozioökonomische Veränderungen mit sich brächte, von denen die besonders schlecht gestellten Schichten profitieren. Folgende Aspekte sind für beide genannten Kriterien besonders einschlägig:

- Ernährungssicherheit,
- Arbeitsbedingungen,
- Landrechte.

**76.** Veränderungen relativer Preise stellen für ärmere Bevölkerungsschichten ein erhebliches Risiko dar. Falls der Biomasseanbau zu Preissteigerungen bei Agrarprodukten führt, kann er zur Verschärfung bestehender Ernährungsprobleme beitragen (ISERMEYER und ZIMMER 2006, S. 3). Während solche Preissteigerungen für die Produzenten von Agrarprodukten zusätzliche Einkünfte generieren können, können sie sich für ärmere Bevölkerungsteile sowohl auf dem Land als auch in Städten negativ auswirken (UN-ENERGY 2007, S. 31). Die sogenannte Tortilla-Krise im Januar 2007 in Mexiko (vgl. z. B. Süddeutsche Zeitung vom 15. Januar 2007) könnte ein Indiz dafür sein, dass solche Konflikte sich bereits gegenwärtig manifestieren.

**77.** Das Konzept der Ernährungssicherheit bietet hier einen generellen normativen Maßstab. Es orientiert sich weniger an dem Quantum vorhandener Nahrungsangebote, sondern vielmehr an den kontinuierlichen Zugangsmöglichkeiten unterschiedlicher Schichten zu ausreichenden und hinreichend vielfältigen Nahrungsmitteln. Dieser Maßstab wird gegenwärtig für viele Bevölkerungsgruppen nicht erfüllt. Daher müssen sowohl die Biomasseproduktion als auch die Produktion von Futtermitteln für den europäischen bzw. US-amerikanischen Markt in Regionen, in denen die Ernährungssicherheit der Bevölkerung schon jetzt eher gering ist, kritisch betrachtet werden. Weitere Verschlechterungen aufgrund eines exportorientierten Biomasseanbaus sind ethisch nicht zu rechtfertigen. Näher spezifizieren lassen sich das Konzept der Ernährungssicherheit und das Verschlechterungsverbot anhand folgender Parameter (vgl. z. B. FAO 2001; WBGU 2005):

- Kontinuität der Versorgung,
- ausreichende Menge,
- ernährungsphysiologische Ausgewogenheit,
- gesundheitliche Unbedenklichkeit und
- Anteil des Einkommens, das für Ernährung aufgewendet wird.

**78.** Die Ausweitung des Biomasseanbaus kann sich sowohl positiv als auch negativ auf Arbeitsbedingungen (Sicherheitsvorkehrungen, Löhne, Lohnabzüge, unbezahlte Überstunden, Kinderarbeit etc., vgl. FRITSCHKE et al. 2006, S. 20) auswirken. Die Biomasseproduktion sollte so ausgestaltet werden, dass die Arbeitsbedingun-

gen in dieser Sparte als menschenwürdig gelten können. Die Internationale Arbeitsorganisation (ILO) formuliert entsprechende Arbeits- und Sozialnormen. Rechtlich verbindlich sind die ILO-Normen allerdings nur in den Staaten, die die betreffenden Übereinkommen der ILO ratifiziert haben. Beispiele sind das Übereinkommen über die Vereinigungsfreiheit und den Schutz des Vereinigungsrechts von 1948 (Übereinkommen 87) oder das Übereinkommen über das Mindestalter für die Zulassung zur Beschäftigung von 1973 (Übereinkommen 138). Deutschland sollte an die Biomasseproduktion und deren Import in die EU die Anforderung stellen, dass dort die von Deutschland ratifizierten ILO-Standards eingehalten werden. Die nähere Spezifikation dieses Maßstabs fällt nicht mehr in das Aufgabengebiet des SRU.

**79.** Ferner sind Auswirkungen auf die Gesundheit der Beschäftigten zu berücksichtigen, zum Beispiel durch Verwendung von Pestiziden oder durch Luftverschmutzungen beim Abbrennen von Feldern. Wasserverschmutzung kann sich auch in der Belastung des Trinkwassers ausdrücken und aufgrund von Bodenerosion können Landflächen nicht mehr zur Bewirtschaftung zur Verfügung stehen. Derartige Auswirkungen werden in die folgende Erörterung von Standards nicht mit einbezogen, da sie im Wesentlichen durch die Standards für die ökologischen Auswirkungen des Imports von Biomasse (vgl. Tz. 81 ff.) abgedeckt werden können.

**80.** In vielen Ländern sind Eigentumsrechte („property rights“) an Land vergleichsweise schlecht abgesichert. Die Gewohnheitsrechte der indigenen Bevölkerung in Bezug auf Besitz, Nutzung und Verwaltung von Land sind häufig nicht rechtlich fixiert. Dies führt dazu, dass international agierende Konsortien Landrechte von staatlichen Autoritäten erwerben und nutzen können. Vorhandene Nutzungsformen gelten dann als „illegal“. Gemäß der Indonesian Legal Aid Foundation (YLBH) fanden in Indonesien allein im Jahr 1998 553 Fälle statt, in denen 214 365 Haushalte 827 351 ha kommunales Land an private Firmen verloren. Zum Teil wird die Bevölkerung dabei von Polizei oder Militär unter Waffengewalt gezwungen, das Land zu verlassen (WAKKER 2005, S. 29, m. w. N.). Dies führt häufig dazu, dass die vertriebenen Farmer in Gebiete abgedrängt werden, die für den Ackerbau eher schlecht geeignet, aber für den Naturschutz von großer Bedeutung sind. Derartige Verdrängungen sind aus sozialer und ökologischer Perspektive unakzeptabel. Daher sollte die Einführung eines großflächigen Biomasseanbaus an die Bedingung geknüpft werden, dass Besitzverhältnisse klar definiert sind und Nutzungsrechte gesetzlich festgelegt werden. Insbesondere sollten traditionelle Landnutzungsrechte respektiert werden (FRITSCHKE et al. 2006, S. 13). Bestehende Landnutzungskonflikte dürfen durch den Ausbau der Biomasseproduktion nicht weiter verschärft werden. Die Einhaltung von elementaren rechtlichen Standards bei der Vergabe von Landrechten ist eine Legitimitätsbedingung des Imports von Biomasse. Ein Beispiel für die mögliche Operationalisierung dieser Forderung stellt das zweite Prinzip des Forest Stewardship Council (FSC) mit dem

Titel „tenure and use rights and responsibilities“ dar, welches folgende Nachweise fordert (FSC 2004):

- langfristige Nutzungsrechte,
- Verbleiben der Aufsicht über Waldarbeiten bei den lokalen Gemeinschaften in einem Ausmaß, durch das deren Rechte und Ressourcen geschützt werden und
- funktionierende Mechanismen zum Umgang mit Landnutzungskonflikten.

#### 4.4.2 Ökologische Konfliktfelder und Perspektiven der Standardentwicklung

**81.** Die ambitionierten Ausbauziele für Bioenergien der EU und Deutschlands werden in Zukunft zu einem erheblichen Wachstum der Importe von Biomasseprodukten führen. Insbesondere Brasilien, Malaysia, Indonesien und Thailand, aber auch einige afrikanische Staaten streben vor dem Hintergrund der zu erwartenden Nachfragesteigerung eine deutliche Ausweitung ihrer Biomasseerzeugung an (Europäische Kommission 2006, S. 7; Die Zeit, 28. Dezember 2006, Der Boom der Biokraftstoffe kommt den Agrarländern zugute – vielleicht). Eine verstärkte Öffnung der europäischen Märkte für landwirtschaftliche Erzeugnisse aus den Drittwelt- und Schwellenländern durch eine Beseitigung tarifärer, technischer und sonstiger Handelshemmnisse wird insgesamt angestrebt. Diese Öffnung muss vom Prinzip her die Erzeugung von Biomasse umfassen, da die südlichen Länder hier große komparative Kostenvorteile haben (z. B. Brasilien). Es sind damit aber erhebliche direkte und indirekte Veränderungen der Landnutzung in den Erzeugerstaaten zu erwarten, mit denen auch die Gefahr eines Raubbaus wertvoller Naturgüter einher geht (vgl. Tz. 39, 80).

**82.** Der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) nennt als Hauptursachen für den Klimawandel „fossil fuel use, land use change and agriculture“ (IPCC 2007). Wenn die Biomassenutzung zu dem Ziel beitragen soll, den Klimawandel zu begrenzen und zu beherrschen, muss sie sich nicht nur positiv auf die Senkung des Verbrauchs fossiler Energieträger auswirken, sondern darf gleichzeitig keine negativen Auswirkungen auf Landnutzungssysteme und Naturschutzgebiete nach sich ziehen. Landnutzungsänderungen können unter Klima- und unter Naturschutzaspekten negativ zu bewerten sein. Dies betrifft insbesondere die Konversion von Wäldern, Mooren und Feuchtgebieten in den Tropen und Subtropen, die eine große Quelle für THG-Emissionen darstellen kann (vgl. z. B. für Palmöl HOOIJER et al. 2006, S. 30; REINHARDT et al. 2007, S. 27 f.; allgemein UN-ENERGY 2007, S. 43).

Es ist nicht zu erwarten, dass der Anbau von zum Export bestimmter Biomasse sich auf die derzeit agrarisch genutzten Gebiete beschränken wird. Der Ausbau der Biomasseproduktion kann erhebliche negative Auswirkungen auf Biodiversität, Boden und Wasser haben, wenn bisher nicht genutzte Flächen in die Nutzung genommen werden (FRITSCHKE et al. 2006, S. 11). Die Konversion der noch verbliebenen tropischen Regenwälder zu Sekundär- und Plantagenwäldern wird sich mit großer Wahr-

scheinlichkeit erhöhen. Insbesondere Südostasien stellt eine in dieser Hinsicht besonders problematische Region dar. Häufig ist es aus Sicht der Beteiligten ökonomisch rational, Primärwälder zu roden, Erlöse aus dem Verkauf des Holzes zu erzielen und die Flächen hernach mit Palmöl-Plantagen aufzuforsten (etwa in Indonesien). Es wäre klima- und naturschutzpolitisch aberwitzig, derartig erzeugte Biomasse in den Kraftstoffsektor der Industriestaaten zu lenken. Die Ausbaupläne der südostasiatischen Staaten (vgl. z. B. MAIER 2006) sieht der SRU mit größter Sorge.

**83.** Die Biomasseproduktion sollte zudem nicht auf Flächen stattfinden, die nach internationalen Standards gesetzlich geschützt sind (etwa als Nationalparke), oder die als national oder international bedeutsam eingeschätzt werden (etwa als „biodiversity hot spots“). Auch die geschilderten sozialen Auswirkungen (vgl. Tz. 75, 80, 103) können zu einem steigenden Nutzungsdruck auf bisher nicht genutzte Böden mit der möglichen Folge einer Flächenkonvertierung zulasten der Ökosysteme und Biotope führen. Bisher für die Landwirtschaft eher ungeeignete Böden würden für die landwirtschaftliche Nutzung umgestaltet und könnten nur unter erhöhtem Einsatz von Düngemitteln sowie künstlicher Bewässerung den Ertragserwartungen gerecht werden. Diese Kopplungen von sozioökonomischen Faktoren mit Konversionen von ökologisch unbeeinflussten Gebieten zählen zu den treibenden Faktoren des Verlustes von Biodiversität (ausführlich hierzu HENRICH 2003). Der Ausdruck „armutsbedingte Umweltzerstörung“ ist für die Beschreibung dieser Prozesse nur bedingt geeignet, da er nur die Ebene der näheren, nicht aber die der tiefer liegenden Ursachen erfasst.

Wie Abschnitt 3.1.2 am Beispiel der nationalen Auswirkungen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe zeigt, unterscheiden Umweltauswirkungen sich insbesondere in Abhängigkeit von klimatischen und Bodenbedingungen, angebauter Fruchtart und Art und Weise des Anbaus. Die Standardsetzung ist daher ein sehr komplexes Unterfangen. In den Prozess der Setzung von Standards sollten auch die lokalen Akteure eingebunden werden, zum einen, da sie diejenigen sind, die sich später an die Standards halten sollen, und zum anderen, um lokales Wissen zu Umweltauswirkungen und zu alternativen Anbauoptionen zu nutzen.

Folgende konzeptionelle Ansätze, in deren Rahmen konkrete Standards entwickelt und etabliert werden könnten, sind derzeit in der Diskussion und sollen im Folgenden detaillierter bewertet werden:

- Standardsetzung im Rahmen freiwilliger Zertifizierungssysteme,
- Multilaterale Abkommen und
- Unilaterale Beschränkungen.

##### 4.4.2.1 Möglichkeiten und Grenzen von Zertifizierungssystemen

**84.** Eine Zertifizierung ist ein Verfahren, in dessen Rahmen die Einhaltung von festgelegten Standards von Pri-

vaten geprüft und im Falle eines positiven Ergebnisses durch ein Zertifikat bestätigt wird. Sie soll eine einzelfallbezogene Kontrolle der Einhaltung von Standards sicherstellen. Im Bereich privater Zertifizierungssysteme ist die Formulierung von Standards Teil des Zertifizierungssystems und erfolgt durch die Akteure, die an dem System teilnehmen. Es gibt bereits zahlreiche private Zertifizierungssysteme, die Standards entwickelt haben, die auch für den Anbau nachwachsender Rohstoffe relevant sind (DAM et al. 2006; FRITSCHKE et al. 2006). Ein Beispiel für eine solche private Initiative ist der Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO) zur Erarbeitung von Nachhaltigkeitsstandards für die Palmölproduktion (vgl. auch Tab. 4-2). Bekannt sind auch die Standards für den ökologischen Landbau und für eine nachhaltige Forstwirtschaft. Insbesondere das durch den FSC betriebene Zertifizierungssystem ist international verbreitet und anerkannt.

Von der Zertifizierung privat gesetzter, freiwillig einzuhaltender Standards zu unterscheiden ist eine Zertifizierung der Einhaltung rechtsverbindlich formulierter Standards im Rahmen internationaler Übereinkommen und insbesondere einseitig formulierter Ausschlusskriterien für förderungswürdige Biomasse. Die Zertifizierung ist dann eine Vollzugshilfe zur Umsetzung rechtsverbindlicher Standards und Kriterien. Entsprechende Aktivitäten zur Erarbeitung rechtsverbindlicher Standards erfolgen

zurzeit im Rahmen der Ausarbeitungen zu § 37 d BImSchG in Deutschland und durch die EU (Rat der Europäischen Union 2007, Annex I, IV. 7; ähnlich bereits Europäisches Parlament 2006, Nrn. 44, 46) sowie einzelne EU-Mitgliedstaaten, insbesondere durch Großbritannien und die Niederlande. Auf der internationalen Ebene gibt es Arbeiten der Internationalen Energieagentur („International Energy Agency Bioenergy – Task 40“), der FAO („International Bioenergy Platform – Task Sustainability“), der UNCTAD sowie der G8 (G8-Global Bioenergy Partnership).

**85.** Diese vielfältigen Initiativen unterscheiden sich nach Qualität und Umfang der Standards, nach dem Umfang der zertifizierten landwirtschaftlichen Produktpalette (Tab. 4-2), 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 vgl. FRITSCHKE et al. 2006). Unterschiedlich sind auch die Mechanismen der Qualitätssicherung oder die Dichte und Qualität der Inspektionen. Im Detail bieten die Zertifizierungssysteme somit ein heterogenes Bild (Tab. 4-2).

Tabelle 4-2

**In internationalen freiwilligen Zertifizierungssystemen berücksichtigte Umweltkriterien**

|                                                                                                                                                                                                                          | <b>Biodiversität</b> | <b>Boden</b> | <b>Agrochemie</b> | <b>Wasser</b> | <b>Gen-technik</b> | <b>Luftverschmutzung</b> | <b>Treibhausgase</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|-------------------|---------------|--------------------|--------------------------|----------------------|
| Roundtable Sustainable Palmoil (RSPO)<br>( <a href="http://www.rspo.org">www.rspo.org</a> ):<br>Palmöl                                                                                                                   | X                    | X            | X                 | X             |                    | Geplant                  | Geplant              |
| Basel Criteria for Responsible Soy Production<br>( <a href="http://assets.panda.org/downloads/05_02_16_basel_criteria_engl.pdf">http://assets.panda.org/downloads/05_02_16_basel_criteria_engl.pdf</a> ):<br>Soja        | X                    | X            | X                 |               | X                  | X                        |                      |
| Green Gold Label<br>( <a href="http://www.controlunion.com/certification/program/Program.aspx?Program_ID=19">http://www.controlunion.com/certification/program/Program.aspx?Program_ID=19</a> ):<br>Nachhaltige Biomasse | X                    | X            | X                 | X             |                    |                          |                      |
| Forest Stewardship Council (FSC)<br>( <a href="http://www.fsc.org">www.fsc.org</a> ): Holz                                                                                                                               | X                    | X            | X                 | X             | X                  |                          |                      |
| Pan-European Forest Council (PEFC)<br>( <a href="http://www.pefc.org">www.pefc.org</a> ): Holz                                                                                                                           | X                    | X            | X                 | X             |                    |                          |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Biodi-<br>versität | Boden | Agro-<br>chemie | Wasser | Gen-<br>technik | Luft-<br>ver-<br>schmut-<br>zung | Treib-<br>haus-<br>gase |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|-----------------|--------|-----------------|----------------------------------|-------------------------|
| Protocol for Fresh Fruit and Vegetables (EUREPGAP)<br>(www.eurepgap.org):<br>Nachhaltige Landwirtschaft                                                                                                                                                                                            | X                  | X     | X               | X      |                 |                                  |                         |
| Sustainable Agricultural Network<br>(http://www.rainforest-alliance.org/<br>programs/agriculture/certified-crops/<br>documents/standards_indicators_2005.pdf):<br>Nachhaltige Landwirtschaft                                                                                                       | X                  | X     | X               | X      | X               |                                  |                         |
| International Federation of Organic Agriculture Movement (IFOAM)<br>(www.ifoam.org):<br>Ökolandbau                                                                                                                                                                                                 | X                  | X     | X               | X      | X               |                                  |                         |
| Fairtrade Labelling Organisations International (FLO)<br>(www.fairtrade.net): Bananen, Kakao, Kaffee getrocknete Früchte, frische Früchte und Gemüse, Kräuter, Gewürze, Honig, Nüsse, Ölsamen, Quinoa, Reis, Tee, Zuckerrohrzucker, Weintrauben, nicht essbare Blumen und Pflanzen, Baumwollsaamen | X                  | X     | X               | X      |                 | X                                |                         |
| Flower Label Programm (FLP)<br>(www.fairflowers.de):<br>Schnittblumen                                                                                                                                                                                                                              | X                  | X     | X               | X      |                 | X                                |                         |
| Utz Kapeh – Codes of Conduct<br>(www.utzkapeh.org):<br>Kaffee                                                                                                                                                                                                                                      | X                  | X     | X               | X      |                 | X                                |                         |
| Nur USA:                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |       |                 |        |                 |                                  |                         |
| Sustainable Forestry Initiative Standard (SFIS)<br>(http://www.sfiprogram.org/):<br>Holz wie PEFC                                                                                                                                                                                                  | X                  | X     | X               | X      |                 |                                  |                         |
| American Tree Farm System<br>(www.treefarmssystem.org):<br>Holz                                                                                                                                                                                                                                    | X                  | X     | X               |        |                 | X                                |                         |
| SRU/SG 2007-2/Tab. 4-2; Datenquelle: FRITSCHKE et al. 2006                                                                                                                                                                                                                                         |                    |       |                 |        |                 |                                  |                         |

**86.** Wie aus Tabelle 4-2 ersichtlich, lassen sich die relevanten Umweltaspekte der energetischen Nutzung von Biomasse über keines der vorhandenen Zertifizierungssysteme abbilden. Die für den Energieeinsatz bedeutsamen Klimaschutzaspekte sind in den Zertifizierungssystemen nur unzureichend ausgearbeitet. Die Systeme

enthalten zudem keine Vorgaben für die Gewichtung im Falle von Zielkonflikten zwischen verschiedenen Umweltgütern. Eine zusammenfassende Analyse und Bewertung der vorliegenden Standards fehlt bislang, wird jedoch gegenwärtig erarbeitet. Zu nennen sind die Vorbereitungen zur Formulierung von Nachhaltigkeitskri-



terien für Biokraftstoffe oder für die Biomasseverwendung insgesamt durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) bzw. das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) (UBA und IFEU 2007; Meó Consulting 2007).

**87.** Zertifizierungssysteme bedürfen einer verlässlichen Verifizierung der Einhaltung vorgegebener Standards. Effektive Inspektions- und Verifizierungsmechanismen, wie sie hinsichtlich des ökologischen Landbaus oder des Forest Stewardship Council erforderlich sind, sind bislang eher die Ausnahme (dazu vgl. FRITSCHKE et al. 2006, S. 40 f.). Vielfach wird die Einhaltung der Kriterien, die zum Teil nur Deklarationscharakter haben, lediglich über unterschriebene Selbstverpflichtungen bestätigt.

**88.** Dieser kurze Überblick macht deutlich, dass die Zertifizierung nachwachsender Rohstoffe noch in ihren Anfängen steckt. Es ist weder kurzfristig ein einheitliches privates System zu erwarten, das die internationale Umweltpolitik einfach anerkennen könnte, noch existiert ein zuverlässiges System, das rechtsverbindliche Standards angemessen verifizieren könnte. Die vielen Gestaltungsfragen lassen schnelle Lösungen unrealistisch erscheinen. Für den Aufbau eines wirksamen Zertifizierungssystems sind Zeiträume von einer Dekade zu erwarten.

**89.** Zu beachten sind schließlich die Wirkungsgrenzen, die der Zertifizierung immanent sind. Zertifizierbare Standards müssen an der betriebswirtschaftlichen Ebene ansetzen und können so indirekte Effekte, die anderenorts infolge eines verstärkten Biomasseanbaus entstehen, nicht abbilden. Zertifikate können sich grundsätzlich nicht auf die gesamten ökonomischen, ökologischen und sozialen Systemzusammenhänge erstrecken, die ein internationaler Bioenergieboom auslösen kann (BERGSMA et al. 2007; Project Group Sustainable Production of Biomass 2006).

**90.** Freiwillige Systeme werden daher eine umfassende Regulierung des zurzeit massiv geförderten Biomasseanbaus nicht leisten können. Ohne Rechtsverbindlichkeit sind hohe Anbaustandards angesichts der Wettbewerbsnachteile der Anbauformen, die den Zertifizierungsstandards entsprechen, nicht allgemein durchsetzbar. Insofern sind die Hoffnungen, dass eine private Zertifizierung gegebenenfalls staatlich unilateral gesetzte oder international vereinbarte Standards überflüssig machen könnte, unrealistisch. Die diesbezügliche Verantwortung der Staaten kann nicht an Private delegiert werden. Dessen ungeachtet sollten die bisherigen Erfahrungen bei der Formulierung, der Praktikabilität und der Verifizierung nutzbar gemacht werden und vorbildliche Standards und Überprüfungsverfahren („best practice“) identifiziert werden.

#### **4.4.2.2 Rechtliche Rahmenbedingungen für einen umweltgerechten Biomasseanbau**

**91.** Durch ihre ambitionierten Mengenziele hinsichtlich des Anteils von Biomasseenergie setzen sowohl die EU als auch die Bundesrepublik Deutschland Anreize zu ver-

stärkten Einfuhren von Biomasse und Biomasseerzeugnissen aus nicht der EU zugehörigen Ländern. Für die Volkswirtschaften dieser Länder, überwiegend sogenannte Drittwelt- und Schwellenländer, schafft diese Expansion der Biomassenachfrage einerseits dringend benötigte Einkommensquellen, birgt aber andererseits auch die Gefahr von erheblichen Umweltschäden (s. Tz. 81 f.). Ein zentrales Element einer Biomassepolitik, die ohne Importe nicht umgesetzt werden kann, muss es daher sein, Anreize zu einer Einkommensgenerierung durch den Raubbau an natürlichen Ressourcen zu vermeiden, indem auch außerhalb der EU eine nachhaltige Biomasseproduktion angestrebt wird. Nur wenn die Erweiterung der Biomasseproduktion in den Erzeugerländern im Einklang mit bestimmten umweltfachlichen Standards erfolgt, können die entsprechenden Staaten die Wettbewerbsvorteile, die sie aufgrund günstiger klimatischer Bedingungen für den Anbau gegenüber europäischen Staaten haben, in angemessener Weise nachhaltig nutzen. Die Öffnung der EU-Märkte für außerhalb der EU produzierte Biomasse muss daher unter dem Vorbehalt erfolgen, dass die importierten Erzeugnisse im Einklang mit solchen Standards produziert werden. Im Ergebnis kommt es damit darauf an, durch bestimmte ökologische Standards charakterisierte Biomasseanbaumethoden hinsichtlich der Einfuhren in die EU gegenüber nicht nachhaltigen Produktionstechniken zu privilegieren.

Diese Privilegierung kann in unterschiedlicher Form erfolgen: So können einerseits die in die EU zugelassenen Biomasseeinfuhren unter den Vorbehalt der nachhaltigen Produktion gestellt und Einfuhrverbote für nicht den Anforderungen entsprechend erzeugte Biomasse und Biomasseprodukte begründet werden. Es ist aber auch möglich, die Förderpolitik der Verwendung von Biomasse zur Energieerzeugung an den ökologischen Anforderungen zu orientieren und ausschließlich den Einsatz solcher Biomasseerzeugnisse auf die Förderquote anzurechnen, die entsprechend den dargelegten Anbaustandards hergestellt werden. Unabhängig von der Herangehensweise im Einzelnen würden die durch einen erleichterten Marktzutritt für die Erzeugerstaaten begründeten Privilegien an die Bedingung der Berücksichtigung bestimmter ökologischer Standards geknüpft. Dieser Ansatz einer Konditionierung des Marktzuganges stellt für die EU kein neues Instrument dar. So werden insbesondere im Rahmen der Gemeinsamen Handelspolitik vielfältige Erleichterungen des Marktzuganges für eine Anzahl von Entwicklungs- und Schwellenländern von der Einhaltung bestimmter Sozial- aber auch Umweltstandards abhängig gemacht (KOCH 2004).

Die Verbindlichkeit der in Rede stehenden Nachhaltigkeitsstandards für den Biomasseanbau kann auf zwei unterschiedliche Weisen hergestellt werden: So könnte zum einen im Rahmen eines internationalen Übereinkommens eine völkerrechtliche Einigung über die erforderlichen Herstellungsanforderungen getroffen werden. Vertragspartner eines derartigen Übereinkommens müssten sowohl Importeure, wie insbesondere die EU, als auch die relevanten Herstellerstaaten sein. Als Alternative zu ei-

nem derartigen multilateralen Ansatz kommt aber auch ein unilaterales Vorgehen in Betracht. Die EU würde die Einführen dann ohne einen völkervertragsrechtlichen Konsens über ökologische Biomasseanbaumethoden von der Einhaltung der spezifizierten Nachhaltigkeitskriterien abhängig machen. Beide Herangehensweisen sind auf eine Einschränkung des internationalen Handels mit nicht nachhaltig angebauter Biomasse gerichtet, sodass jeweils Fragen der Vereinbarkeit mit dem auf eine weitgehende Liberalisierung des Welthandels gerichteten Recht der Welthandelsorganisation (World Trade Organisation – WTO) aufgeworfen werden. Das WTO-Recht steht allerdings weder einem multilateralen Übereinkommen noch einer – allerdings nachrangig, sozusagen als ultima ratio anzustrebenden – unilateralen Durchsetzung der Standards grundsätzlich entgegen.

### **Multilaterale Standards für einen umweltverträglichen Biomasseanbau**

**92.** Internationale Übereinkommen sind der zentrale Bestandteil des Umweltvölkerrechts und wurden von einer Vielzahl von Staaten zum Schutze der unterschiedlichsten Umweltschutzgüter vereinbart. Häufig sind auch Beschränkungen des internationalen Handels als Instrumente zur Durchsetzung bestimmter Umweltschutzziele vorgesehen, so etwa in dem CITES-Übereinkommen zum Schutz bedrohter Tier- und Pflanzenarten oder in dem Basler Übereinkommen über grenzüberschreitende Abfallverbringungen. Viele dieser Übereinkommen sind seit langer Zeit etabliert und international anerkannt. Trotz ihrer handelsbeschränkenden Ausrichtung sind nach diesen Übereinkommen ergriffene Maßnahmen noch niemals zum Gegenstand WTO-rechtlicher Auseinandersetzungen geworden (SAMPSON 2005, S. 128). In der für das Verhältnis von Umweltschutz und WTO-Recht maßstabsetzenden Entscheidung des Appellate Body in dem Shrimps-Fall stellte dieser als Argument für die Rechtfertigung der von den USA unilateral erlassenen Importverbote unter anderem entscheidend auf die Inhalte multilateraler Umweltschutzübereinkommen ab (United States – Import Prohibition of Certain Shrimp and Shrimp Products, Report of the Appellate Body, 12. Oktober 1998, WT/DS58/AB/R, Tz. 130, 132; im Folgenden: Shrimps). Vor diesem Hintergrund ist grundsätzlich von einer Akzeptanz multilateral vereinbarter Maßnahmen zum grenzüberschreitenden Umweltschutz auch und gerade im Hinblick auf die Freihandelsregeln der WTO auszugehen (KLUTTIG 2003, S. 32 ff.). Angesichts der zu erwartenden Steigerung des internationalen Handels mit Biomasse bzw. Biomasseprodukten ist es vordringlich, auf den Abschluss eines völkerrechtlichen Übereinkommens hinzuwirken, in dem Standards für einen umweltgerechten Anbau von Biomassepflanzen statuiert sind.

**93.** Die folgenden Elemente bilden den notwendigen Inhalt eines derartigen Übereinkommens:

- Der Anwendungsbereich des Übereinkommens muss hinreichend weit sein, um alle für den Biomasseanbau

und die Biomassenutzung relevanten Pflanzenarten und Anbaumethoden zu erfassen.

- Kern des Biomasseabkommens sollten die bereits dargelegten Umweltstandards sein (s. insbesondere Tz. 39, 80, 82, 83), die in rechtsverbindliche Standards umzusetzen sind. Die Kriterien, denen ein nachhaltiger Biomasseanbau entsprechen muss, können auf globaler Ebene allerdings nur mit einem gewissen Maß an Abstraktheit festgelegt werden. Die Konkretisierung, die erforderlich ist, um den jeweiligen lokalen natürlichen Bedingungen gerecht zu werden, kann in einem globalen Übereinkommen nicht vorgenommen werden. In dem Übereinkommen müssen daher Mechanismen statuiert werden, die gewährleisten, dass die Standards auf der lokalen Anbauebene auch tatsächlich sachgerecht konkretisiert und berücksichtigt werden (Tz. 83).
- Flankierend sollte in dem Übereinkommen zudem geregelt werden, dass Biomasse und Biomasserzeugnisse im internationalen Handel nur dann marktfähig sind, wenn sie im Einklang mit verbindlichen Nachhaltigkeitsstandards angebaut bzw. produziert wurden. Zum Nachweis der ökologischen Erzeugung kann in dem Übereinkommen gegebenenfalls ein Zertifizierungssystem eingeführt oder auf bestehende Zertifizierungssysteme bzw. bestimmte Elemente derartiger Systeme Bezug genommen werden.
- In institutioneller Hinsicht sind Vorkehrungen zur Durchführung des Biomasseübereinkommens erforderlich, etwa die Einrichtung eines selbstständigen Sekretariates oder die Ankoppelung an eine bereits bestehende Institution, wie etwa an das United Nations Environment Programme (UNEP) oder die United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Zu den zentralen Aufgaben dieses Sekretariates muss auch die Korrespondenz mit der WTO über die Handelswirkungen des Biomasseübereinkommens gehören.
- Schließlich bedarf es noch der Einrichtung eines Streitschlichtungsmechanismus, in dessen Rahmen Dispute über die Durchführung des Biomasseübereinkommens geschlichtet werden können. Dieses Instrument ist nicht nur für eine effektive Durchsetzung des Übereinkommens erforderlich, sondern greift zugleich der Übertragung eines potenziellen Umsetzungstreits auf die WTO-Gremien vor (vgl. insofern zu der Bedeutung von Streitschlichtungsmechanismen in internationalen Umweltschutzübereinkommen SAMPSON 2005, S. 129).
- Entwicklungsländer können aufgrund mangelnder institutioneller und finanzieller Kapazitäten den Vollzug bestimmter Standards nur sehr unzureichend sicherstellen. In dem Biomasseübereinkommen sind daher Mechanismen festzulegen, die die Erzeugerstaaten bei der Umsetzung der geforderten Nachhaltigkeitsstandards unterstützen. Diese Mechanismen können von der Ausbildung der beteiligten Akteure in den Erzeu-

gerstaaten bis hin zu Anfangsfinanzierungen von Anbauprojekten reichen, die mit den geforderten Standards im Einklang stehen. Sind derartige Unterstützungsmaßnahmen als grundlegende Voraussetzung für die Einhaltung der geforderten Standards multilateral sichergestellt, kann wiederum durch ein Zertifizierungssystem Umsetzungsdefiziten entgegengewirkt werden.

- Gegenstand des Übereinkommens sollten auch Maßnahmen sein, die auf die Vermeidung der indirekten Effekte des verstärkten Biomasseanbaus abstellen. So ist insbesondere Schäden entgegenzuwirken, die infolge einer Verdrängung anderer landwirtschaftlicher Sektoren durch den Anbau von Energiepflanzen auftreten. Dafür kommen Mindeststandards einer Landnutzungsplanung in Betracht.

**94.** Im Zuge der Verhandlung eines Biomasseübereinkommens mit dem skizzierten Inhalt sind Herausforderungen zu bewältigen, die zwar anspruchsvoll sind, aber durchaus überwindbar erscheinen. Wegen der erheblichen sozioökonomischen Unterschiede zwischen den potenziellen Vertragsstaaten – Industrienationen als Importeure, vornehmlich Entwicklungs- und Schwellenländer als Exporteure – muss es insbesondere darauf ankommen, einen sachgerechten Interessenausgleich zu erreichen.

#### **Unilaterale Standards für einen umweltverträglichen Biomasseanbau**

**95.** Scheitern die Verhandlungen über ein internationales Biomasseübereinkommen, besteht die Möglichkeit, die erforderlichen Nachhaltigkeitsstandards auch auf unilateralem Wege gegenüber den Erzeugerstaaten durchzusetzen. Vorrangig sind indessen engagierte Bemühungen um einen multilateralen Ansatz. Dieser gewährleistet zum einen eine größere Akzeptanz und bessere Durchsetzung der Standards. Zum anderen ist eine internationale Kooperation in Bezug auf die Umsetzung nachhaltiger Biomasseanbaustandards als Voraussetzung eines einseitigen Vorgehens auch mit Blick auf die welthandelsrechtlichen Anforderungen geboten.

Im Rahmen einer einseitigen Durchsetzung der Umweltstandards könnten die EU und die Bundesrepublik Deutschland die Marktfähigkeit für nicht den geforderten Standards entsprechend hergestellte ausländische Biomasse oder Biomasseerzeugnisse ohne einen internationalen Konsens beschränken. Dies könnte entweder im Wege eines Importverbotes für nicht im Einklang mit den spezifizierten Anforderungen erzeugter Biomasse bzw. Biomasseprodukte oder durch die Verweigerung der Anrechnung des Einsatzes solcher Biomasseerzeugnisse auf die Förderquote geschehen (Tz. 91). Anknüpfungspunkt sowohl für mögliche Importbeschränkungen als auch für eine an Nachhaltigkeitskriterien orientierte Förderpolitik sind die in den Erzeugerstaaten angewendeten Anbaumethoden für Biomassepflanzen. Für die welthandelsrechtliche Zulässigkeit solcher produktionsspezifischer Marktzugangsschranken sind in der WTO-Sprachpraxis inzwischen weitgehend etablierte Rechtmäßigkeitskrite-

rien entwickelt worden. Insbesondere die viel beachtete Shrimps-Entscheidung des Appellate Body (SRU 2000, Tz. 90; 2004, Tz. 1045 ff.) hat ein grundlegendes Umdenken hinsichtlich der Akzeptanz umweltschutzbezogener Anforderungen – und insbesondere extraterritorialer Anforderungen an ökologische Herstellungsmethoden – im Rahmen des Welthandelsrechts befördert.

Das Recht der Welthandelsorganisation ist maßgeblich auf eine Wohlfahrtssteigerung seiner Mitgliedsländer durch die Einrichtung eines Freihandelsregimes gerichtet (KLUTTIG 2003, S. 5; KOCH 2004). Jeder Vorstoß eines WTO-Staates, den Zugang ausländischer Erzeugnisse zu seinem nationalen Markt zu beschränken, oder ausländische Produkte auf dem Markt im Verhältnis zu nationalen Produkten zu benachteiligen, steht damit prinzipiell im Konflikt mit den welthandelsrechtlichen Freihandelsregeln. Gesetzlicher Kern dieser Regeln sind die als Verbote direkter und faktischer Diskriminierungen ausgestalteten Prinzipien der Inländergleichbehandlung (Artikel III Abs. 4 General Agreement on Tariffs and Trade (GATT)), der Meistbegünstigung (Artikel I GATT) und der allgemeinen Beseitigung mengenmäßiger Ein- und Ausfuhrbeschränkungen (Artikel XI GATT). Ausgangspunkt für die Anwendbarkeit dieser Bestimmungen ist die unterschiedliche Behandlung eines ausländischen Erzeugnisses im Verhältnis zu einem gleichartigen Erzeugnis („like product“) inländischer Herkunft auf dem Markt eines WTO-Mitglieds. Nach ganz überwiegender Auffassung in der GATT/WTO-Sprachpraxis sowie in der Literatur darf die Abgrenzung zwischen gleichartigen Erzeugnissen, das heißt die Beurteilung, ob ein ausländisches Produkt hinsichtlich des Marktzuganges oder der Behandlung auf dem Markt, anders als ein inländisches Produkt behandelt werden darf, nicht anhand von Kriterien erfolgen, die sich auf die Herstellung des Produktes im Erzeugerland beziehen und keinen Einfluss auf die Eigenschaften des Produktes haben (SCHMIDT und KAHL 2003, Tz. 95; KLUTTIG 2003, S. 13 f. m. zahlreichen Nachweisen zu Sprachpraxis und Literatur). So werden insbesondere umweltschutzbezogene Importbeschränkungen, die sich nicht in den Eigenschaften der produzierten Güter niederschlagen, als Verstoß gegen das in Artikel III Abs. 4 GATT normierte Gebot der Inländergleichbehandlung angesehen. Nach diesem Prinzip dürfen Waren, die aus dem Gebiet einer Vertragspartei in das Gebiet einer anderen Vertragspartei eingeführt werden, hinsichtlich aller Gesetze, Verordnungen und sonstigen Vorschriften über den Verkauf, das Angebot, den Einkauf, die Beförderung, Verteilung oder Verwendung im Inland keine weniger günstige Behandlung erfahren als gleichartige Waren inländischen Ursprungs.

Bei einer genaueren Analyse der Debatte um „like products“ wird jedoch ersichtlich, dass bei der Beurteilung von Produkten die Abstraktion von Produktionsverfahren kritisch gesehen werden muss. Die Haltung der WTO zu dieser Problematik lässt sich folgendermaßen charakterisieren: Einerseits möchte die WTO es ausschließen, dass unterschiedliche Produktionsprozesse als Vorwand für Importschranken herangezogen werden. Andererseits

wird eine Reihe von Gründen und Beispielen genannt, die eine Ausweitung der Betrachtung eines Produktes auf die mit seiner Erzeugung verbundenen Produktionsbedingungen als sachgerecht nahe legen. Es wird teilweise argumentiert, dass die WTO für die mit dieser Ausweitung der Betrachtung verbundenen vielfältigen Wertungsentscheidungen weder kompetent noch zuständig sei und dass Wertungsfragen hinsichtlich der Gleichheit oder Ungleichheit von Produkten den Präferenzen der Konsumenten bzw. dem „Markt“ überantwortet werden müssten. Die Beurteilung der Gleichartigkeit hängt nach dieser Argumentation daher entscheidend von der Wahrnehmung durch die Verbraucher ab. Auch in der jüngeren WTO-Spruchpraxis wird für die Differenzierung zwischen gleich- und ungleichartigen Produkten – wenngleich neben anderen Kriterien – zum Teil neuerdings wieder auf den Aspekt der Verbraucherwahrnehmung abgestellt (EC-Measures Affecting Asbestos and Asbestos-Containing Products, Appellate Body Report v. 12. März 2001, WT/DS135/AB/R, Tz. 101). In anderen Entscheidungen jüngerer Datums wurde das durch die Verbraucherwahrnehmung geprägte Wettbewerbsverhältnis von Produkten auf dem Markt jedoch nicht als Abgrenzungskriterium zwischen gleich- und ungleichartigen Erzeugnissen zugrunde gelegt, sodass insoweit keine gefestigte Spruchpraxis existiert (SCHMIDT und KAHL 2003, Tz. 93 ff. m. umfangreichen Nachweisen zu Spruchpraxis und Literatur).

Letztlich ist diese Methode der Abgrenzung zwischen gleich- und ungleichartigen Produkten auch unbefriedigend, da sie auf der Fiktion vollständig informierter Konsumenten beruht, die sämtliche Produktionsverhältnisse des globalen Gütermarktes vollständig überblicken und anhand ihrer Präferenzen souverän beurteilen können. Die Differenzierung auf der Grundlage der Verbraucherwahrnehmung sollte daher nicht maßgeblich sein. Sofern man gleichwohl die Konsumentenperspektive für maßgeblich hält, fehlt es gegenwärtig an der Möglichkeit der Konsumenten, Biomasseerzeugnisse nach Produktionseigenschaften zu unterscheiden, da es an einer entsprechenden Standardisierung und Zertifizierung fehlt. Auch das spricht dagegen, auf diesem Markt die Vergleichbarkeit von Produkten nach der Wahrnehmung der Konsumenten zu beurteilen. Unterstellt man dennoch die Maßgeblichkeit der Konsumentenperspektive, so müsste angenommen werden, dass eine einseitige Durchsetzung der Anbaustandards für die Biomasseerzeugung – sei es in Form eines Importverbotes oder in Form einer entsprechenden Förderpolitik – insbesondere gegen das in Artikel III Abs. 4 GATT normierte Gebot der Inländergleichbehandlung verstößt.

**96.** Verstöße gegen die dem welthandelsrechtlichen Freihandelsregime zugrunde liegenden Prinzipien sind im Rahmen des GATT allerdings nicht ohne weiteres unzulässig. Vielmehr räumt Artikel XX GATT den WTO-Staaten, die bestimmte Güter durch handelsbeschränkende Maßnahmen schützen wollen, unter besonderen Voraussetzungen Abweichungsrechte von den Diskriminierungsverboten ein. Für den Schutz der Umwelt kommt grundsätzlich eine Rechtfertigung derartiger Maßnahmen

nach Artikel XX lit. b) und lit. g) GATT in Betracht, nach denen Maßnahmen zum Schutz des Lebens und der Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen sowie zum Schutze erschöpflicher Naturschätze gestattet sein können. In der Spruchpraxis des Appellate Body wird insofern eine zweistufige Prüfung durchgeführt, in deren Rahmen zunächst untersucht wird, ob eine handelsbeschränkende Maßnahme den in einem der Absätze a) bis j) des Artikel XX GATT niedergelegten Anforderungen entspricht. Sodann wird analysiert, ob die konkrete Anwendung der Maßnahme mit dem Einleitungssatz des Artikel XX GATT, dem sogenannten Chapeau, in Einklang steht (s. zu diesem Prüfungsaufbau m. Nachweisen zur Spruchpraxis u. a. KLUTTIG 2003, S. 17 f.). Insbesondere im Rahmen der viel beachteten Shrimps-Entscheidung des WTO Appellate Body sind grundlegende inhaltliche Maßstäbe für die Rechtfertigung umweltpolitisch motivierter unilateraler Handelsbeschränkungen entwickelt worden (s. dazu bereits SRU 2004, Tz. 1045 ff., m. w. N.). Diese Maßstäbe sind auch für die Rechtfertigung von produktionsspezifischen Import- und anderen Vermarktungsbeschränkungen relevant.

In thematischer Hinsicht sind derartige Handelsbeschränkungen, die auf die Durchsetzung angemessener Umweltstandards in den Erzeugerländern gerichtet sind, von Artikel XX lit. b) und g) GATT mit dem oben genannten Gehalt erfasst. Die Handelsbeschränkungen sollen nämlich einen nachhaltigen Anbau von Biomasseerzeugnissen sicherstellen, der insbesondere auf den Erhalt von tropischen Primärwäldern sowie Mooren und anderen Feuchtgebieten gerichtet ist (vgl. Abschn. 4.4.2). Diese Gebiete sind unverzichtbare Habitate der in den Erzeugerländern zu bewahrenden Flora und Fauna, sodass die Schutzmaßnahmen unmittelbar auf den Schutz von Tieren und Pflanzen abstellen und damit dem Anwendungsbereich des Artikel XX lit. b) GATT unterfallen. Hinsichtlich der inhaltlichen Anwendbarkeit des Artikel XX lit. g) GATT geht aus der Spruchpraxis hervor, dass erschöpfliche Naturschätze jedenfalls solche Umweltgüter sind, die im Rahmen internationaler Umweltschutzübereinkommen oder -erklärungen als stark gefährdet anerkannt sind (Shrimps, Tz. 130 ff.). Zwar konnte ein international verbindliches Instrument, das spezifisch auf den Erhalt von Waldökosystemen gerichtet ist, bislang nicht vereinbart werden. Dass aber ungeachtet dessen ein Konsens der internationalen Staatengemeinschaft über die Bedrohung der durch die Handelsbeschränkungen zu schützenden Umweltgüter besteht, wird durch zahlreiche internationale Erklärungen und Initiativen unterschiedlicher Akteure belegt (s. dazu und zum folgenden detailliert KROHN 2002). Die Notwendigkeit eines verstärkten Schutzes von Waldökosystemen kommt darüber hinaus im Rahmen verschiedener multilateraler Übereinkommen zum Ausdruck, so vor allem in dem rechtlich allerdings ohne Bindungswirkung ausgestatteten Waldarbeitsprogramm unter der Biodiversitätskonvention. Einige der in tropischen Wäldern heimischen Arten sind in den Anhängen des CITES-Übereinkommens gelistet. Internationale Aktivitäten zum Schutz von Mooren und anderen Feucht-

gebieten sowie den dort heimischen Arten werden im Rahmen des Ramsar-Übereinkommens über Feuchtgebiete durchgeführt.

Neben dem Bezug zu dem Schutzgut erschöpflicher Naturschätze müssen unilaterale Schutzmaßnahmen nach Artikel XX lit. g) GATT im Zusammenhang mit vergleichbaren Beschränkungen der inländischen Produktion oder des inländischen Verbrauchs angewendet werden. Das setzt voraus, dass die von den Exportstaaten geforderten Nachhaltigkeitsstandards in vergleichbarer Weise ebenfalls für die Importstaaten verbindlich sind. Da aber die landwirtschaftliche Produktion in der EU und in Deutschland bereits einem umfangreichen Katalog umweltschutzrelevanter Vorschriften unterliegt, die im Hinblick auf die biomassespezifischen Gefahren noch weiter angepasst werden müssen (Tz. 67 ff.), kann keinesfalls von einer nur einseitigen Verpflichtung der Exportstaaten ausgegangen werden. Die unilateral durchzusetzenden Schutzstandards sehen sich demnach nicht dem Vorwurf des „grünen Protektionismus“ ausgesetzt. Sie stellen vielmehr das von den Erzeugerstaaten zugunsten eines effektiven globalen Klimaschutzes zu fordernde Pendant der eigenen – in wesentlichen Teilen noch deutlich strikteren – Bemühungen um einen nachhaltigen Biomasseanbau dar.

Nach dem Einleitungssatz des Artikel XX GATT dürfen handelsbeschränkende Maßnahmen nicht zu einer willkürlichen und ungerechtfertigten Diskriminierung zwischen Ländern, in denen gleiche Verhältnisse bestehen oder zu einer verschleierte Beschränkung des internationalen Handels führen. In der Chapeau-Klausel sind damit Maßstäbe für die konkrete Anwendung der Schutzmaßnahmen normiert, deren genereller Zweck in der Verhinderung des Missbrauchs der Ausnahmebestimmung gesehen wird (United States – Standards for Reformulated and Conventional Gasoline, Appellate Body Report v. 29. April 1996, WT/DS2/AB/R, S. 23; Shrimps, Tz. 151); es soll ein Ausgleich zwischen dem Recht eines WTO-Mitgliedes, das sich auf die Ausnahmebestimmung beruft, und anderen WTO-Mitgliedern, die dadurch in ihren in der WTO-Rechtsordnung gewährleisteten substanziellen Rechten beeinträchtigt sind, geschaffen werden. Diesen Ausgleich sah der Appellate Body in der Shrimps-Entscheidung insbesondere im Hinblick darauf als verletzt an, dass sich die USA vor dem Ergreifen unilateraler Standards nicht auf dem Wege internationaler Verhandlungen für ein multilaterales Schutzregime der Meeresschildkröten engagiert haben und das schließlich gewählte System in rigider und unflexibler Form auf die Durchsetzung der eigenen Schutzstandards abzielte. Es wurde als gravierender Verstoß gegen die Chapeau-Klausel des Artikel XX GATT angesehen, dass keine Maßnahmen vorgesehen waren, die die Akzeptanz solcher ausländischen Schutzmaßnahmen gewährleisten, die einen dem von den USA angestrebten Schutzniveau vergleichbaren Schutz sicherstellen, dies aber mit anderen Mitteln als die von den USA zwingend vorgeschriebenen Schutzvorkehrungen (Shrimps, Tz. 161 ff.).

Die Bedeutung des ersten der vorbenannten Kriterien – Vorrang multilateraler Verhandlungen vor unilateralen Handelsbeschränkungen – für die GATT-Konformität eines künftigen Einfuhrverbotes von Biomasse wurde bereits betont. Derartige Maßnahmen dürfen also nur ergriffen werden, wenn zuvor der „ernsthafte Versuch“ einer Einigung unternommen wurde (Shrimps, Tz. 166 ff.). Als Forum für die internationale Verhandlung von Anbaustandards für nachwachsende Rohstoffe könnten die bereits jetzt anhängigen internationalen Bemühungen (vgl. dazu z. B. die Global BioEnergy Initiative von UNEP <http://www.uneptie.org/energy/act/bio/GBEP.htm>, bzw. die unter Tz. 84 ff. dargestellten Initiativen zur Entwicklung von Zertifizierungssystemen) genutzt werden. Insbesondere in Bezug auf den Schutz tropischer Regenwälder könnte aber bereits jetzt der Zeitpunkt zum Ergreifen unilateraler Handelsbeschränkungen erreicht sein. Diese sind infolge der Ausweitung landwirtschaftlicher Flächen zunehmend der Zerstörung preisgegeben. Ungeachtet der Arbeiten des Intergovernmental Panel on Forests, des Intergovernmental Forum on Forests und des United Nations Forum on Forests sowie zahlreicher anderer Institutionen schreitet die Entwaldung in tropischen Ländern weiter voran (FAO 2007). Insoweit wäre durchaus argumentierbar, dass die multilateralen Bestrebungen der letzten Dekade nur ein unzureichendes Schutzniveau sicherzustellen vermochten und das Ergreifen einseitiger Maßnahmen zum Schutz der Waldökosysteme nunmehr prinzipiell angemessen ist.

Die in der Spruchpraxis geforderte flexible Handhabung des Schutzsystems untersagt es insbesondere, ausschließlich die in Deutschland oder in der EU etablierten Mechanismen zum Schutz der Umweltgüter anzuerkennen. Diese Anforderung schließt es aus, die nach dem EU-Recht oder dem deutschen Recht verbindlichen Anbaustandards pauschal auf außereuropäische Erzeugerstaaten zu übertragen. Die flexible Anerkennung ausländischer Schutzmaßnahmen ist aber gewährleistet, wenn die erforderlichen Produktionsbedingungen hinreichend offen definiert werden, damit eine situationsadäquate Konkretisierung der Standards in den Produktionsstaaten ermöglicht wird. Die EU muss die Länder bei der Umsetzung der geforderten Produktionsstandards in technischer Hinsicht unterstützen. Dazu zählt auch der Aufbau von einschlägigem Know-how in den Erzeugerländern. Sollte zur Einhaltung der Standards auf ein Zertifizierungssystem abgestellt werden, muss sämtlichen WTO-Staaten ein gleichberechtigter Zugang zu dem System eingeräumt werden. Außerdem ist eine intensive Kooperation zwischen der EU und den Exportländern bei der Einrichtung und Durchführung des Zertifizierungssystems erforderlich, in deren Rahmen die spezifischen Bedürfnisse der betroffenen Länder und die dort vorherrschenden Bedingungen zu berücksichtigen sind. Schließlich ist das Zertifizierungssystem fair und transparent auszugestalten. Dazu müssen Kommunikationsmechanismen zwischen der EU und den Erzeugerländern eingerichtet werden, in deren Rahmen die Antragsteller Stellungnahmen zu ihren Zertifizierungsanträgen abgeben können, Ablehnungen

von Zertifizierungsanträgen begründet werden und Rechtsschutz gegenüber Antragszurückweisungen gewährt wird.

#### 4.5 Zusammenfassung

**97.** Die Biomassenutzung wird vom SRU als Chance für die Förderung einer dauerhaft umwelt- und sozialverträglichen Entwicklung gesehen. Allerdings hat sich mittlerweile die Erkenntnis durchgesetzt, dass ein dauerhaft umwelt- und sozialverträglicher Anbau von nachwachsenden Rohstoffen anhand von Leitplanken und Standards reguliert werden muss. Da sowohl der Anbau nachwachsender Rohstoffe als auch die Biomassenutzung von staatlicher Seite substantiell gefördert werden, muss darauf geachtet werden, dass nicht durch den Einsatz von Biomasse – und somit infolge der Förderung – erhebliche negative Nebenwirkungen entstehen. Daher sind Leitplanken und konkrete Standards auf nationaler und internationaler Ebene erforderlich.

**98.** Einige Auswirkungen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe auf nationaler Ebene sind sehr ähnlich denen der konventionellen Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Daneben hat der Anbau nachwachsender Rohstoffe aber auch ökologische Auswirkungen, die in der Nahrungs- und Futtermittelproduktion so nicht auftreten. Für erstgenannte Auswirkungen sollten die gleichen Standards wie für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion gelten. Für die letzteren sind dagegen biomassespezifische Standards erforderlich.

**99.** Den zu erwartenden negativen Auswirkungen des verstärkten Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen lässt sich prinzipiell über die Vorgaben der guten fachlichen Praxis und der Cross Compliance entgegenwirken. Diese sollten konsequent umgesetzt und partiell weiterentwickelt werden. Der SRU spricht sich auf Grundlage der derzeitigen Erkenntnisse für eine Verschärfung der Standards in folgender Hinsicht aus:

- bezüglich des Einsatzes von Düngemitteln: die Einführung einer Stickstoffüberschussabgabe;
- bezüglich der Verwendung von Pflanzenschutzmitteln: eine weitere Konkretisierung, rechtliche Aufwertung und konsequente Umsetzung der Erfordernisse des integrierten Pflanzenschutzes;
- bezüglich der Einhaltung einer mindestens dreigliedrigen Fruchtfolge: ohne Ausnahmeregelungen unter gleichzeitiger Eröffnung der Möglichkeit, die Zahl der jährlich anzubauenden Kulturen und ihre maximalen Betriebsflächenanteile zu regulieren;
- das generelle Verbot des Umbruchs von Dauergrünland.

Darüber hinaus sollte der aktuelle Schutzstandard von Schutzgebietsverordnungen im Hinblick auf seine Angemessenheit überprüft und gegebenenfalls erhöht werden. Zudem sieht der SRU im Hinblick auf die Frage eines weitergehenden Schutzes von Saum- und Strukturele-

menten durch eine zusätzliche Kompensationsregelung weiteren Prüfungsbedarf.

**100.** Spezifische Standards für den Anbau nachwachsender Rohstoffe sind dort erforderlich, wo Auswirkungen auftreten, die beim Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln nicht vorkommen. Dies betrifft insbesondere die Entnahme von organischem Material, für die der Nachweis einer ausgeglichenen Humusbilanz erforderlich ist, sowie spezifische Regelungen für den Anbau neuer oder gentechnisch veränderter Arten und Sorten nachwachsender Rohstoffe.

**101.** Da viele Ziele bzw. Grenzen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe ausschließlich in Bezug auf bestimmte Standorttypen oder Regionen formuliert werden können, ist für eine umfassende Regulierung ihrer flächen- und standortspezifischen Auswirkungen auch ein raumbezogenes Instrumentarium erforderlich. Nur so können die charakteristischen Empfindlichkeiten unterschiedlicher Standorte berücksichtigt werden.

**102.** Die sozialen Auswirkungen des Biomasseanbaus auf nationaler Ebene erscheinen absehbar weder auf der Verbraucher- noch auf der Erzeugerseite gravierend. Über großen Hoffnungen hinsichtlich einer Entwicklung ländlicher Räume ist allerdings ebenfalls mit Skepsis zu begegnen. Im Gegensatz zu den sozioökonomischen Auswirkungen des Imports nachwachsender Rohstoffe in den Erzeugerländern sieht der SRU in Bezug auf die sozioökonomischen Auswirkungen im Inland keinen besonderen Regelungsbedarf.

**103.** Auf internationaler Ebene bestehen durch den expandierenden Biomasseanbau hingegen vielfältige Anlässe zur Besorgnis, was die Veränderungen in den Lebensbedingungen der ärmeren Bevölkerungsschichten in Exportländern hinsichtlich Ernährungssicherheit, Arbeitsbedingungen und Landrechten anbetrifft. Es wäre kaum zu rechtfertigen, wenn durch Biomasseimporte für den Kraftstoffsektor die Konsequenzen einer verfehlten Verkehrspolitik (SRU 2005) in den Industriestaaten zulasten der Ernährungssicherheit ärmerer Bevölkerungsschichten gingen.

**104.** Mit der Ausweitung der Biomasseproduktion in den Erzeugerländern gehen erhebliche Gefahren eines Raubbaus an den noch verbliebenen Naturgütern, insbesondere tropischen Regenwäldern, Mooren und anderen Feuchtgebieten, einher. Daher sind international verbindliche Standards vordringlich, die auf einen umweltschonenden Biomasseanbau gerichtet sind. Private Zertifizierungssysteme sind dabei kein funktionales Äquivalent für verbindliche Standards des Biomasseanbaus. Zum einen bildet keines der derzeit existierenden Zertifizierungssysteme alle umweltschutzrelevanten Aspekte ab. Zum anderen stellt das Instrument der freiwilligen Zertifizierung aufgrund seiner immanenten Wirkungsgrenzen keine effektive Durchsetzung der erforderlichen Umweltstandards sicher. Erforderlich sind daher rechtsverbindliche Standards, von deren Einhaltung die Marktfähigkeit importierter Biomasse und Biomasseerzeugnisse in der EU

und in Deutschland abhängig gemacht wird. Prioritär sollten dazu die Verhandlungen eines internationalen Biomasseübereinkommens vorangetrieben werden, in dem Umweltstandards verbindlich festgelegt und auch Mechanismen zur Durchsetzung der Standards festgeschrieben werden. Im Verhältnis dazu nachrangig, aber als ultima

ratio durchaus möglich, ist die einseitige Durchsetzung der Standards gegenüber den Erzeugerländern. Nach dem Welthandelsrecht ist unter der Voraussetzung der Berücksichtigung der im Einzelnen dargestellten Anforderungen von der Zulässigkeit eines solchen Vorgehens auszugehen.

## 5 Aktuelle Ziele und Instrumente für den Ausbau der Bioenergien

### 5.1 Förderziele

#### 5.1.1 Klimaschutz und andere strategische Ziele der Bioenergieförderung

**105.** Mit dem vierten Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007) wurde die Dringlichkeit eines anspruchsvollen Klimaschutzes wissenschaftlich eindrucksvoll bestätigt. Ohne eine radikale Trendumkehr wird das zur Abwehr großer Schäden erforderliche, weithin anerkannte Ziel, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf 2°C gegenüber vorindustriellen Werten zu begrenzen, nicht mehr erreichbar sein. Bei mittlerer Klimasensitivität ist demnach als Minimum eine Stabilisierung der Treibhausgas-Konzentrationen (Treibhausgas – THG) auf circa 450 ppmv CO<sub>2</sub>e und damit eine substanzielle Verminderung der globalen THG-Emissionen erforderlich.

Im Lichte der forcierten Warnungen der Klimawissenschaftler und der ökonomischen Folgekostenschätzungen haben sowohl die EU als auch die Bundesregierung neue klimapolitische Reduktionsziele bis 2020 formuliert. Die EU strebt eine unilaterale Verminderung der THG-Emissionen um 20 % und eine international koordinierte von 30 % gegenüber 1990 an, die Bundesregierung eine Verminderung um 40 % (BMU 2007). Darüber hinaus ist eine Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland und anderen Industrieländern bis zum Jahre 2050 um bis zu 80 % (SRU 2002; 2004) erforderlich.

Einem forcierten Ausbau regenerativer Energieträger und damit der Bioenergien kommt in der Verwirklichung dieser klimapolitischen Ziele eine sehr wichtige Rolle zu (vgl. Abschn. 5.1.2). Insbesondere, wenn das Klimaschutzziel der Bundesregierung bei gleichzeitigem Atomausstieg verwirklicht werden soll, ist ein möglichst hoher Klimaschutzbeitrag erneuerbarer Energien aus Biomasse unerlässlich (NITSCH 2007; BMU 2007; MATTHES et al. 2006; BARZANTNY et al. 2007; LECHTENBÖHMER et al. 2005; ERDMENGER et al. 2007). Dabei kommt es aber auch darauf an, den potenziellen Klimaschutzbeitrag der Energie aus Biomasse unter Berücksichtigung anderer umweltfachlicher Rahmenbedingungen zu maximieren.

**106.** Zurzeit sind mehrere Ziele des Einsatzes von Biomasse in der Diskussion: neben dem Klimaschutz die Förderung des ländlichen Raumes und die Versorgungssicherheit durch die Substitution von Kraftstoffen (Deutscher Bundestag 2006b, S. 19; BMVEL 2005; Europäische Kommission 2005b). Die Vorstellung, all diese Ziele könnten konfliktfrei verfolgt werden, erweist sich bei genauer Analyse als unzutreffend. Eine Prioritätensetzung ist daher unumgänglich.

Angesichts der Warnungen des IPCC, aber auch angesichts der durch ökologische Leitplanken und Standards

gegebenen Grenzen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe (Kap. 4), wäre es verfehlt, den möglichen Beitrag der Biomasse zur Reduktion von THG nicht optimal auszuschöpfen. Die Förderung des ländlichen Raumes und die Versorgungssicherheit lassen sich besser auf anderen Wegen verfolgen. Auch deshalb sollte die Verminderung von THG Priorität als Ziel haben.

**107.** Daher plädiert der SRU für einen prioritär am Klimaschutz orientierten Einsatz von Biomasse in einem natur- und sozialverträglichen Rahmen.

**108.** Dabei wird eine auf den Klimaschutz fokussierte Förderstrategie für Bioenergien durchaus auch positive Nebeneffekte für den ländlichen Raum und die Versorgungssicherheit haben. Dennoch kommt es darauf an, ein angemessenes Kosten-Nutzen-Verhältnis zu wahren und die nicht zu vernachlässigenden Zielkonflikte zu beachten (ISERMEYER und ZIMMER 2006; HENKE 2005; HENKE und KLEPPER 2006).

**109.** Bioenergien liefern je nach Anbaupflanze und -methode, nach Umwandlungsverfahren und Verwendungszweck sehr unterschiedliche Beiträge zum Klimaschutz. Fördermaßnahmen, die auf den Energiegehalt oder das Volumen bezogen sind, können diese erheblichen Leistungsunterschiede nicht angemessen abbilden, da keine Korrelation zwischen dem Energieertrag und dem Klimaschutzbeitrag von Bioenergien besteht (Tz. 35). Übereinstimmend kommen empirische Untersuchungen und auch die Argumentation in Kapitel 3 zu dem Ergebnis, dass es hinsichtlich einer klimapolitischen Optimierung des Biomasseeinsatzes im heutigen deutschen Energiemix eine klare und eindeutige Abstufung geben sollte: Die energetische Nutzung im Wärmebereich und in der Elektrizitätsproduktion ist derjenigen für Biokraftstoffe im doppelten Sinne wesentlich überlegen. Zum einen ist das Einsparpotenzial je Nutzfläche signifikant höher, zum anderen sind die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten substanziell niedriger (vgl. Kap. 3; HENKE und KLEPPER 2006; FRITSCHKE und ZIMMER 2006; SRU 2005b; Europäische Kommission 2005b, S. 6; NITSCH 2007).

Nach Einschätzung der Europäischen Kommission erbringt 1 Mt Erdöleinheiten Biomasse-Input 2 466 t CO<sub>2</sub>e THG-Emissionsverminderung beim Einsatz für Heizzwecke, 2 167 bis 2 560 t CO<sub>2</sub>e bei der Elektrizitätserzeugung und nur 1 688 t CO<sub>2</sub>e als Biokraftstoff (Europäische Kommission 2005a, S. 32). Das Klimareduktionspotenzial je eingesetzter Biomasse ist im Durchschnitt und im kalkulatorischen Referenzfall um mindestens 50 % höher, wenn eine CO<sub>2</sub>-Optimierung des Biomasseeinsatzes stattfindet (NITSCH 2007, S. 17 f.; SRU 2005b, Tz. 355, m. w. N.; CONCAWE et al. 2006, S. 85; RAGWITZ et al. 2006). Der Klimaschutzbeitrag der Kohlesubstitution durch Biomasse kann im Einzelfall sogar um den Faktor 3 höher sein als die Kraftstoffsubstitution (vgl.



Abb. 3-3). Auch innerhalb der einzelnen Verwendungsbe-  
reiche ist die Spannbreite des möglichen Klimaschutzbei-  
trages sehr groß. So können je nach Anbaupflanze und  
Herstellungsmethode 15 bis 45 Mio. t CO<sub>2</sub> durch das Er-  
reichen des Biokraftstoffzieles der EU für 2010 einge-  
spart werden (Europäische Kommission 2007b, S. 112).

Ebenso deutlich unterscheiden sich die ökonomischen  
Vermeidungskosten der einzelnen Verwendungen. Nach  
Einschätzung der Europäischen Kommission liegen diese  
für Biokraftstoffe bei circa 100 €/t CO<sub>2</sub>e – wobei eine er-  
hebliche Schwankungsbreite der Kosten je nach Anbau-  
pflanze und Umwandlungstechnik besteht. Die Vermei-  
dungskosten für die Stromerzeugung liegen bei circa  
22 Euro, während der Einsatz für Heizzwecke sogar einen  
Ertrag von fast 40 Euro schafft (eigene Berechnung nach  
Europäische Kommission 2005a). Ähnliche Kosten-  
relationen finden sich auch in vielen anderen Studien  
(SRU 2005b, Tz. 356; CONCAWE et al. 2006, S. 65 f;  
FRITSCHKE und ZIMMER 2006, S. 16; RAGWITZ et al.  
2006). Die klimapolitisch optimierte Förderung des Bio-  
masseeinsatzes sollte diese technischen und ökonomi-  
schen Zusammenhänge abbilden und entsprechende Prio-  
ritäten setzen. Andernfalls wird auf technisch und  
ökonomisch mobilisierbare Klimaschutzpotenziale ver-  
zichtet. Nach Berechnungen für die Europäische Um-  
weltagentur würde eine suboptimale Biomasseverwen-  
dung in der EU einem Verzicht auf bis zu 22 % des  
heimisch erzeugbaren Substitutionspotenzials oder die  
Reduktion um circa 150 Mt CO<sub>2</sub>e bis 2030 gleichkom-  
men (RESCH et al. 2007, S. 11).

**110.** Zwischen dem Klimaschutz und der Förderung des  
ländlichen Raumes können Synergieeffekte erreicht wer-  
den, wenn die Biomasseförderung im Hinblick auf eine  
Maximierung des Klimaschutzbeitrages ausgerichtet  
wird. Für die ländliche Entwicklung hat eine solche Kli-  
maschutzoptimierung primär Auswirkungen auf die  
Struktur des Anbaus und die Weiterverarbeitung. Der An-  
teil der Energiepflanzen für Kraftstoffe wird unter Klima-  
schutzvorzeichen relativ abnehmen, derjenige für die sta-  
tionäre Energieumwandlung zunehmen. Insgesamt wird  
die Bioenergieförderung neue Märkte schaffen und ver-  
spricht zum Teil deutlich steigende Preise für Agrarpro-  
dukte (vgl. Kap. 4.1; DUFEY 2006, S. 15; UNCTAD  
2007, S. 46; Europäische Kommission, Generaldirektion  
Landwirtschaft und ländliche Entwicklung 2007; OECD  
und FAO 2007). Deutliche Arbeitsmarktimpulse im Be-  
reich des Anlagenbaus sind auch von der voraussichtlich  
sehr dynamischen Exportentwicklung zu erwarten (BMU  
2006).

ISERMEYER und ZIMMER (2006) weisen aber darauf  
hin, dass dieser Fördereffekt nur bei niedrigen Preisen für  
Energie- und Agrarprodukte neue Arbeitsplätze im ländli-  
chen Raum schafft. Bei steigendem Ölpreis wird die  
Marktnachfrage nach Biokraftstoffen auch ohne staatliche  
Förderung ansteigen, was wiederum auch die Nahr-  
ungsmittelpreise steigen lässt. Wenn die Nahrungsmittel-  
produktion hierdurch rentabler wird, verdrängt die  
Biomasseförderung lediglich eine ansonsten auch stattfin-  
dende Agrarproduktion, ohne aber netto direkte Arbeits-  
platzeffekte zu schaffen (ISERMEYER und ZIMMER  
2006, S. 13).

**111.** Arbeitsplatzeffekte alleine können jedoch nicht die  
prioritäre Förderung bestimmter Verwendungen rechtfertigen,  
wenn diese aus Klimaschutzsicht suboptimal sind. Seit den  
1990er-Jahren wurde das System der Marktinter-  
vention und der an die Produktion gekoppelten Direkt-  
zahlungen in mehreren Anläufen aus haushaltspoliti-  
schen, handelspolitischen und auch verbraucher- und  
umweltpolitischen Gründen reformiert (SRU 2004,  
S. 178 f.). Die Agrarreform von 2003 zielt auf die Ab-  
kopplung der Subventionen von der Produktion. In der  
Debatte um die weitere Reform der Agrarpolitik sind des-  
halb Konzepte entwickelt worden, Subventionen an die  
Erfüllung rechtlicher Umweltstandards zu koppeln (Cross  
Compliance) oder darüber hinausgehende Umweltleistun-  
gen im Rahmen der Agrarumweltprogramme zu hono-  
rieren. Eine Politik, die sich allein aus ihren absatzfördernden  
und preisstützenden Wirkungen für den Agrarsektor  
legitimiert, wäre damit ein Rückfall in die Jahrzehnte  
vor der Reform der Europäischen Agrarpolitik. Förder-  
maßnahmen der Allgemeinheit lassen sich besser mit  
Wohlfahrtswirkungen, wie Klimaschutz, Erhalt von Bio-  
diversität oder Kulturlandschaft rechtfertigen. Insofern ist  
das Ziel der Förderung des ländlichen Raumes im Hin-  
blick auf die Biomasseförderung auch dem Klimaschutz-  
ziel untergeordnet, es wird als begrüßenswerte Nebenwir-  
kung des Klimaschutzes mitverfolgt.

**112.** Versorgungssicherheit kann physisch im Hinblick  
auf die nationale oder internationale Verfügbarkeit be-  
stimmter Ressourcen verstanden werden oder ökonomi-  
sch als Schutz vor zu hohen Preisschwankungen. Phy-  
sische Versorgungsengpässe spielen in den kommenden  
Jahrzehnten insgesamt eine geringere Rolle. Bei Erdöl ist  
zwar eine regionale Konzentration der Lieferländer zu er-  
warten und es gibt eine kontroverse Diskussion darüber,  
wann die Erdölförderung ihre Spitze erreicht hat (peak  
oil), insgesamt entstehen hierdurch kurz- bis mittelfristig  
aber eher Preisrisiken, als dass „uns das Öl ausgehen  
könnte“ (IEA 2006, S. 88 ff.; YERGIN 2005; BMWi und  
BMU 2006, S. 2; SCHINDLER und ZITTEL 2006). An-  
gesichts der derzeitigen Leitungsgebundenheit der Gas-  
importe sind physische Lieferbeschränkungen in diesem  
Bereich eher vorstellbar (KALICKI und ELKIND 2005;  
BMWi und BMU 2006, S. 2 ff.), aber durch die wach-  
sende Bedeutung der Gasverflüssigung auch relativierbar  
(MÜLLER-KRAENNER 2007, S. 22 ff.). Hinsichtlich  
der Kohle bestehen in absehbarer Zeit keine physischen  
Versorgungsengpässe. Primär handelt es sich daher bei  
der Diskussion um Versorgungssicherheit um die ökonomi-  
sche Frage, wie die Verwundbarkeit gegenüber hohen  
Preisschwankungen oder Preissteigerungen auf den Welt-  
energiemärkten vermindert werden kann. Für die Verminder-  
ung der mittelfristigen ökonomischen Risiken lassen  
sich in der politischen Diskussion grundsätzlich drei str-  
ategische Ansätze unterscheiden: die verstärkte Nutzung  
heimischer Energiequellen, die Diversifizierung der im-  
portierten Energiequellen oder die Verminderung der  
Energieintensität der Volkswirtschaft. Bei all diesen Str-  
ategien muss aber bedacht werden, dass eine Entkoppe-  
lung der nationalen oder europäischen Energiemärkte von  
den Weltenergiemärkten unrealistisch ist (YERGIN 2005,  
S. 55). Ungeachtet dieser Einschränkung kann die Bio-  
masseförderung entweder auf den Ersatz von Importen

durch heimische Energiequellen oder auf die Importdiversifizierung abzielen.

Als Importersatz stoßen Bioenergien an enge Grenzen. Wie in Kapitel 2 ausgeführt, liegen – unter der Annahme einer den Naturschutz beachtenden Anbaufläche – die Potenziale biogener Reststoffe in der Größenordnung von 3,5 bis 5 % des Primärenergieverbrauchs, die der für Kraftstoffe verwendeten Energiepflanzen eher unter 5 % des Kraftstoffverbrauches (vgl. Tz. 15 f.). Nach verschiedenen Studien lässt sich das Biokraftstoffziel der EU von 10 % für 2020 selbst dann nicht ohne Importe erreichen, wenn die vorhandenen Flächenpotenziale nur für diese Verwendung eingesetzt werden (CONCAWE et al. 2006; KAVALOV 2004; IEA 2006; Europäische Kommission 2006a). Solch geringe heimisch erzeugbare Anteile werden die Weltenergiemärkte kaum beeinflussen können.

Es gibt auch grundsätzliche Bedenken gegen eine Importersatzpolitik: Von den Faktorpreiswirkungen globaler Energiepreisschwankungen können in das globale Wirtschaftssystem eingebundene Staaten nur über die Preisgabe nützlicher internationaler Handelsverflechtungen isoliert werden. Angesichts der geringen möglichen Marktanteile von Biokraftstoffen ist die Bereitstellung einer signifikanten Angebotsmenge zur Entkoppelung der Kraftstoffkosten von den Weltmarktpreisen für Öl oder gar eine Dämpfung des Ölpreisanstiegs nicht zu erwarten.

Zu beachten ist auch das ungünstige Kosten-Nutzen-Verhältnis einer Importersatzpolitik: Liegen die Herstellungskosten für Biokraftstoffe über dem Preis für konventionelle Kraftstoffe, ist eine Subventionierung der Differenz oder eine Finanzierung durch den Autofahrer notwendig. Liegen sie unter dem Kraftstoffpreis wird dies zwar zu einer Ausweitung des Biokraftstoffangebotes mit einem möglichen Aufschaukeleffekt zwischen Agrar- und Biokraftstoffpreisen führen (ISERMEYER und ZIMMER 2006, S. 2 f.). Wegen der relativ unbedeutenden Menge mittelfristig verfügbarer Biokraftstoffe wird dies aber keine substantielle Senkung des Kraftstoffpreises bewirken. Je höher zudem der Selbstversorgungsgrad ist, desto höher sind auch die damit verbundenen Kosten. Die optimistisch gerechnete Folgenabschätzung der Europäischen Kommission zum 10 %-Ziel für Biokraftstoffe im Jahre 2020 ergibt, dass bei niedrigen Ölpreisen die jährlichen Gesamtkosten bei heimischer Herstellung bei circa 12,3 Mrd. Euro liegen, im Falle hoher Importe lediglich bei 5,2 Mrd. Euro (eigene Berechnung auf der Basis von Europäische Kommission 2006a, S. 14). Autofahrer oder Regierungen zahlen damit bei einer auf heimische Ressourcen aufbauenden Importersatzstrategie eine hohe „Versicherungsprämie“, ohne sich aber tatsächlich vor Preisrisiken schützen zu können. So zeigt die empirische Forschung zu den Determinanten der Ölpreisentwicklung, dass die Volatilität der Rohölpreise in den vergangenen drei Dekaden zum weitaus überwiegenden Teil durch die Dynamik der Nachfragemenge und vergleichsweise wenig durch Angebotsschwankungen erklärt werden kann. Der Versuch einer Angebotsverstärkung durch eine Stärkung der Selbstversorgung mit Energie dürfte daher wenig gegen die Gefahr von Energiepreisschwankungen ausrichten (KILIAN 2007).

**113.** Bei einem Vergleich dieses Ansatzes mit anderen Strategien einer Verminderung der Erdölabhängigkeit des Verkehrs, zum Beispiel einer forcierten Effizienzstrategie für Kraftfahrzeuge oder Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung und -vermeidung (vgl. bereits SRU 2005b), kam die Europäische Kommission zu dem Ergebnis, dass eine relativ vorsichtige Effizienzpolitik mehr als die doppelte Einsparung an Kraftstoffen im Vergleich zur Biokraftstoffstrategie erbringen würde (Europäische Kommission 2006a, S. 26; in der Tendenz auch ECMT 2007; GOODWIN 1998; FRONDEL und PETERS 2007, S. 1682). In der Kraftstoffeinsparung liegt damit auch der zentrale Beitrag, die Ölintensität der Volkswirtschaft und damit ihre Verwundbarkeit gegen Schwankungen zu vermindern (TOMAN 2002; YERGIN 2005; KILIAN 2007). Zu den Opportunitätskosten einer privilegierten Biokraftstoffförderung müssten sinnvollerweise auch entgangene Nutzen eines klimaoptimierten Biomasseeinsatzes für andere Verwendungszwecke, so den Wärmebereich und die Umwandlung in Elektrizität, gezählt werden.

**114.** Wer auf die sehr begrenzt preisdämpfende Wirkung (s. o.) von Biokraftstoffen im Rahmen einer Versorgungssicherheitsstrategie setzt, muss im Lichte der hohen Kosten einer Importersatzpolitik konsequent auf eine Marköffnung und den Abbau des Agrarprotektionismus drängen, um die Kostenvorteile von Biokraftstoffen aus diesen Ländern nutzen zu können. Auch der Liberalisierungsdruck im Rahmen des Welthandelsregimes wird in diese Richtung gehen (ISERMEYER und ZIMMER 2006; HENKE und KLEPPER 2006; COELHO 2005; DUFEY 2006). Nicht nur die tarifären und nicht-tarifären Handelshemmnisse für Biokraftstoffe werden mittlerweile kritisch diskutiert, Biokraftstoffe sind auch Kandidaten für „Umweltprodukte“, die im Rahmen der Doha-Verhandlungen zur weiteren Welthandelsliberalisierung (4. Konferenz der Wirtschafts- und Handelsminister der WTO-Mitgliedstaaten 2001 in Doha/Katar) priorität behandelt werden sollen. Eine solche Strategie der Diversifizierung der Importe muss sich aber ernsthaft mit den ökologischen und sozialen Folgen in den entsprechenden Exportländern befassen und diesbezügliche Risiken einschränken (vgl. Kap. 4.4). Zu beachten ist auch, dass weitreichende Landnutzungsänderungen in den Exportländern auch die Klimabilanz der importierten Biomasse erheblich beeinträchtigen können. Anspruchsvolle und effektiv angewendete Kriterien, die solche Risiken zu vermeiden versuchen, werden wiederum das Potenzial importierter Biomasse begrenzen. In diesem Sinne wird eine Diversifikation der Importe zwar nicht unmöglich, aber in ihrem Wachstumspotenzial begrenzt bleiben.

## Fazit

**115.** Die Erreichung der im Jahre 2007 formulierten nationalen und europäischen Klimaschutzziele erfordert einen ambitionierten Ausbau erneuerbarer Energien und damit auch der Bioenergien. Dabei kommt es wesentlich darauf an, den potenziellen Klimaschutzbeitrag der Energie aus Biomasse unter Berücksichtigung anderer umweltfachlicher Rahmenbedingungen zu maximieren. Angesichts der Warnungen des IPCC und auch angesichts der durch ökologische Leitplanken und Standards gegebenen Grenzen des Biomasseanbaus (Kap. 4) wäre es ver-

fehlt, den möglichen Beitrag der Biomasse zur Reduktion von THG nicht optimal auszuschöpfen. Da andere Ziele der Biomasseförderung (Förderung des ländlichen Raumes, Steigerung der Versorgungssicherheit) besser auf anderen Wegen verfolgt werden können, lässt sich eine klimapolitische Priorität gut begründen. Damit plädiert der SRU für einen Klimaschutz durch Biomasse in einem natur- und sozialverträglichen Rahmen.

**116.** Zwischen den agrar-, energie- und umweltpolitischen Zielen der Bioenergieförderung bestehen häufig auch Zielkonflikte. Energiepolitische Prioritäten bei der Förderung der Biomasse gehen zum Beispiel nicht generell mit Klimaschutzzielen konform. Energiepolitisch hat die Substitution von Öl durch Biokraftstoffe Priorität, klimaschutzpolitisch die Substitution fossiler Energieträger im Wärmebereich und in der Stromerzeugung. Dabei hat der Ersatz der Kohle die größten Klimaschutzeffekte. Die Bevorzugung heimisch hergestellter Biokraftstoffe ist auch im Vergleich zu anderen Maßnahmen eine so teure Maßnahme des Klimaschutzes, dass sie erst nach Ausschöpfung der zahlreichen wesentlich kostengünstigeren Optionen ökonomisch in Frage käme. Auch der Import von Biokraftstoffen stößt an Grenzen, wenn naturschutzfachliche, klimapolitische und soziale Kriterien für den Import ernst genommen werden.

Im Hinblick auf die ländliche Entwicklung bestehen dagegen stärkere Synergien zum Klimaschutz, insbesondere wenn die Verwendung im Strom- und Wärmebereich priorisiert wird. Es gibt aber Zielkonflikte mit einer Klimaschutzoptimierung, wenn der ländliche Raum durch ehrgeizige Ausbauziele für Biokraftstoffe gefördert wird. Diese sollten vermieden werden.

**117.** Bundesregierung und Europäische Kommission sollten daher die Vorstellung einer Zielharmonie zwischen Klimaschutz, Versorgungssicherheit und Arbeitsplatzsicherung im ländlichen Raum hinsichtlich der Biomasseförderung aufgeben. Bei Zielkonflikten sollte die klare Priorität beim Beitrag der Biomasseförderung zum Klimaschutz in einem naturverträglichen Rahmen liegen.

### **5.1.2 Ausbauziele für die Bioenergien**

**118.** Gemäß dem Subsidiaritätsprinzip hat die EU bisher vor allem indikative Ziele formuliert, deren Einhaltung bisher nicht rechtsverbindlich ist und die von den Mitgliedsstaaten durch unterschiedliche Maßnahmen erreicht werden können. Die Mitgliedsstaaten haben damit bisher große Gestaltungsspielräume für ihre nationale Bioenergiepolitik. In Zukunft sollen die Ziele nach den Vorstellungen der Europäischen Kommission aber rechtsverbindlich ausgestaltet werden (Europäische Kommission 2007a).

**119.** Es existieren zum einen allgemeine Ausbauziele für erneuerbare Energien (vgl. Tab. 5-1). Die Teilmenge der erneuerbaren Energien, die aus Biomasse gewonnen wird, kann dabei von Mitgliedsstaat zu Mitgliedsstaat unterschiedlich sein. Zum anderen sind Ziele formuliert worden, die sich auf eine Teilmenge des Biomasseeinsatzes, auf die Biokraftstoffe beschränken (Europäische Kommission 2006b; 2005b). Es gibt bisher kein exklusives Ausbauziel für Bioenergie insgesamt, das als Grund-

lage eines optimierten Biomasseeinsatzes für die verschiedenen Verwendungszwecke dienen könnte.

**120.** Im Hinblick auf die Novellierung der Biokraftstoff-Richtlinie und die Ausbauziele für erneuerbare Energien hat die Europäische Kommission vorgeschlagen, die indikativen Ziele rechtsverbindlich auszugestalten (Europäische Kommission 2007a). Zudem soll der Mindestanteil für die Biokraftstoffbeimischung bis 2020 auf 10 %, das Ausbauziel für erneuerbare Energien auf 20 % des Primärenergiebedarfs angehoben werden. Hinsichtlich der erneuerbaren Energien ist hierbei eine Ziel-differenzierung je nach ökonomisch erreichbaren nationalen Potenzialen vorgesehen (Council of the European Union 2007, Zi. 33).

Auf dem Europäischen Rat im März 2007 und in verschiedenen Ratsformationen wurden diese Ziele mittlerweile bekräftigt, aber auch qualifiziert. So soll das Ziel „in kosteneffizienter Weise“ erreicht werden. Der Europäische Rat betrachtet das verbindliche Ziel nur unter der Voraussetzung als „angemessen“, dass eine nachhaltige Produktion, die kommerzielle Verfügbarkeit der 2. Generation von Biokraftstoffen und die Novellierung der Kraftstoffrichtlinie im Hinblick auf höhere zulässige Beimischungsquoten gewährleistet sind (Council of the European Union 2007, Annex I, Zi. 7).

Im Januar 2007 hat die Europäische Kommission einen Richtlinienvorschlag vorgelegt, der außerdem ein komplementäres Klimaschutzziel für Kraftstoffe formuliert. Nach einer Methodenentwicklungsphase für den Aufbau einer THG-Bilanzierung über den gesamten Lebenszyklus der Kraftstoffherzeugung, sollen die THG zwischen 2010 und 2020 um jährlich 1 % reduziert werden. Eines der wichtigsten Mittel dieses 10 %-Ziel bis 2020 zu erreichen, wird voraussichtlich die Steigerung des Biokraftstoffanteils sein. Es sind aber auch andere Optionen möglich. Die Kommission betrachtet dieses Instrument als zusätzliches Element der Feinsteuerung, um den Vollzug der beabsichtigten Biokraftstoffquote klimapolitisch zu optimieren (Europäische Kommission 2007b, S. 115).

**121.** Im Hinblick auf die europäischen Ziele für erneuerbare Energien und das anspruchsvolle nationale Klimaschutzziel hat der deutsche Umweltminister im April 2007 in einer Regierungserklärung wesentlich ambitioniertere nationale Ausbauziele zur Diskussion gestellt. Diese gehen substanziell über die bisher gültigen Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung von 2002 hinaus. Bis 2020 soll der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch auf 27 %, im Wärme-sektor auf 14 % und hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs auf 17 % gesteigert werden. Damit will die Bundesregierung einen überproportionalen nationalen Beitrag zum Ausbau der erneuerbaren Energien in der EU leisten.

Die nationalen Ausbauziele für Biokraftstoffe übertreffen mit der Einführung des Biokraftstoffquotengesetzes kurzfristig und mittelfristig diejenigen der EU (Tab. 5-2). Zudem sind sie bis 2015 bereits rechtsverbindlich festgelegt. Sie haben damit eine wesentlich höhere Bindungswirkung, als die bisher nur in politischen Erklärungen formulierten EU-Ziele.

Tabelle 5-1

**EU-Ziele zum Ausbau regenerativer Energien und des Einsatzes von Biokraftstoffen**

| Bezugsgröße                                                                                                    | Zeitpunkte | EU-Ziel in % | Dokumente                                                                                          | Status                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Anteil der erneuerbaren Energien am Primärverbrauch                                                            | 2010       | 12           | Weißbuch erneuerbare Energien 1997                                                                 | Politisch                              |
|                                                                                                                | 2020       | 20           | Renewable Energy Road-Map 2007                                                                     | Geplant als rechtsverbindliches Ziel   |
| Anteil der erneuerbaren Energien am Elektrizitätsverbrauch                                                     | 2010       | 22           | RL 2001/77 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien                              | Rechtlich, aber indikativ und flexibel |
| Anteil alternativer Kraftstoffe am Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr (Biokraftstoffe, Erdgas, Wasserstoff) | 2020       | 20           | Grünbuch zur Versorgungssicherheit (KOM (2000)769 endg.)                                           | Politisch                              |
| Anteil der Biokraftstoffe am Kraftstoffverbrauch                                                               | 2005       | 2            | RL 2003/30 zur Förderung der Biokraftstoffe und anderer erneuerbarer Kraftstoffe für den Transport | Rechtlich, aber indikativ und flexibel |
|                                                                                                                | 2010       | 5,75         |                                                                                                    |                                        |
|                                                                                                                | 2015       | 8            | Europäischer Rat, März 2006                                                                        | Politisch                              |
|                                                                                                                | 2020       | 10           | Energy Review 2007; Europäischer Rat 9. März 2007                                                  | Geplant als rechtsverbindlich          |
| CO <sub>2</sub> e-Gehalt von Kraftstoffen                                                                      | 2020       | 10           | Vorschlag zur Änderung der Kraftstoffrichtlinie (COM (2007)18)                                     | Rechtlich verbindlich                  |
| SRU/SG 2007-2/Tab. 5-1; Datenquelle: Europäische Kommission 2007a; 2007c                                       |            |              |                                                                                                    |                                        |

Tabelle 5-2

**Nationale Ziele zum Ausbau regenerativer Energien und des Einsatzes von Biokraftstoffen**

| Bezugsgröße                                                                                                                           | Zeitpunkte | Nationales Ziel in % | Dokumente                                                   | Status             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|
| Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch                                                                            | 2010       | 4,2                  | Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung vom April 2002 | Politisch          |
|                                                                                                                                       | 2020       | 10                   |                                                             |                    |
|                                                                                                                                       | 2050       | 50                   |                                                             |                    |
| Anteil der erneuerbaren Energien am Elektrizitätsverbrauch                                                                            | 2010       | 12,5                 | Nachhaltigkeitsstrategie, 2002; EEG vom 21. Juli 2004       | Gesetzlich fixiert |
|                                                                                                                                       | 2020       | 20                   |                                                             |                    |
|                                                                                                                                       | 2020       | 27                   | BMU 2007                                                    | Politisch          |
| Anteil von Biokraftstoffen am Energiegehalt des Kraftstoffverbrauchs; Quoten werden nach Otto- und Dieselmotoren weiter differenziert | 2010       | 6,75                 | Biokraftstoffquotengesetz vom 26. Oktober 2006              | Rechtsverbindlich  |
|                                                                                                                                       | 2015       | stufenweise auf 8    |                                                             |                    |
|                                                                                                                                       | 2020       | 17                   | BMU 2007                                                    | Politisch          |
| SRU/SG 2007-2/Tab. 5-2; Datenquelle: Bundesregierung 2002; BMU 2007                                                                   |            |                      |                                                             |                    |

## **5.2 Förderinstrumente**

**122.** Auf der europäischen und der nationalen Ebene haben sich inzwischen vielfältige, je nach Anbau und energetischer Verwendung der Biomasse unterschiedliche, Fördermaßnahmen entwickelt. Die Förderlandschaft ist hochgradig segmentiert und zielt ausschließlich auf einen wachsenden Einsatz der Bioenergie, unabhängig vom sehr unterschiedlichen Beitrag verschiedener Pflanzen, Anbauformen oder Verwendungen zum Klimaschutz. Instrumente einer ökologischen Qualitätssicherung, die die Umweltfolgen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in naturverträgliche Bahnen lenken oder zu minimieren suchen, befinden sich erst in einem frühen Stadium der Konzeptentwicklung. Die Steigerung der Biomasseproduktion in Deutschland und der EU gilt damit erst seit Kurzem nicht mehr als ein unqualifiziert förderungswürdiges Ziel. Die gesamten Kosten der neueren Ausbauziele des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) werden auf der Basis einer Differenzkostenbetrachtung zwischen erneuerbaren und konventionellen Energien bis 2015 auf 3,9 Mrd. Euro bei sinkender Langfristtendenz geschätzt (NITSCH 2007, S. 64 f.). Dabei werden insgesamt hohe Energiepreise für die konventionellen Energieträger und entsprechend niedrige Differenzkosten unterstellt. Die Schätzung dürfte daher den unteren Bereich möglicher Gesamtkosten abbilden. Eine Gesamtabeschätzung auch des Kosten-Nutzenverhältnisses verschiedener Ausbauvarianten und Prioritätensetzungen für die einzelnen Verwendungen im Hinblick auf den Klimaschutz bis zum Jahre 2020 existiert bisher nicht.

Aktuell eingesetzte Förderinstrumente sind:

- Subventionen und Steuererleichterungen,
- die Einspeisevergütung, die dem Stromverbraucher angelastet wird und
- Mindestquoten für den Biomasseeinsatz, deren Kosten durch die Kraftstoffverbraucher zu tragen sind.

### **5.2.1 Darstellung der derzeitigen Förderinstrumente**

#### **Subventionen und Steuererleichterung**

**123.** Die direkte Förderung des Biomasseeinsatzes erfolgt durch Subventionen des Anbaus und Schutzzölle, durch Steuererleichterungen für den Einsatz als Biokraftstoff und im Wärmemarkt durch Investitionskostenzuschüsse für Anlagen zur Wärmeerzeugung aus Biomasse.

**124.** Seit der Reform der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik von 2003 wird für den Anbau von Pflanzen zur energetischen Verwendung eine Prämie von 45 €/ha gezahlt. Die förderungsfähige Fläche in Europa wurde dabei auf 1,5 Mio. ha begrenzt (VO Nr. 1782/2003 Artikel 88 ff.). Nach der Evaluation der Kommission vom 22. September 2006 ist die Flächenprämie für energetisch genutzte Pflanzen bisher nur zu 38 % ausgeschöpft worden, allerdings bei hohen Wachstumsraten. Die Kommission beabsichtigt im Hinblick auf die Osterweiterung der EU die Höchstfläche auf 4,5 Mio. ha zu erweitern und die

Anforderungen an die Zuschussfähigkeit insgesamt zu erleichtern (Europäische Kommission 2006c).

Darüber hinaus wird der Biomasseanbau auch durch eine Ausnahme vom Anbauverbot auf stillgelegten Flächen (Stilllegungsregelung) gefördert. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe ist auf Stilllegungsflächen weiterhin möglich und kann dort zusätzlich zu der Stilllegungsprämie auch weiterhin Einkommen durch den Verkauf der Biomasse generieren (Artikel 55 und 56 der VO 1782/2003). Auf diesen Flächen werden die naturschutzfachlichen Funktionen einer Stilllegung kaum noch erfüllt werden können. Die Mitgliedsstaaten dürfen den Anbau mehrjähriger Energiepflanzen auf Stilllegungsflächen zusätzlich mit nationalen Beihilfen im Umfang von 50 % der Einstiegskosten fördern (Artikel 56 Abs. 4 der VO 1782/2003).

**125.** Der Zuckerrübenanbau, der auch für die Bioethanolproduktion Rohstoffe liefert, profitiert hingegen noch von dem alten System der Agrarförderung durch Produktionsquoten und Interventionspreise, Schutzzölle und Einfuhrkontingente sowie Exporterstattungen zur Förderung der Zuckerausfuhr. Zunehmend gerät die europäische Zuckerwirtschaft jedoch unter den Druck der EU-Agrarmarktreformen und muss im Rahmen des WTO-Abkommens Einschränkungen des Binnenmarktschutzes hinnehmen. So hatte sich die EU bereits im Rahmen des WTO-Abkommens von 1995 verpflichtet, die gestützten Exportmengen und Exporterstattungen zu reduzieren. Dementsprechend mussten seitdem die Höchstquoten an die jährlichen Exportmöglichkeiten angepasst werden. Nach Inkrafttreten der Reform der Zuckermarktordnung im Jahr 2006 wird es zudem ab 2008/2009 zur Reduktion des Referenzpreises um zunächst rund 15 % und ab 2009/2010 um gut 36 % gegenüber 2005/2006 kommen (LfL 2007). Unter diesen Bedingungen ist der Anbau von Zuckerrüben in der EU im bisherigen Umfang nicht mehr rentabel (ISERMEYER 2004). Die Förderung der Bioethanolproduktion wird daher von der Zuckerwirtschaft als Chance gesehen, wirtschaftliche Einbußen im Zuge der Reformen zu kompensieren. Derzeit umfasst die Verwendung von Zuckerrüben für chemisch-technische Zwecke (Bioethanol) weniger als 1 % der gesamtdeutschen Produktion. Mit der Inbetriebnahme weiterer Verarbeitungskapazitäten wird bereits bis 2008 mit einer Verarbeitung von rund 4 % der Erntemenge der deutschen Anbaufläche von Zuckerrüben gerechnet (LfL 2007). Zudem erlaubt der neue Biokraftstoffmarkt eine Reduzierung der Exporte von Zuckermengen, die die zulässigen Produktionsquoten übersteigen (sogenannter C-Zucker). Aufgrund mangelnder Wettbewerbsfähigkeit erfordert der Zuckerexport jenseits der Produktionsquoten eine Ausfuhrförderung, die zum großen Teil aus Produktionsabgaben zu finanzieren sind und somit den EU-internen Zuckerabsatz mit Kosten belasten (SCHMIDT 2005, S. 11).

Zur Sicherstellung des Absatzes und der Verarbeitung der überschüssigen Zuckermengen innerhalb Europas wird die nicht international wettbewerbsfähige europäische Bioethanolproduktion durch einen Importzoll in Höhe von 19,2 ct/l gegenüber dem wesentlich kostengünstige-

ren brasilianischen Bioethanol geschützt (HENKE und KLEPPER 2006). Tarifäre und insbesondere technische Handelshemmnisse bestehen auch für den Import von Biodiesel, zum Beispiel aus Palmöl (REINHARDT et al. 2007, S. 13). Die Importzölle steigen in der Regel mit dem Weiterverarbeitungsgrad der nachwachsenden Rohstoffe. Hinzu kommen auch die technischen Spezifikationen für Kraftstoffe, die bisher den Einsatz bestimmter Biokraftstoffe (z. B. aus Palmöl und Sojaöl) behindern (einen Überblick gibt: DUFEY 2006, S. 25 ff.). Teilweise sollen die technischen Handelshemmnisse im Rahmen der Kraftstoffstrategie der europäischen Kommission überprüft werden (Europäische Kommission 2007c; 2005b; 2006b).

**126.** Das Instrument der Steuerbefreiung wird insbesondere für die Förderung der Biokraftstoffe eingesetzt. Von 2004 bis 2007 galt eine generelle Mineralölsteuerbefreiung für alle Biokraftstoffe und auf die biogenen Anteile in den fossilen Kraftstoffen. Die Steuerbefreiung sollte die Differenz zwischen Herstellungskosten und dem Marktpreis für die konkurrierenden fossilen Kraftstoffe ausgleichen. Mit dem Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) vom 26. Oktober 2006 wird der bisherige Förderansatz differenziert. Angesichts der stark wachsenden Nachfrage nach Biokraftstoffen und der von der Bundesregierung angestrebten Ausbauziele erwies sich die Fortsetzung einer generellen Steuerbefreiung als zu kostspielig. Die Kosten der Steuerbefreiung wären bis 2010 auf jährlich circa 2 Mrd. Euro gestiegen (HENKE und KLEPPER 2006, S. 6). Es konnten bereits bei den relativ niedrigen Ölpreisen des Jahres 2004 substanzielle Mithinnehmeeffekte, das heißt eine über die Kostendifferenz hinausgehende Überförderung, festgestellt werden (Deutscher Bundestag 2005). Unter anderem auch aus diesen Gründen wurde die Förderung ab 2007 auf eine Instrumentenkombination aus Steuerbefreiungen und einer Quotenregelung umgestellt.

Die Steuerbefreiung gilt in Zukunft nicht mehr für die einer Beimischungsquote unterliegenden Kraftstoffe. Eine Steuerbegünstigung erfolgt weiterhin für besonders förderungswürdige Biokraftstoffe, ist aber degressiv ausgestaltet. Zu den besonders förderungswürdigen Biokraftstoffen gehören einerseits reine Biokraftstoffe (die nicht auf die Quote angerechnet werden), andererseits Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation (LAHL und KNOBLOCH 2006).

**127.** Anlagen zur Wärmeerzeugung aus Biomasse werden im Rahmen des Marktanreizprogramms zur Förderung erneuerbarer Energien gefördert. Die Anlagen werden differenziert nach ihrer Nennleistung durch Investitionskostenzuschüsse bzw. durch zinsgünstige Darlehen und Schuldenerlasse gefördert. Ziel der Förderung ist eine möglichst umfängliche Markteinführung der Energienutzung aus Biomasse in vielen Anwendungsbe-reichen. Die jeweiligen Fördersätze sollen zur Überwindung noch bestehender Wirtschaftlichkeitsschwellen beitragen. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass kleine Anlagen in der Regel höhere, auf die Nennleistung bezogene, Kosten aufweisen und unter Berücksichtigung der

Brennstoffkosten höhere Wärmegestehungskosten verursachen. Ebenso verursacht die Wahl des Brennstoffs unterschiedliche verbrauchsabhängige Kosten (LANGNISS et al. 2004, S. 57). Dieser unterschiedlichen Kostenbelastung wird durch die Differenzierung der Förderung nach Art der Brennstoffanwendung Rechnung getragen.

### Quoten für Biokraftstoffe

**128.** Die Festlegung obligatorischer Quoten für die Beimischung von Biokraftstoffen ist seit dem 1. Januar 2007 das zentrale Förderinstrument für die Biokraftstoffproduktion für den Verkehrssektor. Die Quote steigt stufenweise. Es gibt jeweils eine getrennte Quote für Diesel und Ottokraftstoffe und eine Gesamtquote. Durch die Quotenregelung erhofft sich die Bundesregierung erhöhte Mineralölsteuereinnahmen um zunächst circa 1 bis 1,5 Mrd. €/a (Deutscher Bundestag 2006b; 2006a, S. 94). Die Kostendifferenz zwischen den Herstellungskosten und dem Marktpreis für fossile Kraftstoffe wird zumindest mittelfristig weitgehend auf den Kraftstoffpreis überwältigt und damit vom Straßenverkehr getragen. Schätzungen gehen für das Jahr 2007 von 3 ct/l aus (HENKE und KLEPPER 2006, S. 8). Es ist zu erwarten, dass dieser Betrag mit dem Anstieg der Quote weiter ansteigt, wenn Gestehungskosten und Ölpreis als kurzfristig relativ konstant angenommen werden.

Im Rahmen des Biokraftstoffquotengesetzes wurden auch erste Voraussetzungen für eine Qualitätssicherung des Biomasseanbaus geschaffen. Es wurde ein neuer § 37d in das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) eingeführt, der die Bundesregierung zu Verordnungen ermächtigt, nach denen bestimmte Erzeugnisse nicht auf die obligatorische Quote anrechenbar sind. Als wichtige Kriterien sollen Mindestanforderungen an die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen oder zum Schutz natürlicher Lebensräume sowie ein Mindestmaß an CO<sub>2</sub>-Vermeidung entwickelt werden (Deutscher Bundestag 2006b, S. 13; LAHL und KNOBLOCH 2006). Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) plant, einen entsprechenden Verordnungsentwurf noch im Jahre 2007 vorzulegen (vgl. Kap. 4.4).

### Einspeisevergütungen

**129.** Die Stromerzeugung aus Biomasse wird im Rahmen des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) gefördert. Die dort festgesetzten degressiven, auf die Stromverbraucher umgelegten Vergütungssätze für Strom aus Biomasseanlagen variieren je nach Verbrennungstechnologie und nehmen mit zunehmender Nennleistung der Anlagen ab. In den vergangenen sechs Jahren hat sich der Anteil der Vergütung für Strom aus Biomasse am gesamten Fördervolumen des EEG von 6,4 auf 15,4 % mehr als verdoppelt. Dabei reduzierte sich der durchschnittliche Vergütungssatz für die Biomasseverstromung nicht wie bei den anderen im Rahmen des EEG geförderten Energieträgern. Absolut liegt die Durchschnittsvergütung lediglich für Strom aus geothermaler Wärme und Solarenergie höher (Ver-

band der Netzbetreiber e.V. 2006). Da die Vergütungssätze für Strom aus Biomasse im Vergleich zu anderen Technologien in den nächsten Jahren einer geringeren Degression unterliegen, ist davon auszugehen, dass der Biomasseanteil an der EEG-Förderung sowohl absolut als auch relativ steigt und 2020 rund ein Drittel der EEG-Vergütungszahlungen beansprucht (NITSCH et al. 2005).

Ziel des Gesetzgebers ist es, mithilfe der eng definierten Vergütungsregelungen einer möglichst großen Bandbreite von Energieumwandlungstechniken unter Verwendung von Biomasse zur wirtschaftlichen Tragfähigkeit zu verhelfen. Daher werden kleinere Anlagen, bei denen aufgrund eines ungünstigeren Verhältnisses von Kosten und Erträgen von einer geringeren Wirtschaftlichkeit auszugehen ist, stärker als Großanlagen gefördert. So werden für Kleinstanlagen (bis einschließlich 150 kW) bereits in der Grundvergütung rund 37 % höhere Fördersätze gezahlt, inklusive des nach Anlagengröße differenzierten Bonus für nachwachsende Rohstoffe kann die Vergütung sogar mehr als das Doppelte der Vergütung von großen Anlagen (5 bis 20 MW) betragen. Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen werden über einen Bonus auf die Grundvergütung besonders privilegiert. Anlagen, die neben Biomasse auch konventionelle (fossile) Brennstoffe verwenden, sind dagegen von der Förderung vollständig ausgeschlossen (BMU 2004).

#### **Aktuelle Diskussion um ein Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz**

**130.** Derzeit werden Ideen für ein Wärmegesetz für Heizenergie aus erneuerbaren Energien nach dem Vorbild des EEG diskutiert. Auch im BMU wird seit einiger Zeit über die Instrumentierung einer Förderung erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung nachgedacht. Hierzu besteht allerdings in der Koalitionsregierung noch kein Konsens. In einem Forschungsprojekt im Auftrag des BMU wurde die Praktikabilität alternativer Ausgestaltungsoptionen untersucht.

Auf Basis einer Bewertung nach stabilen und verlässlichen Investitionsbedingungen, Transaktionskosten, Akzeptanz und dynamischer Innovationswirkung wurden die Alternativen „Nutzungspflicht“ und „Bonusmodell“ favorisiert. Bei der Variante „Nutzungspflicht“ wird eine Mindestquote von Wärme aus erneuerbaren Energieträgern (u. a. Biomasse) festgelegt, die zur Sicherstellung der Umsetzung mit einer Ausgleichsabgabe bewehrt ist. Beim Bonusmodell soll den Erzeugern von Wärme aus erneuerbaren Energieträgern analog zur Einspeisevergütung im Rahmen des EEG eine heizungstechnologiespezifische Vergütung pro Energieeinheit (kWh) vergütet werden, die sich aus einem Umlagefonds speist, der durch eine Abgabe auf fossile Heizenergieträger finanziert werden soll (KLINSKI 2006).

Ziel des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes ist die Verstärkung der Förderung der Wärmeenergieerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern. Aufgrund der starken Budgetabhängigkeit der bisherigen Förderung war nach Ansicht der Bundesregierung bislang eine kontinuierliche Förderung der Markteinführung nicht möglich. Zudem

beeinträchtigen die steigenden Brennstoffpreise die Marktanreizwirkung der bisherigen Investitionsförderung. Zielerreichung und die Sicherheit der Rentabilität der Investitionen sind dadurch beeinträchtigt. Mit dem neuen Förderinstrument sollen diese Schwachstellen beseitigt werden.

#### **5.2.2 Kritik an den Förderinstrumenten**

**131.** Die Förderlandschaft für Bioenergien ist segmentiert. Zum einen wird das Wachstum der Biokraftstoffe durch Mindestbeimischungen, Steuerbefreiungen und Agrarsubventionen gefördert, zum anderen die Nutzung von Biomasse in der Strom- und Wärmeerzeugung, vor allem durch die gesonderten Einspeisevergütungen des EEG und die Investitionsförderung von Heizungen im Wärmebereich.

Diese Segmentierung ist zwar historisch nachvollziehbar, sie behindert aber insgesamt eine Optimierung des Biomasseeinsatzes nach wirtschaftlichen oder umweltpolitischen Gesichtspunkten. Insbesondere behindert sie einen marktwirtschaftlichen Suchprozess nach kostengünstigen Einsatzmöglichkeiten zur Vermeidung von THG-Emissionen. Anstelle eines solchen marktwirtschaftlichen Suchprozesses unter anspruchsvollen klimapolitischen Rahmenbedingungen setzt die Förderpolitik auf eine Feinsteuerung einzelner Technologien und die Mengenförderung für ausgewählte Verwendungszwecke. Damit wird der potenzielle Beitrag der Biomasse zum Klimaschutz nicht voll ausgeschöpft.

Eine im Rahmen eines übergeordneten Konzeptes geeignete Abstimmung der einzelnen Instrumente und ihrer Förderzwecke ist nicht erkennbar. Es fehlt noch ein übergeordneter Ordnungsrahmen für die energetische Nutzung der Biomasse insgesamt, in dem naturverträgliche Flächen- und Energiepotenziale identifiziert und die unterschiedlichen Einsatzoptionen nach technischen oder wirtschaftlichen Gesichtspunkten gegeneinander abgewogen werden, bevor hierauf abgestimmte Förderpolitiken entwickelt werden. Der Versuch, den Biomasseeinsatz für den jeweils eigenen Verwendungszweck zu maximieren und damit in einen Förderwettbewerb einzutreten, liegt nahe. Schon die meisten verfügbaren Potenzialberechnungen für Energie aus Biomasse leisten nur Partialbetrachtungen für einen Verwendungszweck und verbuchen damit implizit die für Bioenergien verfügbare Fläche mehrfach. Ein Beispiel hierfür ist die Potenzialberechnung der Europäischen Kommission, nach der circa 18 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der EU ausreichen würden, um bis 2020 bis zu 14 % des Kraftstoffverbrauchs durch Biokraftstoffe zu befriedigen. Dieses Impact Assessment der Europäischen Kommission ist unvollständig, da nicht untersucht wird, wie viel weitere Fläche für die Realisierung des Bioenergieanteils des europäischen Ausbauzieles für erneuerbare Energien erforderlich ist und ob hierdurch Nutzungskonflikte entstehen können (Europäische Kommission 2006a, S. 10, vgl. auch Kap. 3).

**132.** Das bisherige Förderinstrumentarium bezieht sich ausschließlich auf Mengenziele im Hinblick auf den Endenergiegehalt. Bei der energetischen Nutzung von Bio-

masse ist aber der Endenergiegehalt nicht mit der THG-Bilanz korreliert. Sehr klimaschutzwirksame Einsatz- und Verwendungspfade werden damit unter Umständen genauso gefördert, wie Pfade ohne eine signifikante Entlastungswirkung für THG-Emissionen. So lassen sich mit dem EU-Ziel einer Beimischung von 5,75 % Biokraftstoffen zu konventionellen Kraftstoffen nach Berechnungen der Europäischen Kommission je nach Energiepflanze und Umwandlungstechnologie zwischen 15 und 45 Mt CO<sub>2</sub> einsparen (Europäische Kommission 2007b, S. 112). Verzerrend kommt noch die Segmentierung der Förderpolitiken hinzu, die für unterschiedliche Biomasseverwendungen und -technologien unterschiedliche Förder- und Vergütungssätze entwickelt haben. Da die Vermeidung von THG-Emissionen hierbei meist ein nachrangiges Kriterium ist, kann die diesbezügliche Förderung dieses Ziel nicht effizient verfolgen.

**133.** Erschwerend kommt die unterschiedliche Steuerungswirkung der Instrumente zur Geltung: Während Beimischungsquoten ein Mengenwachstum ungeachtet der jeweiligen Kosten erzwingen, ist die Mengenwirkung einer Einspeisevergütung oder Steuerbefreiung abhängig von der Förderhöhe und den relativen Erstellungskosten. Die Beimischungsquote wird daher faktisch gegenüber den anderen Fördermaßnahmen Priorität erhalten. Ist die Quote sehr hoch und eignet sich eine Energiepflanze für verschiedene Verwendungen, sind unmittelbare Auswirkungen auf die Wirksamkeit der Förderinstrumente in den anderen, nicht nur energetischen sondern stofflichen Nutzungsbereichen zu erwarten. Eine hohe Biokraftstoffquote, wie sie Bundesregierung und EU beschlossen haben, wird spätestens bei Marktreife der sogenannten 2. Generation der Biokraftstoffe den finanziellen Bedarf der anderen Förderinstrumente für erneuerbare Energien in der Strom- und Wärmeversorgung erhöhen, um die selben Wirkungen zu erreichen. Die Verknappung der Biomasse aufgrund einer hohen Biokraftstoffquote erhöht die Kosten für alternative CO<sub>2</sub>-Vermeidungsoptionen. Die Prioritätensetzung zugunsten der Biokraftstoffe begünstigt damit eindeutig Verwendungen mit einem relativ geringen Klimaschutzbeitrag und hohen THG-Vermeidungskosten (vgl. Tz. 35, 38, 145).

Angesichts der sehr unterschiedlichen Beiträge von Biokraftstoffen zum Klimaschutz kann die Durchsetzung von Beimischungsquoten die Mobilisierung von Einsparpotenzialen anderer THG-Minderungsoptionen beeinträchtigen. Dies ist angesichts der erneuten Prioritätensetzung von Bundesregierung und EU auf den Klimaschutz wenig sinnvoll. Das von der Europäischen Kommission vorgeschlagene komplementäre Instrument einer Verminderung des THG-Gehalts von Kraftstoffen um 10 % bis 2020 auf der Basis einer Lebenszyklusbewertung kann zu einer partiellen Korrektur beitragen. Mit diesem Ziel könnten effiziente THG-Verminderungen im Kraftstoffbereich mobilisiert werden, auch solche, die ohne Biokraftstoffbeimischung erreicht werden (z. B. anlagentechnische Maßnahmen bei der Erdölförderung, dem Transport oder der Veredelung). Allerdings sind das Klimaschutzziel und das Beimischungsziel komplementär, das heißt das Beimischungsziel wird auch weiter verfolgt,

wenn die THG-Verminderung für Kraftstoffe auf anderem Wege effizienter erreichbar ist (Europäische Kommission 2007b, S. 115). Positiv zu bewerten ist, dass der Kommissionsvorschlag den Aufbau einer Methode und die Festlegung einer Konvention zur vergleichenden THG-Bilanzierung verschiedener Kraftstoffe vorsieht. Diese Methodenkonvention bildet eine unverzichtbare Grundlage für einen verbesserten Klimaschutzbezug des Förderinstrumentariums.

**134.** Die ehrgeizigen Wachstumsziele für 2020 werden nur durch hohe zusätzliche Importe zu realisieren sein. Einerseits sind die heimischen Flächenpotenziale zu begrenzt, andererseits ist der Anbau in Tropenländern deutlich kostengünstiger. Die Entwicklung international anerkannter und sanktionierbarer Mindeststandards für den Anbau von Energiepflanzen, ihre Weiterverarbeitung und ihren Transport, insbesondere im Hinblick auf den Erhalt der Biodiversität, dürfte langwierig und voraussetzungs-voll werden. Damit besteht die Gefahr einer zu späten instrumentellen Flankierung zur Eindämmung möglicherweise irreversibler Folgen des Nutzungs- und Verwertungsdrucks in Tropenländern (vgl. Tz. 41 f., 75 f.). Zudem wird der Handlungsdruck zum Erreichen rechtlich vorgeschriebener Beimischungsquoten die EU des wichtigen Tauschfaktors „Markttöffnung gegen Qualitätsstandards für den Anbau“ berauben.

Die Verordnungsermächtigung im § 37d des BImSchG und das EU-Klimaschutzziel für Kraftstoffe sind erste praktische Schritte, die in den nächsten Jahren vorgesehen sind, um Mindestkriterien für den Anbau von Energiepflanzen festzulegen. Die Reichweite dieser Ansätze ist aber schon deshalb begrenzt, weil sie sich nur auf einzelne Förderinstrumente beziehen und noch keine Gesamtkonzeption einer umweltpolitischen Flankierung der Biomasseförderung und der induzierten Importe erkennen lassen (vgl. Tz. 95 f.).

**135.** Mit dem für 2007 vorgesehenen nationalen Biomasseaktionsplan besteht eine Chance diese Fehlentwicklungen zu korrigieren. Der Plan sollte übergeordnete Eckpunkte zu den Potenzialen und Zielen, zu einer integrierten Förderpolitik, zum Klimaschutz sowie zu den Rahmenbedingungen für einen umweltverträglichen Anbau enthalten.

**136.** Die Markteinführung der erneuerbaren Energieträger im Strom- und Wärmemarkt ist ein besonderes Anliegen der Bundesregierung. Mithilfe des Marktanreizprogramms für erneuerbare Energieträger (MAP) und dem EEG konnten in den vergangenen Jahren deutliche Marktimpulse gesetzt und erhebliche Potenziale der Biomasse-nutzung im Wärme- und Strombereich ausgenutzt werden. Allein durch diese Instrumente wurden viele Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energieträger über die einzelwirtschaftliche Rentabilitätsschwelle gehoben und eine Reihe von Innovationen in diesem Marktsegment ausgelöst. Auch wenn eine Prioritätensetzung der Förderung im Wärmebereich und der Stromeinspeisung erneuerbarer Energien aus Klimaschutz- und Effizienzgründen gegenüber dem Einsatz als Biokraftstoffe vorzuzugs-würdig und die Marktanreizwirkung bislang in ei-



nigen Teilsegmenten beispielgebend ist, zeichnet sich das gegenwärtige Instrumentarium durch einige widersprüchliche Anreizwirkungen aus. Eine Balance zwischen dem vom SRU ausdrücklich und wiederholt bekräftigten Zukunftsziel hoher Anteile für erneuerbare Energien (SRU 2004, Tz. 39 ff.; 2005a, Tz. 10) und einem effizienten Klimaschutz ist bisher nicht befriedigend gefunden worden.

**137.** Bislang orientiert sich die Förderung der Biomassenutzung im Rahmen des EEG vornehmlich an technologischen Gesichtspunkten. Aber auch regionalwirtschaftliche und wettbewerbspolitische Überlegungen fließen in die Ausgestaltung der Fördersätze ein. Anlagen mit geringer Wirtschaftlichkeit werden stärker gefördert, die mit konventionellen Brennstoffen kombinierte, deutlich energieeffizientere Biomassenutzung in großen Kraftwerken dagegen nicht. Durch die Begrenzung der Förderung auf Anlagen mit einer Nennleistung unter 20 MW werden Investitionsmittel systematisch in Anlagen mit suboptimalen energetischen Wirkungsgraden gelenkt. Solange im Emissionshandel für THG noch keine langfristig hinreichenden Emissionsbegrenzungen und damit verbundene CO<sub>2</sub>-Preise bestehen, wird die indirekte Biomasseförderung in diesen Anlagen nur geringe Anreize schaffen. So erreichen reine Biomassekraftwerke im Kondensationsbetrieb ohne Wärmeauskopplung im Regelfall Brutto-Wirkungsgrade (ohne Eigenenergieverbrauch) zwischen 10 % und 30 %, während die Mitverbrennung von Biomasse in modernen Kohlekraftwerken mit Netto-Wirkungsgraden von bis zu 45 % möglich ist (Institut für Energetik und Umwelt 2006, S. 19).

Neben diesen Effizienzdefiziten können Mitnahmeeffekte nicht ausgeschlossen werden (Europäische Kommission 2005c, S. 34). Deutliches Indiz für Mitnahmeeffekte ist der Trend zum verstärkten Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in landwirtschaftlichen Biogasanlagen seit Einführung der sogenannten Bonusregelung für nachwachsende Rohstoffe (NawaRo-Bonus) in der letzten Novelle des EEG. In Anlagenprojekten, die offenbar bereits unter Berücksichtigung der vorangegangenen Vergütungsregeln von den Investoren als rentabel beurteilt wurden, wird inzwischen aufgrund der erhöhten Vergütungssätze auf den Einsatz landwirtschaftlicher Reststoffe verzichtet und eine Substratumstellung auf eigens für diesen Zweck angebaute Energiepflanzen vorgenommen. Mehr als ein Drittel der Anlagenbetreiber planen eine Änderung der Substratzusammensetzung bzw. haben bereits Änderungen durchgeführt und auf den Einsatz von nicht zuschlagsberechtigenden Substraten verzichtet (Institut für Energetik und Umwelt 2005; 2006, S. 45 f.). Vergütungsregeln, die keine kapazitätserweiternde Wirkung haben und lediglich die Gewinne aus bestehenden Anlagen erhöhen, verringern aber die Effizienz des EEG. Derartige

Mitnahmegewinne fördern weder die Markteinführung noch den Klimaschutz.

Aufgrund der technologiepolitischen und regionalwirtschaftlichen Förderziele erhalten die Anlagen zur Stromerzeugung aus Biomasse für ein Endprodukt mit nahezu identischer Klimaschutzwirkung unterschiedlich hohe Vergütungen. Die Struktur der Vergütungssätze verdeutlicht, dass einer möglichst umfänglichen Nutzung regional verfügbarer Bioenergieträgerpotenziale und der Berücksichtigung der Kostenspezifika ausgewählter technischer Nutzungsoptionen eindeutig Vorzug gegenüber Anreizen zur Suche nach kosteneffizienten THG-Vermeidungsoptionen eingeräumt wird. So wird der Erfolg der EEG-Umsetzung im Rahmen des Monitoring nicht konsequent an Kriterien beurteilt, die Auskünfte über die klimapolitischen Kosten und Nutzen geben, sondern vornehmlich an Kennzahlen der absoluten und auf die Fläche der Bundesländer bezogenen Anlagenleistung (Institut für Energetik und Umwelt 2006). Auch der Technologiebonus orientiert sich nicht am Beitrag neuer Technologien zum Klimaschutz, sondern ist primär an der Marktdurchsetzung neuer Verfahren orientiert.

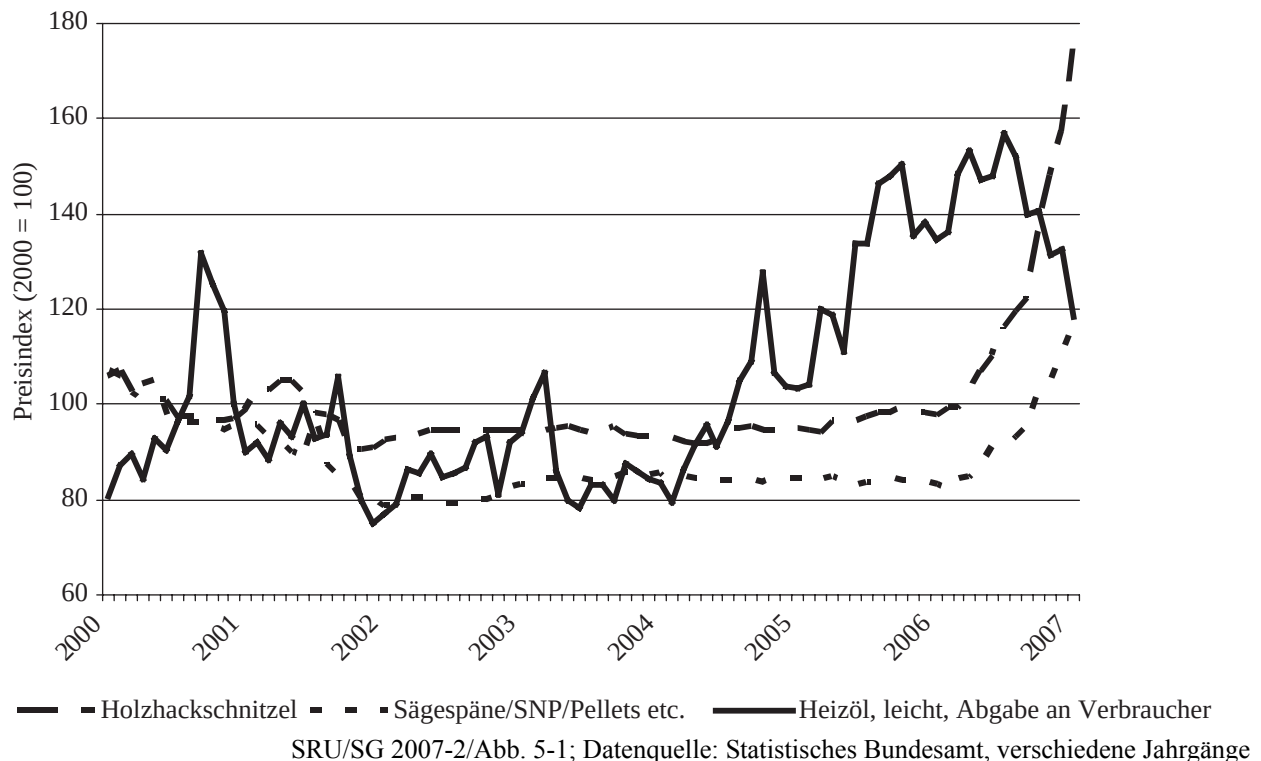
Diese Förderkriterien lassen sich aus innovationspolitischem Interesse an der Stimulierung eines langfristig selbsttragenden Marktes zunächst rechtfertigen. Eine derartige Förderstrategie weist jedoch auf lange Sicht Effizienzdefizite auf. Werden die Fördermaßnahmen langfristig nicht durch den Kostendruck und die Innovationskraft des Wettbewerbs ersetzt, besteht die Gefahr, dass sich einzelne dauerhaft marktferne Technologien künstlich am Markt behaupten und andere möglicherweise effizientere Innovationen aus dem Blickfeld der Unternehmen geraten (Institut für Energetik und Umwelt 2006).

**138.** Ähnliche Probleme können auch bei der bisherigen Markteinführungsförderung im Wärmebereich und den bislang favorisierten Varianten eines neuen Wärmegesetzes auftreten. Während vergleichsweise unwirtschaftliche Anlagen mit hohen Emissionsvermeidungskosten besonders stark gefördert werden, lief die Förderung in der Vergangenheit für einige Anlagenkategorien häufig auch dann weiter, wenn die Wirtschaftlichkeit bereits durch die steigenden Preise fossiler Brennstoffe gewährleistet war (LANGNIB et al. 2004; LANGNIB et al. 2006).

Allerdings deutet sich inzwischen aufgrund steigender Brennstoffpreise eine Änderung dieser Situation an. Eine vergleichende Betrachtung der Preisentwicklung von Holzhackschnitzeln und Holzpellets mit leichtem Heizöl zeigt, dass die Holzbrennstoffpreise über längere Zeit weniger starken Schwankungen als Heizöl unterworfen waren, inzwischen jedoch aufgrund der hohen Brennstoffnachfrage sogar einem stärkeren Aufwärtsdruck unterliegen (Abb. 5-1).

Abbildung 5-1

### Entwicklung ausgewählter Brennstoffpreise (Preisindizes für gewerbliche Produkte 2000 = 100)



Dieser deutlich sichtbare Preisanstieg ab Anfang des Jahres 2006 folgt einer Verdoppelung der Anträge für eine Förderung von Biomassekesseln im Rahmen des Marktanzreizprogramms zur Nutzung erneuerbarer Energien zwischen den Jahren 2004 (23 190 Anträge) und 2005 (46 784 Anträge) (LANGNIB et al. 2006). Hinzu kommt, dass die Brennstoffnachfrage der ebenfalls geförderten Großanlagen den Preisdruck noch verstärkt. Die umfangreiche Förderung der Biomassenutzung im Wärmesektor hat inzwischen nicht nur zu einer engen Verkopplung der Marktpreisentwicklung für Holzbrennstoffe und Heizöl beigetragen, sondern bereits einen vom Heizölpreis losgelösten Nachfragedruck auf die Holzbrennstoffpreise ausgelöst. Den Preisanstieg kompensierende Senkungen der Betriebs- und Anlagenkosten durch technologische Verbesserungen und Kostensenkungen in der Anlagenproduktion waren 2002 bis 2005 nicht beobachtbar und sind bei den am Markt etablierten Verbrennungstechnologien auch kaum mehr zu erwarten (LANGNIB et al. 2006; LANGNIB et al. 2004). Damit wird das Ziel einer hohen Marktdurchdringung der Biomasseheizungen nur durch eine Dauerförderung zu erreichen sein, die zukünftig zu erwartende Brennstoffpreissteigerungen kompensieren.

**139.** Bei einem zukünftigen Vergütungsmodell für die Wärmebereitstellung aus Biomasse muss die beabsichtigte Verbilligung von Wärme aus Biomasse mit den damit auch verbundenen negativen Anreizen zur Wärmeverschwendung abgewogen werden. Statt bei den Begünstigten zusätzliche Anreize für einen optimalen

Wärmeschutz zu setzen, wird die Produktion von Raumwärme über das durch die Brennstoffpreise gesetzte wirtschaftliche Maß hinaus angeregt. Zudem ist zu bedenken, dass ohne optimierte Nachrüstung der individuellen Heizungsanlagen der vermehrte Biomasseeinsatz in Ein- oder Mehrfamilienhäusern zu bedenklichen Steigerungen der Belastung mit Luftschadstoffen führen kann. Der Wärmebonus ist ein ungeeignetes Instrument, die Nachrüstung von alten Biomasseheizungsanlagen mit Abgasreinigungstechnik zu fördern. Schließlich ist zu bedenken, dass nicht nur der Ersatz von Öl- und Kohleheizungen und der Ausbau der Nah- und Fernwärme, sondern auch der Einsatz von Biomasse für industrielle Prozesswärme besonders vorzugswürdig ist. Für diese Prioritätensetzungen im Wärmebereich scheint ein Wärmebonus kein optimales Instrument zu sein.

## 5.3 Fazit

### Klimaschutzziele priorisieren

**140.** Die Förderung von Biomasse kann grundsätzlich einen jeweils unterschiedlichen Beitrag zur Erreichung agrar-, energie- und umweltpolitischer Ziele leisten. Dabei ist auch auf die Kosten und die Konflikte zwischen diesen Zielen zu achten. Hinsichtlich der Verfolgung des Zieles der Versorgungssicherheit dürfen die Zusatzkosten der Bioenergieherstellung nicht in einem unangemessenen Verhältnis zum Ziel der Energiepreisstabilisierung und -dämpfung stehen. Der Subventionierungsbedarf für

Biokraftstoffe aus nationalen und europäischen Anbaupflanzen ist so hoch, dass man in diesem Fall von einer unangemessen hohen „Versicherungsprämie“ reden muss. Aus diesem Grunde besteht keine Harmonie zwischen agrar- und energiepolitischen Zielen bei der Biomasseförderung. Auch zwischen Klimaschutz und Versorgungssicherheit gibt es klare Zielkonflikte. Ein klimaoptimierter Biomasseeinsatz wird nicht primär zur Mineralölsubstitution im Verkehrsbereich beitragen, sondern eher zur Substitution von fossilen Energieträgern bei der Wärme- und Elektrizitätsherstellung. Hinsichtlich der Verfolgung agrarpolitischer Ziele ist hingegen zu beachten, dass weitere Subventionen nur dann gerechtfertigt sind, wenn durch diese allgemeine Wohlfahrtsziele, wie der Natur- und Klimaschutz, verfolgt werden. Angesichts dieser Zielkonflikte und der Rechtfertigungsprobleme für konkurrierende Ziele liegt die Priorität der Biomasseförderung bei ihrem Beitrag zum Klimaschutz.

#### **Segmentierten Förderansatz durch integrierte Biomassestrategie überwinden**

**141.** Die Förderlandschaft für Bioenergie ist stark segmentiert und behindert eine Optimierung des Biomasseeinsatzes nach Klimaschutz Gesichtspunkten. Ein relevanter Anteil des Klimaschutzpotenzials des Bioenergieeinsatzes bleibt damit unausgeschöpft. Stattdessen wird in Zukunft durch die Segmentierung ein Wettlauf zwi-

schen den verschiedenen Verwendungen angeregt. Eine sehr hohe Quote für Biokraftstoffe, die unabhängig von den ökonomischen Gegebenheiten erreicht werden muss, wird die Kosten für den Bioenergieeinsatz in klimapolitisch ertragreicheren Verwendungsbereichen in die Höhe treiben. Es besteht das Risiko einer erheblichen Verschwendung öffentlicher und privater Ausgaben mangels Abstimmung der verschiedenen Instrumente.

Die Verordnungsermächtigung im § 37d des BImSchG und das EU-Klimaschutzziel für Kraftstoffe formulieren erste praktische Schritte, die in den nächsten Jahren vorgesehen sind, um ökologische Mindestkriterien für den Bioenergieeinsatz festzulegen. Die Reichweite dieser Ansätze ist aber schon deshalb begrenzt, weil sie sich partikular nur auf einzelne Förderinstrumente beziehen und noch keine Gesamtkonzeption einer umweltpolitischen Flankierung der Biomasseförderung erkennen lassen. Es besteht ein schwer auflösbares Spannungsverhältnis zwischen den ökologischen Kriterien der Verordnungsermächtigung und den überambitionierten Kraftstoffquoten.

Vor diesem Hintergrund ist es die zentrale Gestaltungsaufgabe eines anstehenden Biomasseaktionsplans übergeordnete Eckpunkte zu den Potenzialen, zu ihrem optimalen Einsatz für den Klimaschutz, zu einer in sich konsistenten Förderpolitik sowie zu den Rahmenbedingungen für einen umweltverträglichen Anbau festzulegen.

**142.** Als wichtigstes Ziel der Biomassenutzung sieht der SRU die Reduktion von Treibhausgas-Emissionen (Treibhausgas – THG) an. Um nicht nachhaltige Nutzungsformen auszuschließen, darf dieses Ziel jedoch nur unter Einhaltung der in Kapitel 4 beschriebenen ökologischen Randbedingungen verfolgt werden. Eine nachhaltige Biomasseförderungsstrategie muss daher zwei grundlegende Anforderungen erfüllen:

- Sie muss die Biomassenutzung im Hinblick auf die Vermeidung von THG-Emissionen optimieren (vgl. Kap. 5.3).
- Sie muss einen nationalen, europäischen und internationalen Ordnungsrahmen für einen umweltgerechten Anbau von Energiepflanzen entwickeln. Dieser Ordnungsrahmen kann nicht unbeachtet der vorhandenen Instrumente für eine umweltgerechte Landwirtschaft entwickelt werden (vgl. Kap. 4.3).

Im letzten Kapitel wurde dargestellt, dass die Förderlandschaft für Bioenergien stark segmentiert ist. Eine Abstimmung der einzelnen Instrumente und ihrer Förderzwecke im Rahmen eines übergeordneten Konzeptes für die energetische Nutzung ist noch nicht erkennbar. Es bedarf daher einer Übergangsstrategie bis die Voraussetzungen für eine konsequente Klimaschutzorientierung der Förderlandschaft geschaffen werden. Während dieser Übergangsphase sollte das vorhandene Instrumentarium hinsichtlich Förderhöhe, Geltungsbereich und Ausbauzielen überprüft und dort korrigiert werden, wo es offensichtlich kostenwirksamen Klimaschutz durch Biomasse behindert. Langfristig sollte die Anrechnung der THG-Ersparnisse der Bioenergien in einem substanziell reformierten und in seinem Geltungsbereich erweiterten THG-Emissionshandelssystem angestrebt werden. Idealerweise wäre dies ein globales Emissionshandelssystem auf der ersten Handelsstufe, dessen Realisierungsbedingungen aber schwierig sind. Auch aus diesem Grunde erscheint aus Sicht des SRU eine Weiterentwicklung der Biomasseförderung in zwei Phasen sinnvoll, einer Übergangsphase der Förderung der Markteinführung von Biomassetechnologien und einer daran anschließenden zweiten Phase, in der langfristig das CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzial der Biomassenutzung im Rahmen eines effizienten Klimaschutzregimes ausgeschöpft wird.

Die entscheidende Frage besteht darin, wie die Phase der Förderung der Markteinführung von Biomassetechnologien einerseits aus der bestehenden Förderlandschaft heraus entwickelt und andererseits von Anfang an als Übergang konzipiert werden kann, der letztlich auf die Einmündung in die zweite Phase des effizienten Klimaschutzes zielt. Selbstverständlich muss in beiden Phasen

die Einhaltung der oben genannten Randbedingungen gewährleistet sein.

In diesem Abschnitt soll ein Weg aufgezeigt werden, der aus der jetzigen und vorgesehenen Förderlandschaft auf eine Biomassenutzung mit dem Ziel eines effizienten Klimaschutzes unter ökologischer Qualitätssicherung führt.

### 6.1 Förderung der Markteinführung in kurzfristiger Perspektive

**143.** Mit dem Einsatz neuartiger Energietechnologien betritt die Wirtschaft in vielen Fällen Marktneuland. Energietechnische Innovationen treffen auf ein risikoreiches Marktumfeld, indem die Marktkräfte aufgrund von Marktunvollkommenheiten häufig nur für Technologieoptionen mit kurzfristigen Ertragsaussichten Raum lassen. Erst mittel- bis langfristig am Markt wettbewerbsfähige Produktionstechnologien genießen dagegen oft geringere Priorität. Diese Phase der Marktentwicklung kann durch eine übergangsweise Technologieförderung beschleunigt werden. Dabei sollte die Förderung jedoch auf Technologien gerichtet werden, die in absehbarer Zeit wettbewerbsfähig sein können und deren mittel- bis langfristiger Klimaschutzbeitrag in einem vertretbaren Referenzrahmen von gesamtwirtschaftlich kosteneffizienten Klimaschutzmaßnahmen liegt. Aussichtsreiche Technologien lassen sich unter Berücksichtigung realistischer Schätzungen von Lernkurveneffekten hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Potenziale identifizieren und auf Basis von Lebenszyklusanalysen umweltpolitisch bewerten. Im Bereich der Biomasse sind die Nutzungspfade mit gleichermaßen hohen wirtschaftlichen und umweltschonenden Potenzialen eng begrenzt. Diese aussichtsreichen Technologien sind mit Instrumenten zu fördern, die durch stabile Rahmenbedingungen ein positives Innovations- und Investitionsklima für ein beschleunigtes Erreichen der Marktreife gewährleisten.

**144.** Obgleich sich die aktuell eingesetzten Förderinstrumente durchaus positiv auf die Marktentwicklung verschiedener Nutzungsoptionen der Biomasse ausgewirkt haben, besteht Reformbedarf. Es ist zu vermeiden, dass die Fördermaßnahmen dauerhaft marktferne Technologieoptionen finanzieren und damit knappe Mittel binden. Aber auch eine regelmäßige Evaluation der Förderung auf Mitnahmeeffekte ist notwendig. Steigende Energiepreise, technischer Fortschritt und Lernkurveneffekte in der Anlagenproduktion ziehen eine hohe Dynamik der Wirtschaftlichkeitsfortschritte der Förderadressaten nach sich, auf die zur Vermeidung einer Förderung inzwischen marktgängiger Techniken flexibel reagiert werden muss. Hier bestehen bislang noch erhebliche Defizite. Mit der praktizierten Differenzierung der Förderung nach einzelnen Technologieoptionen erhöhen sich zwar die Chancen

der Beschleunigung der Marktreife in diesen Bereichen, doch grenzt dieser Weg darüber hinausgehende mögliche Alternativen systematisch aus und läuft Gefahr, in ein Dilemma zwischen marktferner Dauersubvention und Fördermittelnahme zu geraten. Ferner sollte der Wirkungsbereich der Förderung auch dann eingeschränkt werden, wenn neue klimaschonende Energieoptionen neue Umweltprobleme verursachen.

**145.** Orientierung für eine stärker effizienzorientierte Förderpolitik bietet die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten.

Speziell für verschiedene Nutzungspfade der Biomasse wurden in der Studie des Öko-Instituts (FRITSCH und ZIMMER 2006) Vermeidungskosten für die Jahre 2010 und 2030 ermittelt. Dabei werden ein Hoch- und ein Niedrigpreisszenario für Energie untersucht. Die Verwendung von Reststoffen führt durchweg zu den geringsten Vermeidungskosten. Jedoch schränken die zumindest langfristig relativ geringen Potenziale von Biomassereststoffen diese Nutzungsoption ein.

Obwohl die Biokraftstoffe der 2. Generation (Biomass-to-Liquid – BtL) dieser Studie zufolge wesentlich geringere Vermeidungskosten aufweisen als Biokraftstoffe der 1. Generation, liegen die Vermeidungskosten bei Bioethanol mit durchschnittlich 368 €/t CO<sub>2</sub>e in 2010 und 117 €/t CO<sub>2</sub>e im Jahr 2030 sehr hoch. Lediglich der Ersatz von Diesel durch BtL-Diesel ist bei niedrigen fossilen Energiepreisen mit 64 €/t CO<sub>2</sub>e relativ günstig. Ist die Verfügbarkeit der Reststoffe gering oder steigen die Preise für fossile Energieträger an, liegen die Vermeidungskosten

über 100 €/t CO<sub>2</sub>e. Im Bereich der Biokraftstoffe allgemein ist der Ersatz von Diesel durch reines Rapsöl mit Vermeidungskosten von 63 €/t CO<sub>2</sub>e bei weitem die günstigste und bereits jetzt verfügbare Alternative. Auch andere Studien zeigen erhebliche Spannbreiten der Vermeidungskosten der jeweiligen Biokraftstoffarten auf, die auf unterschiedliche methodische Annahmen und Unsicherheiten zurückzuführen sind (ECMT 2007, S. 87; CONCAWE et al. 2006).

Im Rahmen der Energieumwandlung sind die angenommenen Minderungsfaktoren der THG bezüglich der einzelnen Biomassenutzungspfade ausschlaggebend für die Bestimmung der Vermeidungskosten. Die Minderungsfaktoren hängen vornehmlich von den substituierten Energieträgern ab. So gelangen FRITSCH und ZIMMER (2006) bei der Substitution von Gas-BHKW durch Biogas-BHKW (BHKW – Blockheizkraftwerke) zu einer THG-Vermeidung von 142 g CO<sub>2</sub>e/kWh und somit zu Vermeidungskosten von 181 €/t CO<sub>2</sub>e. In der Studie TUM (WAGNER et al. 2004) erfolgte die Substitution von Erdgas- und Steinkohlekraftwerken durch Biogasanlagen mit einem Minderungsfaktor von 829 g CO<sub>2</sub>e/kWh. Damit gelangt man zu Vermeidungskosten von circa 30 €/t CO<sub>2</sub>e. Nachstehende Übersicht ist eine Zusammenfassung der CO<sub>2</sub>-Minderungsfaktoren (g CO<sub>2</sub>e/kWh) verschiedener Studien, für den Stromsektor unter Berücksichtigung der Emissionen der Vorketten (g CO<sub>2</sub>e/kWh). In den drei rechten Spalten sind CO<sub>2</sub>e-Vermeidungskosten anhand der Minderungsfaktoren für drei Differenzpreisszenarien errechnet.

Tabelle 6-1

**CO<sub>2</sub>e-Vermeidungskosten im Stromsektor**

| Studie**                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Minderungsfaktor*<br>g CO <sub>2</sub> /kWh <sub>el</sub> | CO <sub>2</sub> e-Vermeidungskosten<br>bei einer Kostendifferenz (in ct/kWh) von |                       |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                           | 2,6                                                                              | 3                     | 5                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                           | €/t CO <sub>2</sub> e                                                            | €/t CO <sub>2</sub> e | €/t CO <sub>2</sub> e |
| DLR, IFEU, WI                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 466                                                       | 56                                                                               | 64                    | 107                   |
| UBA Var. 1                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 790                                                       | 33                                                                               | 38                    | 63                    |
| UBA Var. 2                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 480                                                       | 54                                                                               | 63                    | 104                   |
| Prognos                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 438                                                       | 59                                                                               | 68                    | 114                   |
| EWI, IE, RWI                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 930                                                       | 28                                                                               | 32                    | 54                    |
| TUM                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 829                                                       | 31                                                                               | 36                    | 60                    |
| <b>Durchschnitt</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                           | <b>40</b>                                                                        | <b>46</b>             | <b>76</b>             |
| * Die Minderungsfaktoren wurden gegenüber KLOBASA und RAGWITZ (2005) pauschal um den Abschlag von 100 g CO <sub>2</sub> /kWh <sub>el</sub> reduziert, um die CO <sub>2</sub> e-Emissionen der Vorkette zu berücksichtigen.                                                                    |                                                           |                                                                                  |                       |                       |
| ** Abkürzungen der einzelnen Studien:                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                           |                                                                                  |                       |                       |
| – DLR, IFEU, WI: Nitsch, J.; Gärtner, S.; Barthel, C.: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland, Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal 2004                                                                                                                  |                                                           |                                                                                  |                       |                       |
| – UBA Var. 1+2: Nitsch, J.; Fischech, M.; Staiß, F.; Allnoch, N.; Baumert, M.: Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien, Umweltbundesamt (Hrsg.), Berlin 2000                                                                                                                          |                                                           |                                                                                  |                       |                       |
| – Prognos: Zwischenbericht V: Analyse der Wirksamkeit von CO <sub>2</sub> -Minderungsmaßnahmen im Energiebereich und ihre Weiterentwicklung, Basel 2003                                                                                                                                       |                                                           |                                                                                  |                       |                       |
| – EWI, IE, RWI: Schulz, W.; Kalies, M.; Hillebrand, B.: Gesamtwirtschaftliche, sektorale und ökologische Auswirkungen des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG), Köln 2004                                                                                                                      |                                                           |                                                                                  |                       |                       |
| – TUM: Geiger, B.; Hardi, M.; Brückl, O.; Roth, H.; Tzscheuschler, P.: CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten im Kraftwerksbereich, bei den erneuerbaren Energien sowie bei nachfrageseitigen Energieeffizienzmaßnahmen, München: Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, TUM 2004 |                                                           |                                                                                  |                       |                       |
| SRU/SG 2007-2/Tab. 6-1; Datenquelle: KLOBASA und RAGWITZ 2005; eigene Berechnungen                                                                                                                                                                                                            |                                                           |                                                                                  |                       |                       |

Die höchst unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Minderungsfaktoren erklären sich aus der Annahme der substituierten Energieträger. In den einzelnen Studien wurden verschiedene Methoden angewendet, um die durch Bioenergieanlagen substituierten Kraftwerke zu ermitteln. Die Kostendifferenz errechnet sich aus den Kosten einer aus Biomasse erzeugten Stromeinheit abzüglich der Gestehungskosten einer Stromeinheit der substituierten Technologie. Beispielsweise entstehen Mehrkosten in Höhe von 2,6 ct/kWh, wenn Gas durch Biogas ersetzt wird. Die Höhe der Kostendifferenz ist von den Rohstoffpreisen und der eingesetzten Technologie abhängig. Steigen die Preise der fossilen Energieträger stärker als die Preise für Biomasse, ist mit einer sinkenden Kostendifferenz und folglich mit sinkenden CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten zu rechnen. Auf jeden Fall wird die Kostendifferenz aufgrund des technischen Fortschritts in der Energieerzeugung sinken, da aufgrund der Lernkurveneffekte die Stromgestehungskosten aus den jungen Technologien der erneuerbaren Energien stärker sinken werden als die Stromgestehungskosten der konventionellen Kraftwerkstechnologie. Wird zusätzlich die Prozesswärme verstärkt in der Stromproduktion genutzt, ist damit zu rechnen, dass eine mögliche Zunahme der Kostendifferenz durch den erhöhten Minderungsfaktor kompensiert wird und dadurch die CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten sinken.

Die verschiedenen Formen der energetischen Nutzung von Biomasse weisen eine sehr große Bandbreite der Kosten auf. Selbst wenn man technischen Fortschritt und Kostendegression sowie einen hohen Zertifikatspreis eines langfristig ambitionierten Klimaschutzes antizipiert, wird deutlich, dass einige technologische Optionen keine ökonomisch tragfähige Zukunft haben. Selbst ein zukunftsöffnender Technologieansatz sollte daher die breite Markteinführung solcher auch langfristig nicht tragfähiger Technologien unterlassen. In dieser Technologiephase sollten die einzelnen Förderinstrumente systematisch im Hinblick auf die obigen Kriterien überprüft und gegebenenfalls revidiert werden. Im Einzelnen bedeutet dies:

**146.** Im Rahmen der EEG-Förderung sollte die Begrenzung der Förderung auf kleine Anlagen und auf Anlagen, die nur Biomasse umwandeln, überprüft werden. Hinsichtlich der Wirkungsgrade und des Klimaschutzes ist auch der Biomasseeinsatz in größeren Kraftwerken wünschenswert.

Zudem sollten die Höhe und Degression der Fördersätze neu bewertet werden. Paradoxe Effekte degressiver Fördersätze, wie der Ausbau mehrerer ökonomisch suboptimal dimensionierter Kleinstbiogasanlagen an einem Standort, sollten vermieden werden.

Die Bonusregelung für nachwachsende Rohstoffe (NawaRo-Bonus) sollte im Hinblick auf ihre Verdrängungseffekte für den Reststoffeinsatz in Biogasanlagen überprüft werden. Eine Veränderung der Struktur der Vergütungssätze, die lediglich zur Energieträgersubstitution und nicht zu einer Verbesserung der THG-Bilanz der Biomasseverstromung führt, sollte vermieden werden. Regionalwirtschaftliche Aspekte sollten bei der Bestimmung der Fördersätze keine Rolle spielen.

**147.** Auch im Bereich der Förderung der Wärmenutzung sollte die Marktanreizförderung weiter entwickelt werden. Besonders wichtig erscheint hier eine strenge Koppelung der Förderung an den Stand der Technik im Bereich der Abgasreinigung und aus Klimaschutzgründen eine prioritäre Behandlung der Kohle- und Heizölsubstitution. Ebenso wichtig ist es, die Förderinstrumente im Bereich der Nah- und Fernwärmeversorgung sowie der industriellen Prozesswärme im Hinblick auf den verstärkten Biomasseeinsatz zu überprüfen. Hierbei sind bei der Ausgestaltung der Förderanreize vorhandene Klimaschutzpotenziale stärker als reine Mengenziele zu bewerten. Für die Finanzierung eines solchen Programms sollte eine Sonderabgabe auf fossile Heizenergieträger erwogen werden.

Die in der Diskussion befindliche Einführung eines EE-Wärmegesetzes mit einer technologiedifferenzierten Vergütung der Wärmeeinspeisung ist nicht zielführend. Die Förderung des Energieeinsatzes für Wärmezwecke könnte zu einer Vernachlässigung der Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz führen. Außerdem lässt sich mit einem energieträgerbezogenen Förderansatz schwerlich die aus Luftreinhaltegründen erforderliche Nachrüstung und Modernisierung von Heizungsanlagen zur Biomasseverbrennung erreichen.

**148.** Die direkte Anbauförderung und implizite Privilegierung von Energiepflanzen im Rahmen der gemeinschaftlichen Maßnahmen zur Flächenstilllegung in der Landwirtschaft sowie die Prämie für Energiepflanzen sollten zurückgefahren werden. Die Förderung der Bioenergie sollte grundsätzlich auf der Verwendungsseite erfolgen, weil nur hierdurch eine Einsatzoptimierung zu gewährleisten ist. Im Rahmen der weiter auszubauenden Programme zur ländlichen Entwicklung sollten Anbauformen und Pflanzen, die auch Synergien zu den Zielen des Naturschutzes mit sich bringen (vgl. Kap. 3), besonders berücksichtigt werden. Hierzu kann auch unter naturschutzfachlichen Voraussetzungen die bereits durchgeführte Förderung des Anbaus mehrjähriger Pflanzen gehören. Die grundsätzlich problematische Doppelförderung einerseits auf der Angebotsseite durch das Instrumentarium der ersten Säule der europäischen Agrarpolitik und andererseits der verwendungsbezogenen Förderinstrumente kann allerdings erst im Kontext der weiteren grundlegenden Reform der europäischen Agrarpolitik gelöst werden. Hierbei sollten Preisstützungen und betriebs- oder flächenbezogene Prämien zugunsten der Honorierung von Leistungen zum Landschafts- und Naturschutz zurückgefahren werden.

**149.** Die ehrgeizigen nationalen und europäischen Wachstums- und Ausbauziele für Biokraftstoffe sollten im Hinblick auf andere wirtschaftlichere Einsatzbereiche, die zumindest im nächsten Jahrzehnt noch relativ hohen Klimaschutzkosten, die teilweise fragwürdigen und insgesamt begrenzten Beiträge zum Klimaschutz, auf eine realistische Einschätzung der Technologieentwicklung und auf einen schwerlich umweltpolitisch zu flankierenden Importsog kritisch überprüft werden. Eine seriöse umfassende Überprüfung der politisch gesetzten Ziele

durch eine Abschätzung der monetären und auch ökologischen Kosten und Nutzen für den Klimaschutz steht noch aus. Die jeweiligen Folgeabschätzungen der europäischen Kommission haben methodische Schwächen (Tz. 109) und legen teilweise Schlussfolgerungen nahe, die den politischen Zielen widersprechen (Kap. 5.1).

Die nationale Biokraftstoffquote sollte daher – unter Berücksichtigung des Vertrauensschutzes für die im Hinblick auf die steigende Quote bereits geleisteten Investitionen in Umwandlungsanlagen – möglichst nahe am heutigen Niveau eingefroren werden. Auch die Zielsetzung des Europäischen Rates für eine verbindliche Quote von 10 % bis 2020 bedarf einer Revision nach unten. Solange die Voraussetzungen, die an dieses Ziel geknüpft wurden (nachhaltiger Anbau, Verfügbarkeit der 2. Generation, Wirtschaftlichkeit), nicht hinreichend gegeben sind, sollte sich die Bundesregierung dafür einsetzen, dass dieses Ziel für 2020 zumindest nicht rechtsverbindlich ausgestaltet wird.

**150.** Wie die obigen Ausführungen gezeigt haben (Tz. 109, 112), wird der Beitrag der Biokraftstoffe sowohl zum Klimaschutz als auch zur Versorgungssicherheit weitgehend überschätzt. Die Gesamtkosten des angestrebten Wachstumspfades sind nicht transparent und werden nicht ins Verhältnis zum Nutzen gesetzt. Die Eingrenzung der globalen ökologischen und sozialen Nebenfolgen eines Importsoges wird durch eine überhöhte Beimischungsquote erschwert. Dringlich ist die Entwicklung einer umfassenden Bilanzierung der THG-Emissionen von Biokraftstoffen, um ein realistisches Bild vom Klimaschutzpotenzial von Biokraftstoffen zu erhalten (vgl. Tz. 35). Bei einer umfassenderen Bilanzierung werden viele bisher geförderte Kraftstoffe keine nennenswerten positiven Klimaschutzbeiträge mehr vorweisen können. Eine überzogene Quote behindert zudem einen Übergang zu der vom SRU empfohlenen klimaschutzpolitischen Optimierung.

Steuerliche Fördermaßnahmen für sogenannte Biokraftstoffe der 2. Generation sollten so bald wie möglich von ihrem Klimaschutzbeitrag abhängig gemacht werden. Im Vorfeld der Diskussion um das Biokraftstoffquotengesetz hatten Vertreter der Automobil- und der Mineralölindustrie einen Vorschlag präsentiert, der anstelle der Kraftstoffquote einen verstärkten CO<sub>2</sub>-Bezug der Förderung zum Ziel hatte. Volkswagen schlug – im Hinblick auf die 2. Generation der Biokraftstoffe – abgestufte steuerliche Befreiungen auf der Basis eines Nachhaltigkeitsindex vor, der neben CO<sub>2</sub> auch Auswirkungen auf die Biodiversität, den Düngemitelesatz und andere Faktoren berücksichtigen sollte (LEOHOLD 2006; DÖHMEL 2006). Ein solcher mehrdimensionaler Nachhaltigkeitsindex wäre allerdings schwer zu objektivieren und missbrauchsanfällig. Seine Verifizierung wäre nicht ohne erheblichen Aufwand realisierbar. Sinnvoller ist daher, einen Pauschalwert für die je nach Herstellungsprozess verminderten THG-Emissionen je Kraftstoffeinheit als Bemessungsgrundlage für die Steuerbefreiung festzusetzen. Voraussetzung hierfür ist allerdings die nunmehr ohnehin erforderliche Methodenkonvention zur Lebenszyklusbi-

lanzierung der THG-Ersparnisse verschiedener Kraftstoffe (Tz. 35).

Eine aus klimapolitischer Perspektive vorzugswürdige Alternative ist dagegen der Einsatz von Biogas als Fahrzeugkraftstoff. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die Produktion der für die Biogaserzeugung notwendigen Reststoffe und nachwachsenden Rohstoffe (NawaRo) nicht zu verstärkten Umweltbeeinträchtigungen in der Landwirtschaft führt (Kap. 3.2). Zudem markieren der erhöhte Kostenaufwand der Aufbereitung des Biogases für die Einspeisung in die bestehende Erdgasinfrastruktur und die notwendige Infrastrukturerweiterung gegenwärtig noch die wirtschaftlichen Grenzen dieser Option.

## 6.2 Effizienter Klimaschutz in langfristiger Perspektive

**151.** Im Laufe der nächsten Dekade sollte die Vermeidung von THG prioritär dort stattfinden, wo sie am kostengünstigsten ist. Nach der Phase der Technologieförderung sind genügend Erfahrungen mit der Technologie und dem Potenzial erneuerbarer Energien gesammelt, um diese dem Wettbewerb auf den verschiedenen Märkten auszusetzen. Für die einzelnen Förderbereiche bedeutet dies ein mittelfristiges Auslaufen der mengenbezogenen Förderung und die möglichst weitgehende Integration in einen sektorübergreifenden Emissionshandel. Langfristig anzustreben wäre hier der Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe (Kasten) (SRU 2005; 2006). Vorstellbar – aber aufwändiger und weniger effizient – sind auch Modelle, die einem solchen Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe nahe kommen oder von einem entsprechend simulierten Preis für die THG-Emission ausgehen.

### Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe

Der Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe setzt beim Brennstoffgroßhandel an (hierzu bereits SRU 2002, Tz. 473). Handelsunternehmen, die in Deutschland bzw. innerhalb der EU Brennstoffe in Verkehr bringen, müssen der zuständigen Behörde – entsprechend der bei der Verbrennung entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen der jeweiligen Energieträger – Zertifikate vorweisen. Analog zum jetzigen Emissionshandel darf die Menge der insgesamt ausgegebenen Zertifikate das festgelegte Emissionsbudget nicht überschreiten. Aufgrund der beschränkten Anzahl der ausgegebenen Zertifikate unterliegt der Kohlenstoffanteil der insgesamt in den Verkehr gebrachten Brennstoffmenge einer Obergrenze. Aufgrund dieser künstlichen Verknappung haben die Brennstoffhändler einen Anreiz, ihre Absatzmengen zu reduzieren, auf den Verkauf kohlenstoffärmerer bzw. -neutraler Brennstoffe umzustellen oder für den Absatz von nicht mit Zertifikaten gedeckten Brennstoffmengen zusätzliche Zertifikate am Markt zu erwerben. Verkäufer von Zertifikaten müssen diese durch geringere Absatzmengen bzw. Brennstoffsubstitution freimachen. Eine relative Erhöhung der Kosten fossiler Brennstoffe gegenüber Brennstoffen mit geringerem Emissionspotenzial ist die Folge. Bei den Verbrauchern wirkt der Emissionshandel analog

zur Wirkung der Ökosteuer allein über die absoluten und relativen Veränderungen der Brennstoffpreise. Ein Handel mit Emissionsrechten durch alle Unternehmen bzw. Privathaushalte ist nicht nötig. Aufgrund der vergleichsweise geringen Akteurszahl wären die Transaktions- und Kontrollkosten vergleichsweise gering. Aufgrund der zu erwartenden vehementen Verteilungskämpfe der Handelsunternehmen um die Zertifikate ist eine Versteigerung der Emissionsrechte durch den Staat notwendig.

Im Detail sind noch einige Gestaltungsfragen zu lösen. In diesem Emissionshandelssystem gelten Brennstoffe aus Biomasse nur insofern als klimaneutral wie die energetischen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Produktionsprozesses bereits bei den hierfür eingesetzten fossilen Brennstoffen im Emissionshandel Berücksichtigung finden. Die Erfassung der Klimagase Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) ist wegen ihrer negativen Klimawirkung unbedingt geboten. Zwei Ansätze sind möglich. Eine Alternative ist die Berücksichtigung pauschaler Emissionsfaktoren und ihre Umrechnung in Kohlendioxid-äquivalente im Emissionshandel, sodass auch für das Inverkehrbringen von Brennstoffen aus Biomasse Zertifikate vorzuweisen wären. Hierzu erforderliche Lebenszyklusanalysen müssten unter anderem auch Leckageraten der Biogasproduktion berücksichtigen. Ansatzpunkt für die Zertifikatspflicht wäre entweder der Brennstoffhandel (Vorprodukte für Biodiesel oder Pellets) oder der Netzbetreiber (Strom oder Gas). Bei Eigenproduktion und -verbrauch von Biomasse ist die Praktikabilität der Teilnahme am Emissionshandel zu prüfen. Dieser Ansatz ist sehr komplex und vernachlässigt die THG-Emissionen der übrigen Landwirtschaft. Eine andere Möglichkeit bestünde in der ausschließlichen Anwendung des Emissionshandels für energetische Kohlendioxidemissionen und einem gesonderten Instrument zur Reduktion von Methan- und Lachgasemissionen sowie zur Vermeidung von Landnutzungsänderungen mit negativen Klimafolgen in der gesamten Landwirtschaft. Da aufwändige Umrechnungsoperationen der unterschiedlich klimarelevanten Emissionen im Rahmen des Monitorings entfallen, dürften zwei getrennte Instrumente handhabbarer sein. Denkbar wäre etwa eine Abgabe der Landwirtschaft für pauschale flächen- bzw. tierbestandsbezogene Emissionsfaktoren von unterschiedlichen landwirtschaftlichen Nutzungen. Ein Emissionshandel für diese Gase dürfte ebenfalls möglich sein, krankt allerdings wie der obige kombinierte Ansatz an hohen Transaktions- und Kontrollkosten. Dafür wären aber eine die Gesamteffizienz beider Instrumente erhöhende Verrechnung der Emissionsrechte auf der Handelsebene und die Erreichung hinreichend quantifizierbarer Mengenziele für alle Klimagase möglich.

**152.** Derzeit zeichnet sich zum Beispiel hinsichtlich der Förderung der Biokraftstoffe eine Diskussion ab, deren Klimaschutzbeitrag im Rahmen der Strategie zur Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen für Kraftfahrzeuge anrechnen zu lassen (Europäische Kommission 2007, S. 4). Der momentan wahrscheinlichste Weg einer solchen Verrech-

nung führt über zwei separate Instrumente. Der instrumentelle Ansatz bei den Fahrzeugherstellern formuliert ein weniger anspruchsvolles Ziel im Hinblick auf den erhofften Klimaschutzbeitrag der Biokraftstoffe für die gesamte Fahrzeugflotte. Ein zweites Instrument setzt bei der Mineralölindustrie an, um von dieser einen Beitrag für die Schließung der Lücke zum offiziellen Ziel von 120 g/CO<sub>2</sub> bis zum Jahre 2012 zu fordern. Anstelle der Biokraftstoffquote sollte dieses aber aus Effizienz- und Effektivitätsgründen durch ein THG-Verminderungsziel für Kraftstoffe erfolgen. Das von der Europäischen Kommission vorgeschlagene 10 %-Ziel zur Verminderung der THG-Emissionen von Kraftstoffen über ihren Lebenszyklus hinweg (vgl. Abschn. 5.1.2) könnte ein sinnvolles Instrument sein. Es würde der Mineralölindustrie Wahlfreiheit lassen, wie die THG-Emissionen über den Lebenszyklus von Kraftstoffen am effizientesten vermindert werden könnten. Die Zielformulierung müsste aber darauf hin überprüft werden, ob sie in einem mit anderen effizienten Klimaschutzmaßnahmen vergleichbaren Kostenkorridor erreichbar ist.

Alternativ ist auch vorstellbar, konventionelle Kraftstoffe mit einer Klimaschutzsteuer in Höhe des mittelfristig zu erwartenden Zertifikatspreises zu versehen und damit den Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe für die Kraftstoffe zu simulieren. Ein solches Instrument hätte aber eine nur beschränkte Steuerungswirkung auf den Kraftstoffeinsatz und seine Zusammensetzung, wahrscheinlicher wären Anreize zur Kraftstoffverbrauchsreduzierung durch ein verändertes Fahrverhalten und eine verringerte Fahrleistung. Für das Klimaschutzziel wäre dies jedoch irrelevant.

**153.** Im Bereich der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern ist nach Beendigung der Markteinführungsphase eine Integration in den bestehenden THG-Handel möglich. Dies würde zu einem dem Klimaschutzpotenzial der erneuerbaren Energieträger nahe kommenden, relativen Wettbewerbsvorteil gegenüber den konventionellen Energieträgern führen.

Mehr Effizienz der Erreichung der Klimaschutzziele im Wärmeenergiebereich sollte durch eine stärkere, emissionsbezogene Besteuerung von Heizenergieträgern angestrebt werden. Derartige Steuern auf Heizenergieträger können schon im Vorgriff auf einen sektorübergreifenden Emissionshandel auf gesamteuropäischer Ebene beim Großhandel für Heizenergieträger ansetzen und dort vergleichsweise einfach im späteren Emissionshandel aufgehen.

Funktionsvoraussetzung solcher Modelle der Einbeziehung in den THG-Handel ist eine realitätsnahe Abbildung der THG-Bilanz verschiedener energetischer Verwendungen von Biomasse (vgl. Abschn. 3.1.2). Die meisten bisherigen Untersuchungen weisen gravierende methodische Schwächen auf, welche zu einer Überschätzung des Klimaschutzbeitrages von Biokraftstoffen führen. Notwendig ist zum einen eine Erweiterung der Bilanzierung um die Betrachtung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, um zumindest die bei der Herstellung der Bioenergie relevanten Emissionen an CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O einzubeziehen. Diese THG spie-



len in der landwirtschaftlichen Produktion eine große Rolle. Zum anderen sollte der gesamte Produktionspfad der Biokraftstoffe von eventuellen Landnutzungsänderungen über den Anbau, die Verarbeitung bis zum Verbrauch in den betreffenden Motorentypen betrachtet werden. Landnutzungsänderungen spielen dabei im Hinblick auf die Speicherfähigkeit der Böden für CO<sub>2</sub> eine wichtige Rolle, die bislang unzureichend in viele CO<sub>2</sub>-Bilanzen eingeflossen ist. Durch geeignete, gegebenenfalls auch an veränderte klimatische Bedingungen angepasste Bewirtschaftung land- und forstwirtschaftlicher Böden kann Bodenerosion und der Verlust organischer Bodensubstanz weitgehend vermieden werden.

### 6.3 Fazit

#### Übergänge zu einer klimaschutzoptimierten Strategie

**154.** Eine nachhaltige Biomasseförderungsstrategie muss zwei grundlegende Anforderungen erfüllen:

- Sie muss die Biomassenutzung im Hinblick auf die Vermeidung von THG-Emissionen optimieren.
- Sie muss einen nationalen, europäischen und internationalen Ordnungsrahmen für einen umweltgerechten Anbau von Energiepflanzen entwickeln. Dieser Ordnungsrahmen kann nicht unbeachtet der vorhandenen Instrumente für eine umweltgerechte Landwirtschaft entwickelt werden.

Vornehmliches Ziel der Biomassenutzung sollte die Reduktion von THG-Emissionen sein. Jedoch ist die Förderlandschaft für Bioenergien stark segmentiert und eine Abstimmung der einzelnen Instrumente und ihrer Förderzwecke ist noch nicht erkennbar. Langfristig sollte ein effizienter Klimaschutz erreicht werden und die Anrechnung der THG-Ersparnisse der Bioenergien in einem substanziell reformierten und in seinem Geltungsbereich erweiterten THG-Emissionshandelssystem angestrebt werden. Idealerweise wäre dies ein globales Emissionshandelssystem auf der ersten Handelstufe, dessen Realisierungsbedingungen aber schwierig sind. Es bedarf aber einer Übergangsstrategie bis die Voraussetzungen für eine konsequente und effiziente Klimaschutzorientierung geschaffen werden können. Auch aus diesem Grunde erscheint aus Sicht des SRU eine Weiterentwicklung der Biomasseförderung in zwei Phasen sinnvoll, einer Übergangsphase der Förderung der Markteinführung von Biomasetechnologien und einer daran anschließenden zweiten Phase, in der langfristig das CO<sub>2</sub>-Vermeidungspotenzial der Biomassenutzung im Rahmen eines effizienten Klimaschutzregimes ausgeschöpft wird.

#### Markteinführung von Biomasetechnologien

**155.** In der Phase der Markteinführung sollte grundsätzlich an das vorhandene Instrumentarium der Biomasseförderung angeknüpft werden, die Fördersätze und Ausbauziele aber im Lichte des klimaoptimierten Überganges überprüft werden. Das Förderinstrumentarium sollte insbesondere die energetische Vorzugswürdigkeit des Bioenergieeinsatzes im Wärme- und Strombereich besser be-

achten als bisher. Die Wirksamkeit des EEG und der Förderungen im Wärmebereich sollten daher nicht durch die preistreibenden Effekte der Biokraftstoffquote ausgehöhlt werden.

Bei der Förderung der Markteinführung sollte vermieden werden, dass Technologien gefördert werden, deren mittel- bis langfristiger Klimaschutzbeitrag nicht in einem vernünftigen Referenzrahmen von gesamtwirtschaftlich kosteneffizienten Klimaschutzmaßnahmen liegt. Ausichtsreiche Technologien lassen sich unter Berücksichtigung realistischer Schätzungen von Lernkurveneffekten hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Potenziale identifizieren und auf Basis von Lebenszyklusanalysen umweltpolitisch bewerten.

In dieser Phase der Technologieförderung sollten die einzelnen Förderinstrumente systematisch im Hinblick auf die obigen Kriterien überprüft werden. Im Einzelnen bedeutet dies:

**156.** Im Rahmen der EEG-Förderung sollte die Begrenzung der Förderung auf kleine Anlagen und auf Anlagen, die nur Biomasse umwandeln, überprüft werden. Hinsichtlich der Wirkungsgrade und des Klimaschutzes ist auch der Biomasseeinsatz in größeren Kraftwerken wünschenswert. Zudem sollten die Höhe und Degression der Fördersätze neu bewertet werden. Paradoxe Effekte, wie der Ausbau ökonomisch suboptimaler Kleinstbiogasanlagen, die durch die degressiven Fördersätze ausgelöst worden sind, sollten vermieden werden. Der NawaRo-Bonus sollte im Hinblick auf seine Verdrängungseffekte beim Reststoffeinsatz in Biogasanlagen überprüft werden.

**157.** Im Bereich der Förderung der Wärmenutzung sollte die Marktanreizförderung weiter entwickelt werden. Besonders wichtig erscheint hier eine strenge Kopplung der Förderung an den Stand der Technik im Bereich der Abgasreinigung und aus Klimaschutzgründen eine prioritäre Behandlung der Kohle- und Heizölsubstitution. Ebenso wichtig ist es, die Förderinstrumente im Bereich der Nah- und Fernwärmeversorgung sowie der industriellen Prozesswärme im Hinblick auf den verstärkten Biomasseeinsatz zu überprüfen. Hierbei sind bei der Ausgestaltung der Förderanreize vorhandene Klimaschutzpotenziale stärker als reine Mengenziele zu bewerten. Für die Finanzierung eines solchen Programms sollte eine Sonderabgabe auf fossile Heizenergieträger erwogen werden.

Der SRU erachtet die in der Diskussion befindliche Einführung eines EE-Wärmegesetzes mit einer technologie-differenzierten Vergütung der Wärmeeinspeisung nicht als zielführend. Die Förderung des Energieeinsatzes für Wärmezwecke könnte zu einer Vernachlässigung der Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz führen. Außerdem lässt sich mit einem energieträgerbezogenen Förderansatz schwerlich die aus Luftreinhaltegründen erforderliche Nachrüstung und Modernisierung von Heizungsanlagen zur Biomasseverbrennung erreichen.

**158.** Die direkte Anbauförderung und implizite Privilegierung von Energiepflanzen im Rahmen der gemeinschaftlichen Maßnahmen zur Flächenstilllegung in der

Landwirtschaft sowie die Prämie für Energiepflanzen sollten zurückgefahren werden. Die Förderung der Bioenergie sollte grundsätzlich auf der Verwendungsseite erfolgen, weil nur hierdurch eine Einsatzoptimierung zu gewährleisten ist. Im Rahmen der weiter auszubauenden Programme zur ländlichen Entwicklung sollten Anbauformen und Pflanzen, die auch Synergien zu den Zielen des Naturschutzes mit sich bringen (vgl. Abschn. 4.2.1.2), besonders berücksichtigt werden.

**159.** Die ehrgeizigen nationalen und europäischen Wachstums- und Ausbauziele für Biokraftstoffe sollten kritisch überprüft werden. Eine seriöse offizielle Folgen- und Kostenabschätzung der politisch gesetzten Ziele steht noch aus. Wesentlich mehr Klimaschutz wäre möglich, wenn das vorhandene Biomassepotenzial in andere Verwendungen flöße. Die ökologischen Nebenfolgen der absehbaren Importsteigerungen für Biokraftstoffe in Drittländern sind kurz- und mittelfristig schwer zu steuern. Die nationale Biokraftstoffquote sollte daher – unter Berücksichtigung des Vertrauensschutzes für die im Hinblick auf die steigende Quote bereits geleisteten Investitionen in Umwandlungsanlagen – möglichst nahe am heutigen Niveau eingefroren werden. Auch die Zielsetzung des Europäischen Rates für eine Quote von 10 % bis 2020 bedarf einer Revision nach unten. Solange die Voraussetzungen, die der Europäische Rat an dieses Ziel geknüpft hat (nachhaltige Produktion, Verfügbarkeit der 2. Generation, Wirtschaftlichkeit), nicht gegeben sind, sollte die Europäische Beimischungsquote auch nicht rechtsverbindlich ausgestaltet werden.

**160.** Steuerliche Fördermaßnahmen für sogenannte Biokraftstoffe der 2. Generation sollten so bald wie möglich von ihrem Klimaschutzbeitrag abhängig gemacht werden. Sinnvoll ist einen Pauschalwert für die je nach Herstel-

lungsprozess verminderten THG-Emissionen je Kraftstoffeinheit als Bemessungsgrundlage für die Steuerbefreiung festzusetzen.

### Integration in einen sektorübergreifenden Emissionshandel

**161.** Im Laufe der nächsten Dekade sollte die Vermeidung von CO<sub>2</sub> prioritär dort stattfinden, wo sie relativ am kostengünstigsten ist. Für die einzelnen Förderbereiche bedeutet dies ein mittelfristiges Auslaufen der mengenbezogenen Förderung und die möglichst weitgehende Integration in einen sektorübergreifenden Emissionshandel. Langfristig anzustreben wäre hier der Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe (SRU 2005; 2006), da dieser gegenüber den im Entstehen begriffenen sektoralisierten Handelssystemen einfacher und zu geringeren Transaktionskosten und -brüchen realisierbar ist. Nicht grundsätzlich auszuschließen sind aber auch zweitbeste Lösungen, die zur Preisbestimmung einen Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe simulieren.

Funktionsvoraussetzung solcher Modelle der Einbeziehung in den THG-Handel ist eine realitätsnahe Abbildung der THG-Bilanz verschiedener energetischer Verwendungen von Biomasse. Notwendig ist eine Erweiterung der Bilanzierung um die Betrachtung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, um zumindest die bei der Herstellung der Bioenergie relevanten Emissionen an Methan und Lachgas einzubeziehen. Auch sollte der gesamte Produktionspfad der Biokraftstoffe von eventuellen Landnutzungsänderungen über den Anbau, die Verarbeitung bis zum Verbrauch in den betreffenden Motorentypen betrachtet werden. Landnutzungsänderungen spielen dabei im Hinblick auf die Speicherfähigkeit der Böden für CO<sub>2</sub> eine wichtige, bisher weitgehend ausgeklammerte Rolle.



**162.** Der Klimaschutz ist spätestens nach dem aktuellen Sachstandsbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zu einem der meist beachteten Themen der Umweltpolitik geworden. Zentrale Voraussetzung einer wirksamen Klimaschutzpolitik ist eine deutliche Verminderung der Emissionen von Treibhausgasen (THG). Neben einer Steigerung der Energieeffizienz kann diese auch durch den Ersatz fossiler durch erneuerbare Energieträger erreicht werden. In diesem Sinne plant die EU den Anteil an erneuerbaren Energien am Primärenergieeinsatz bis zum Jahre 2020 auf 20 % zu erhöhen. Die Bundesregierung hat dieses Ziel in einer Erklärung vom April 2007 dahin gehend konkretisiert, dass erneuerbare Energien bis 2020 einen Anteil von 14 % bei der Erzeugung von Wärme, 17 % bei Kraftstoffen und 27 % bei Strom erlangen sollen. Um diese ambitionierten Ziele zu erreichen, wird der Biomasseeinsatz, der innerhalb der erneuerbaren Energien mit 70 % bereits jetzt den höchsten Anteil hat, noch weiter stark wachsen.

Im Hinblick auf ihr grundsätzlich großes Potenzial zur Vermeidung von Emissionen klimarelevanter Gase ist die Bedeutung, die die Europäische Kommission und die Bundesregierung der verstärkten Biomassenutzung einräumen, zu begrüßen. Allerdings muss sich der Ausbau der energetischen Biomassenutzung an ihren tatsächlichen Chancen für den Klimaschutz orientieren. Dies ist nur dann sichergestellt, wenn die Rahmenbedingungen für den Anbau und die Nutzung von Biomassepflanzen, also insbesondere die Förderpolitiken und die rechtlichen Anforderungen an den Biomasseanbau, die relevanten umweltfachlichen Grenzen angemessen in den Blick nehmen.

### Chancen der Biomassenutzung

**163.** Aus ökologischer Sicht bieten der Anbau und die Nutzung von Biomasse zur Energieerzeugung vielfältige Chancen. So leistet diese Energieform einen Beitrag zur Schonung der zunehmend knapper werdenden fossilen Energieträger. Darüber hinaus wird bei der energetischen Nutzung klimaschonend nur das Kohlendioxid freigesetzt, was während des Pflanzenwachstums gebunden wurde. Grundvoraussetzung dafür, dass durch den Einsatz von Biomasse zur Energieerzeugung im Vergleich zu der Verwendung fossiler Energieträger weniger THG freigesetzt werden, ist jedoch, dass die nachwachsenden Rohstoffe umweltverträglich und klimaschutzorientiert angebaut und genutzt werden.

Durch den Biomasseanbau können darüber hinaus positive Effekte für den Naturhaushalt erreicht werden. Ein Potenzial besteht in dieser Hinsicht etwa, wenn zuvor intensiv genutzte Ackerflächen durch nachhaltige Anbauformen von Biomassepflanzen abgelöst werden.

Zudem sind die Chancen der Biomassenutzung umso größer, je effizienter der Einsatz und die dabei erzielte Einsparung von THG-Emissionen sind.

**164.** Im Vergleich zu anderen Energieträgern bietet Biomasse vielfältige Vorzüge. So ist es möglich, diese als feste, flüssige und gasförmige Energieträger zur Verfügung zu stellen. Folglich können mit Biomasse im Gegensatz zu anderen erneuerbaren Energien alle Energieformen (Wärme, Strom und Kraftstoffe) ersetzt werden. Ein großer Vorteil der Biomasse sowie der daraus erzeugten Energieträger ist außerdem, dass aufgrund ihrer guten Lagerfähigkeit Energie zeitlich und räumlich flexibel bereitgestellt werden kann.

Weitere Chancen liegen in der Entwicklung neuer Technologien. So werden im Rahmen der Biomassenutzung zahlreiche neue Verfahren entwickelt und optimiert, wodurch Deutschland seine führende Position als Technologieanbieter weiter ausbauen kann.

### Grenzen der Biomassenutzung

**165.** Diese Vorteile der Verwendung von Biomasse als Energieträger stehen aber unter dem Vorbehalt begrenzter Flächenverfügbarkeit und der Beachtung ökologischer Erfordernisse.

### Begrenzte Menge der in Deutschland erzeugbaren Biomasse

**166.** Auch bei einer Verwendung der beiden Biomasseformen – biogene Reststoffe und nachwachsende Rohstoffe – kann nur ein Teil des Primärenergiebedarfes der Bundesrepublik Deutschland gedeckt werden. Das jährliche Aufkommen an Reststoffen aus Forst- und Landwirtschaft, Landwirtschaft, Tierkörperbeseitigung, Lebensmittelindustrie sowie Abwasser- und Abfallwirtschaft liegt bei etwa 100 Mio. Mg. Davon können allerdings nur etwa 65 % (70 Mio. Mg) technisch und ökologisch sinnvoll genutzt werden. Damit liegt das Potenzial zwischen 4 und 5 % des Primärenergiebedarfs von Deutschland. Kurzfristig übersteigt das Potenzial der Reststoffe sogar das Potenzial an nachwachsenden Rohstoffen. Die energetische Nutzung der Reststoffe ist allerdings nur teilweise etabliert. Die Ausschöpfung des Reststoffpotenzials unter Beachtung der ökologischen Restriktionen (z. B. bei der Nutzung von Stroh und Restwaldholz) sollte daher Priorität vor einem verstärkten Anbau von nachwachsenden Rohstoffen erhalten.

Das Potenzial nachwachsender Rohstoffe ist zuvorderst dadurch begrenzt, dass landwirtschaftliche Produktionsflächen nicht uneingeschränkt zur Verfügung stehen. Insofern konkurriert der Biomasseanbau mit der Nahrungs- und der Futtermittelproduktion und darf darüber hinaus

nur im Einklang mit den Erfordernissen des Schutzes von Natur und Landschaft weiter ausgebaut werden. Auf dieser Grundlage ist davon auszugehen, dass bis zum Jahre 2030 eine Ausweitung der landwirtschaftlichen Flächen zum Anbau von Biomasse von derzeit 1,6 Mio. ha auf 3 bis 4 Mio. ha möglich ist.

Abhängig von den zur Energieerzeugung eingesetzten Pflanzen und den Verwertungspfaden können unterschiedliche Energiepotenziale erschlossen werden. Eine Nutzung im stationären Bereich über Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) kann bei gleicher Anbaufläche wesentlich höhere Energiepotenziale ausschöpfen als Biokraftstoffe. Bei einer Gesamtbetrachtung der Potenziale von Reststoffen und nachwachsenden Rohstoffen ergibt sich damit bezüglich Biomasse nationaler Herkunft ein maximal zu erreichender Deckungsbeitrag in Höhe von 10 % des Primärenergieverbrauches bis zum Jahre 2030.

Die anspruchsvollen politischen Ziele sind also allein mit in der Bundesrepublik Deutschland erzeugter Biomasse nicht zu erreichen. Bereits zur Erzeugung des gemäß § 37 a) Abs. 3 Satz 3 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) bis zum Jahre 2010 dem in Verkehr gebrachten Otto- und Dieselmotorkraftstoff beizumischenden und in den Folgejahren noch zu erhöhenden Biokraftstoffanteils von 6,75 % würde das gesamte verfügbare Flächenpotenzial beansprucht. Diese ambitionierten Ziele forcieren demnach den Import von Biomasse bzw. biogenen Energieträgern.

#### **Umweltgefährdungen durch den Biomasseanbau und erforderliche Regulierungen**

**167.** Deutliche Grenzen werden dem zügig vorangetriebenen Anbau und der Nutzung von Biomasse im Hinblick auf die Umweltrisiken gesetzt, die diese sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene mit sich bringen. Als umweltgefährdend erweist sich dabei die intensivlandwirtschaftlich betriebene Biomasseerzeugung. Diese Gefährdungen müssen durch eine Anpassung des rechtlichen Rahmens eingedämmt werden.

**168.** Auf nationaler Ebene werden Gefahren für den Naturhaushalt weniger durch die umweltschädigenden Qualitäten neuer Anbauformen begründet. Deutlicher ins Gewicht fällt derzeit die flächenhafte Ausweitung von Anbaukulturen, die starke Auswirkungen auf die Umwelt haben: So werden vermehrt Raps und Mais auf Kosten weniger umweltgefährdender Kulturen angebaut. Die Übernutzung von CO<sub>2</sub>-speichernden Vegetationsformen wie zum Beispiel von Wald kann überdies deren Senkenfunktion beeinträchtigen. Ähnlich negative Folgen für das Klima können Landnutzungsänderungen haben, zum Beispiel der Umbruch von Dauergrünland und die Trockenlegung von Mooren.

In rechtlicher Hinsicht sollten für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen grundsätzlich die gleichen Standards wie für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion gelten. Die Veränderungen der Landwirtschaft, die angesichts der gezielten Förderung des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen zu erwarten sind, sind allerdings Anlass dafür, die umweltverträgliche Entwicklung der

Landwirtschaft insgesamt voranzutreiben. Die bestehenden ökologischen Standards, die sich im Rahmen der guten fachlichen Praxis des nationalen Rechts (GfP) oder der europäischen Vorgaben des Cross Compliance finden, sollten in jedem Fall konsequent umgesetzt und partiell weiterentwickelt werden. Dabei erweisen sich hinsichtlich der Auswirkungen eines gesteigerten Biomasseanbaus für die nationale Ebene insbesondere folgende Maßnahmen als sinnvoll:

- beim Einsatz von Düngemitteln die Einführung einer Stickstoffüberschussabgabe;
- bei der Verwendung von Pflanzenschutzmitteln eine weitere Konkretisierung, rechtliche Aufwertung und konsequente Umsetzung der Erfordernisse des integrierten Pflanzenschutzes;
- 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;
- ein generelles Verbot des Umbruchs von Dauergrünland.

Ferner sollten Schutzgebietsverordnungen darauf überprüft werden, ob sie Umweltgefährdungen, die mit dem Anbau von nachwachsenden Rohstoffen einhergehen, hinreichend ausschließen. Gegebenenfalls sind Anpassungen insbesondere in Form von Anbaurestriktionen erforderlich. Zu prüfen ist weiter, ob der Schutz von Saum- und Strukturelementen durch eine zusätzliche Kompensationsregelung zu verstärken ist.

Spezifische Standards für den Biomasseanbau sind hinsichtlich der Reststoffentnahme erforderlich, die im Übermaß zu negativen Eingriffen in die Nährstoffkreisläufe führen kann. Darüber hinaus kann sich ein spezifischer Regulierungsbedarf künftig hinsichtlich des Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen ergeben. Im Falle von fruchtart- und standortspezifischen Auswirkungen sollte durch Maßnahmen der räumlichen Gesamtplanung Vorsorge getroffen werden. Auch die flächenbezogene Förderung der nachwachsenden Rohstoffe sollte nur unter der Bedingung erfolgen, dass keine schutzwürdigen oder empfindlichen Gebiete durch unangepasste Anbauformen in Anspruch genommen werden.

Die Forschung zu den Umweltauswirkungen des Ausbaus von nachwachsenden Rohstoffen vermag mit der rasanten Ausweitung der Energiepflanzenerzeugung kaum noch Schritt zu halten. Aus Gründen der Schadensprävention und der Umweltvorsorge ist es daher zwingend notwendig, die Förderung der nachwachsenden Rohstoffe zu „entschleunigen“. Anderenfalls besteht die Gefahr, dass umweltbezogene Vorgaben mit Blick auf die Erfüllung der (dynamischen) Ausbauziele nur so formuliert werden, dass sie keinen hinreichenden Schutz der Umweltgüter gewährleisten.

**169.** Da aufgrund der ambitionierten Biomassepolitik der EU und der Bundesrepublik Deutschland mit einer deutlichen Ausweitung der Biomasseimporte aus nicht

der EU zugehörigen Ländern, darunter insbesondere auch Schwellen- und Entwicklungsländer, zu rechnen ist, muss sichergestellt sein, dass die Importsteigerung umweltschädigenden Herstellungspraktiken in den Erzeugerländern keinen Vorschub leistet.

Mit der Ausweitung der Biomasseproduktion im internationalen Rahmen gehen erhebliche Gefahren eines Raubbaus an den Naturgütern der Erzeugerländer einher, dem durch verbindliche Standards entgegengewirkt werden muss. Private Zertifizierungssysteme sind dabei kein funktionales Äquivalent für verbindliche Standards des Biomasseanbaus, bieten aber einen wichtigen konzeptionellen Ansatz für deren Entwicklung.

So bedarf es verbindlicher umweltfachlicher Standards, von deren Einhaltung die Marktfähigkeit der betreffenden Biomasse und Biomasseerzeugnisse in der EU bzw. in Deutschland abhängig gemacht wird. Vorzugswürdig erscheint es dabei, diese Standards im Rahmen eines internationalen Übereinkommens, an dem die wesentlichen Import- und Exportstaaten beteiligt sind, zu vereinbaren. Diese konsensuale Herangehensweise verspricht aufgrund der in dem Übereinkommen manifestierten Akzeptanz der Umweltanforderungen eine gute Durchsetzung der Standards. Darüber hinaus sind die auf der Grundlage internationaler Umweltschutzübereinkommen ergriffenen Beschränkungen des internationalen Handels bislang noch nicht zum Gegenstand welthandelsrechtlicher Auseinandersetzungen gemacht worden.

Demgegenüber nachrangig, aber im Falle des Scheiterns eines internationalen Übereinkommens durchaus möglich, ist die einseitige Durchsetzung der Umweltstandards gegenüber den Erzeugerstaaten. Das WTO-Recht steht einer derartigen Herangehensweise nicht prinzipiell entgegen. Zwar ist möglicherweise davon auszugehen, dass die auf den Ausschluss umweltschädigender Herstellungsmethoden gerichteten Beschränkungen des internationalen Handels mit den Diskriminierungsverboten des WTO-Regimes, insbesondere dem Inländergleichbehandlungsgrundsatz, unvereinbar sind. Allerdings können entsprechende Maßnahmen nach Artikel XX lit. b) und lit. g) GATT gerechtfertigt sein, wenn es sich um Maßnahmen zum Schutz des Lebens und der Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen sowie zum Schutze erschöpflicher Naturschätze handelt. Insofern kommen handelsbeschränkende Standards unter anderem zum Schutz der Regenwälder sowie von Mooren und anderen Feuchtgebieten in Betracht. Unter den hier aufgezeigten Bedingungen steht das WTO-Recht daher der Normierung auch international anwendbarer Umweltschutzstandards auf der Grundlage der Verordnungsermächtigung des § 37 d) BImSchG nicht entgegen.

## **Lösungsansätze und notwendige Prioritäten**

### **Klimaschutz priorisieren und ganzheitliches Energiekonzept entwickeln**

**170.** Die Förderung von Biomasse kann grundsätzlich einen jeweils unterschiedlichen Beitrag zur Erreichung agrar-, energie- und umweltpolitischer Ziele leisten. Da-

bei ist aber auch auf die Kosten und die Konflikte zwischen diesen Zielen zu achten. Gerade wenn mehrere Ziele gleichzeitig verfolgt werden können, sollte im Zweifel dem Klimaschutz auf der Grundlage eines naturverträglichen Anbaus Vorrang eingeräumt werden. Die Minderung von THG, die durch die energetische Nutzung von Biomasse tatsächlich erzielt werden kann, wird allerdings wegen nicht hinreichender ökobilanzieller Betrachtungen, so insbesondere hinsichtlich der Klimafolgen von Landnutzungsänderungen, tendenziell überschätzt. Vor allem deshalb kann zurzeit keine abschließende Bewertung vorgenommen werden. Dennoch lassen die bisherigen Ergebnisse den Schluss zu, dass die stationäre Nutzung von Biomasse zur Strom- und Wärmeerzeugung vorteilhaft gegenüber der Nutzung von Biomasse als Kraftstoff ist. Eine priorisierte Förderung des Einsatzes von Biomasse im Transportsektor nutzt demnach die Potenziale der Biomasse hinsichtlich des Klimaschutzziels nicht optimal. Es sollte deswegen nur ein mäßiger Ausbau der Biokraftstoffe angestrebt werden. Die stationäre Nutzung zeigt vor allem bei der Wärmenutzung sowie bei kombinierter Wärme- und Stromnutzung gute THG-Einsparungspotenziale. Ein Ausbau dieser kombinierten Nutzung sollte deswegen auf jeden Fall angestrebt werden.

Betrachtet man die Nutzung der Biomasse getrennt nach den zur Verfügung stehenden Fraktionen, sollte bis auf die fermentativ nutzbaren Reststoffe und nachwachsenden Rohstoffe wenig Biomasse für die Kraftstoffherstellung genutzt werden. Feste Biomasse, vor allem der Rohstoff Holz, sollte vielmehr für die Bereitstellung von Wärme eingesetzt werden. Insbesondere die Nutzung für Hochtemperaturprozesswärme in der Industrie stellt einen sinnvollen Einsatz dar, da keine andere erneuerbare Energie diese substituieren kann. Hinsichtlich Strom und Raumtemperatur bieten sich zusätzlich und langfristig die erneuerbaren Energiequellen Windkraft, Solarthermie und Geothermie als Substitute an. Wichtig ist aber auch eine verstärkte Nutzung in Nahwärmenetzen statt in Einzelfeuerstätten. Die Biomassenutzung sollte demnach nicht isoliert von anderen erneuerbaren Energien hinsichtlich ihrer Klimaschutzpotenziale betrachtet werden. Ziel sollte vielmehr die Entwicklung eines ganzheitlichen Konzeptes für einen klimaschutzoptimierten Einsatz aller Energieträger sein.

### **Segmentierten Förderansatz mit integrierter Biomassestrategie überwinden**

**171.** Die Förderlandschaft für Bioenergien ist segmentiert. Zum einen wird das Wachstum der Biokraftstoffe durch Mindestbeimischungen, Steuerbefreiungen und Agrarsubventionen gefördert, zum anderen die Nutzung von Biomasse in der Strom- und Wärmeerzeugung, vor allem durch die gesonderten Einspeisevergütungen des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) und die Investitionsförderung von Heizungen im Wärmebereich.

Diese Segmentierung ist zwar historisch nachvollziehbar, sie behindert aber insgesamt eine Optimierung des Biomasseeinsatzes nach wirtschaftlichen oder umweltpolitischen Gesichtspunkten. Insbesondere behindert sie einen

marktwirtschaftlichen Suchprozess nach kostengünstigen Einsatzmöglichkeiten zur Vermeidung von THG-Emissionen. Anstelle eines solchen marktwirtschaftlichen Suchprozesses unter strengen klimapolitischen Rahmenbedingungen setzt die Förderpolitik auf eine Feinsteuerung einzelner Technologien und die Mengenförderung für ausgewählte Verwendungszwecke. Damit wird der potenzielle Beitrag der Biomasse zum Klimaschutz nicht voll ausgeschöpft. Eine seriöse Gesamtabschätzung der gesamten Kosten und Nutzen dieser Förderpolitik für Steuerzahler, Verbraucher und den Klimaschutz bis zum Jahre 2020 existiert bisher nicht.

Stattdessen wird in Zukunft durch die Segmentierung ein Förderwettbewerb zwischen den verschiedenen Verwendungen angeregt. Eine sehr hohe Quote für Biokraftstoffe, die unabhängig von den ökonomischen Gegebenheiten erreicht werden muss, wird die Kosten für den Bioenergieeinsatz in klimapolitisch ertragreicheren Verwendungsbereichen in die Höhe treiben. Es besteht das Risiko einer erheblichen Verschwendung öffentlicher und privater Gelder mangels Abstimmung der verschiedenen Instrumente.

Die in § 37 d BImSchG statuierte Verordnungsermächtigung und das EU-Klimaschutzziel für Kraftstoffe (10 % Minderung der THG-Emissionen bis 2020) formulieren erste praktische Schritte, die in den nächsten Jahren vorgesehen sind, um ökologische Mindestkriterien für den Bioenergieeinsatz festzulegen. Die Reichweite dieser Ansätze ist aber schon deshalb begrenzt, weil sie sich partikular nur auf einzelne Förderinstrumente beziehen und noch keine Gesamtkonzeption einer umweltpolitischen Flankierung der Biomasseförderung erkennen lassen. Es besteht ein schwer auflösbares Spannungsverhältnis zwischen den ökologischen Kriterien der Verordnungsermächtigung und den überambitionierten Kraftstoffquoten.

Vor diesem Hintergrund ist es die zentrale Gestaltungsaufgabe eines anstehenden Biomasseaktionsplans übergeordnete Eckpunkte zu den Potenzialen, zu ihrem optimalen Einsatz für den Klimaschutz, zu einer in sich konsistenten Förderpolitik sowie zu den Rahmenbedingungen für einen umweltverträglichen Anbau festzulegen.

Diese nachhaltige Biomasseförderungsstrategie muss zwei grundlegende Anforderungen erfüllen:

- Sie muss die Biomassenutzung im Hinblick auf die Vermeidung von THG-Emissionen optimieren.
- Sie muss einen nationalen, europäischen und internationalen Ordnungsrahmen für einen umweltgerechten Anbau von Energiepflanzen entwickeln. Dieser Ordnungsrahmen kann nicht unbeachtet der generellen Instrumente für eine umweltgerechte Landwirtschaft entwickelt werden.

Die Weiterentwicklung der Biomasseförderung sollte in zwei Phasen erfolgen:

- einer Übergangsphase der Förderung der Markteinführung eines breiten Spektrums von Technologien und
- einer daran anschließenden zweiten Phase eines effizienten Klimaschutzes durch ein erweitertes grundlegend reformiertes Emissionshandelssystem für THG.

**172.** In der Phase der Markteinführung sollte grundsätzlich an das vorhandene Instrumentarium der Biomasseförderung angeknüpft werden, wobei jedoch die Fördersätze und Ausbauziele im Lichte des klimaschutzoptimierten Überganges zu überprüfen sind. Das Förderinstrumentarium sollte insbesondere die energetische Vorzugswürdigkeit des Bioenergieeinsatzes im Wärme- und Strombereich besser beachten als bisher. Die Wirksamkeit des EEG, durch welches in das öffentliche Netz eingespeister elektrischer Strom aus erneuerbaren Energien zu festgelegten Sätzen vergütet werden muss, sowie die Wirksamkeit der Förderungen im Wärmebereich, sollten nicht durch die preistreibenden Effekte der Biokraftstoffquote ausgehöhlt werden.

Bei der Förderung der Markteinführung sollte es vermieden werden, Technologien zu fördern, deren mittel- bis langfristiger Klimaschutzbeitrag nicht in einem vernünftigen Referenzrahmen von gesamtwirtschaftlich kosteneffizienten Klimaschutzmaßnahmen liegt. Aussichtsreiche Technologien lassen sich unter Berücksichtigung realistischer Schätzungen von Lernkurveneffekten hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Potenziale identifizieren und auf Basis von Lebenszyklusanalysen umweltpolitisch bewerten.

Die einzelnen Förderinstrumente sollten systematisch im Hinblick auf die obigen Kriterien überprüft werden. Im Einzelnen bedeutet dies:

- Im Rahmen der EEG-Förderung sollten die Begrenzungen der Förderung auf kleine Anlagen und auf die Anlagen, die nur Biomasse umwandeln, überprüft werden. Hinsichtlich der Wirkungsgrade und des Klimaschutzes ist auch der Biomasseeinsatz in größeren Kraftwerken wünschenswert. Zudem sollten die Höhe und Degression der Fördersätze neu bewertet werden. Paradoxe Effekte, wie der Ausbau ökonomisch suboptimaler Kleinstbiogasanlagen, die durch die degressiven Fördersätze ausgelöst worden sind, sollten vermieden werden. Die Bonusvergütung für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo-Bonus) sollte im Hinblick auf ihre Verdrängungseffekte beim Reststoffeinsatz in Biogasanlagen überprüft werden.
- Im Bereich der Förderung der Wärmenutzung sollte die Marktanreizförderung weiter entwickelt werden. Besonders wichtig erscheinen hier eine strenge Kopplung der Förderung an den Stand der Technik im Bereich der Abgasreinigung und aus Klimaschutzgründen eine prioritäre Substitution von Kohle- und Heizöl. Wichtig ist auch, die Förderinstrumente im Bereich der Nah- und Fernwärmeversorgung sowie der industriellen Prozesswärme im Hinblick auf den verstärkten Biomasseeinsatz zu überprüfen. Hierbei sind bei der Ausgestaltung der Förderanreize vorhandene Klimaschutzpotenziale stärker als reine Mengenziele zu berücksichtigen. Für die Finanzierung eines solchen Programms sollte eine Sonderabgabe auf fossile Heizenergieträger erwogen werden.
- Der derzeit diskutierte Erlass eines EE-Wärmegesetzes mit einer technologiedifferenzierten Vergütung ist

nicht zielführend, da die Förderung des Energieeinsatzes zur Wärmeerzeugung zu einer Vernachlässigung der Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz führen könnte. Außerdem lässt sich mit einem energieträgerbezogenen Förderansatz schwerlich die aus Luftreinhaltegründen erforderliche Nachrüstung und Modernisierung von Heizungsanlagen zur Biomasseverbrennung erreichen.

- Die direkte, unkonditionierte Anbauförderung und implizite Privilegierung von Energiepflanzen im Rahmen der gemeinschaftlichen Maßnahmen zur Flächenstilllegung in der Landwirtschaft sowie die Prämie für Energiepflanzen sollten zurückgefahren werden. Die Förderung der Bioenergie sollte grundsätzlich auf der Verwendungsseite erfolgen, weil nur hierdurch eine Einsatzoptimierung zu gewährleisten ist. Im Rahmen der weiter auszubauenden Programme zur ländlichen Entwicklung sollten zudem Anbauformen und Pflanzen, die auch Synergien zu den Zielen des Naturschutzes mit sich bringen, besonders berücksichtigt werden.
- Die ehrgeizigen nationalen und europäischen Wachstums- und Ausbauziele für Biokraftstoffe sollten kritisch überprüft werden. Die nationale Biokraftstoffquote sollte – unter Berücksichtigung des Vertrauensschutzes für die im Hinblick auf die steigende Quote bereits geleisteten Investitionen in Umwandlungsanlagen – möglichst nahe am heutigen Niveau eingefroren werden. Auch die Zielsetzung des Europäischen Rates für eine Quote von 10 % bis 2020 bedarf einer Revision nach unten. Solange die Voraussetzungen, die der Europäische Rat an dieses Ziel geknüpft hat (nachhaltige Produktion, Verfügbarkeit der 2. Generation, Wirtschaftlichkeit) nicht gegeben sind, sollte die Europäische Beimischungsquote auch nicht rechtsverbindlich ausgestaltet werden.

- Steuerliche Fördermaßnahmen für Biokraftstoffe der sogenannten 2. Generation (Biomass-to-Liquid, Lignocellulose-Bioethanol) sollten so bald wie möglich an ihrem Klimaschutzbeitrag orientiert werden. Als sinnvolle Bemessungsgrundlage für eine Steuerbefreiung bietet sich dabei ein Pauschalwert an, der nach der Verminderung der THG-Emissionen einzelner Herstellungsprozesse je Kraftstoffeinheit differenziert.

**173.** In der zweiten Phase der hier geforderten Klimaschutzpolitik sollten die Anstrengungen darauf gerichtet werden, THG-Emissionen dort zu vermeiden, wo dies relativ am kostengünstigsten ist. Für die einzelnen Förderbereiche bedeutet dies ein mittelfristiges Auslaufen der mengenbezogenen Förderung und die möglichst weitgehende Integration in einen sektorübergreifenden Emissionshandel. Langfristig anzustreben wäre hier ein gegenüber dem heutigen System grundlegend reformierter Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe. Im Vergleich zu dem im Entstehen begriffenen sektoralisierten Handelssystem ist dieser einfacher und zu geringeren Transaktionskosten und -brüchen zu realisieren. Nicht grundsätzlich auszuschließen sind aber auch zweitbeste Lösungen, die zur Preissetzung einen Emissionshandel auf der ersten Handelsstufe simulieren.

Funktionsvoraussetzung solcher Modelle der Einbeziehung in den THG-Handel ist eine realitätsnahe Abbildung der Treibhausgasbilanz verschiedener energetischer Verwendungen von Biomasse. Notwendig ist eine Erweiterung der Bilanzierung um die Betrachtung von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, um zumindest die bei der Herstellung der Bioenergie relevanten Emissionen an Methan und Lachgas einzubeziehen. Auch sollte der gesamte Produktionspfad der Biomasse, insbesondere bei Biokraftstoffen von eventuellen Landnutzungsänderungen über den Anbau, die Verarbeitung bis zum Verbrauch in den betreffenden Motorentypen betrachtet werden.





## Literaturverzeichnis

### Einleitung

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Geneva: IPCC.

### Kapitel 2

Arnold, K., Rahmesohl, S., Grube, T., Menzer, R., Peters, R. (2006): Strategische Bewertung der Perspektiven synthetischer Kraftstoffe auf der Basis fester Biomasse in NRW. Endbericht. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

BfN (Bundesamt für Naturschutz) (2006): Zum Stand der Umsetzung von Natura 2000 in Deutschland. Bonn: BfN. [http://www.bfn.de/0316\\_ggebiete.html](http://www.bfn.de/0316_ggebiete.html) (16. Januar 2007).

BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2007): Agrarpolitische Bericht der Bundesregierung 2007. Berlin: BMELV.

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2007a): Entwicklung der erneuerbaren Energien im Jahr 2006 in Deutschland. Berlin: BMU. [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund\\_zahlen2006.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_zahlen2006.pdf).

BMU (2007b): Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung. Stand: Januar 2007, Internet-Update. Berlin: BMU. [http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare\\_energien/downloads/application/pdf/broschuere\\_ee\\_zahlen.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen.pdf).

BMU (2007c): Klimaagenda 2020: Klimapolitik der Bundesregierung nach den Beschlüssen des Europäischen Rates. Klimaschutz bedeutet Umbau der Industriegesellschaft. Bundesumweltminister Sigmar Gabriel, Regierungserklärung, 26. April 2007, Deutscher Bundestag. Berlin: BMU. [http://www.bmu.de/reden/bundesumweltminister\\_sigmar\\_gabriel/doc/39239.php](http://www.bmu.de/reden/bundesumweltminister_sigmar_gabriel/doc/39239.php).

BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) (2007): Energiedaten – Nationale und internationale Entwicklung. Gesamtausgabe. Berlin: BMWi. <http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/energiestatistiken.html>.

CARMEN (Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.) (2004): Jahrbuch 2004/2005 Nachwachsende Rohstoffe – Wirtschaftsfaktor Biomasse. Straubing: CARMEN.

Dam, J. v., Faaij, A. P. C., Lewandowski, I., Fischer, G. (2007): Biomass production potentials in Central and Eastern Europe under different scenarios. Biomass and Bioenergy 31 (6), S. 345–366.

DENA (Deutsche Energie-Agentur) (2006): Biomass to Liquid – BtL Realisierungsstudie. Zusammenfassung. Berlin: DENA. <http://www.dena.de/de/themen/thema-mobil/publikationen/publikation/btl-realisierungsstudie/>.

EEA (European Environment Agency) (2006): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. EEA Report 7/2006.

EWI (Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln), Prognos AG (2006): Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und -nachfrage. Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognose 2030. Basel: Prognos AG.

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (2006a): Biokraftstoffe – eine vergleichende Analyse. Gülzow: FNR. [http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/pdf\\_236biokraftstoff-vergleich2006.pdf](http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/pdf_236biokraftstoff-vergleich2006.pdf).

FNR (2006b): Nachwachsende Rohstoffe – alter Hut auf neuen Köpfen. Gülzow: FNR. [http://www.fnr-server.de/cms35/Nachwachsende\\_Rohstoff.60.0.html](http://www.fnr-server.de/cms35/Nachwachsende_Rohstoff.60.0.html) (6. Dezember 2006).

FNR (2006c): Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie. Gülzow: FNR. [http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/pdf\\_228nr\\_industrie\\_2006.pdf](http://www.fnr-server.de/pdf/literatur/pdf_228nr_industrie_2006.pdf).

FNR (2005a): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Gülzow: FNR.

FNR (2005b): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow: FNR.

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., Bemann, U., Groß, B., Heib, M., Ziegler, C., Flake, M., Schmehl, M., Simon, S. (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Darmstadt: Öko-Institut.

Hirth, T. (2004): Forum 2: Potenziale der einzelnen Bereiche. Beitrag. In: Bündnis 90/Die Grünen (Hrsg.): Konferenz „Weg vom Erdöl – hin zu nachwachsenden Rohstoffen“. Berlin: Bündnis 90/Die Grünen, S. 24–25.

Igelspacher, R., Antoni, D., Kroner, T., Schwarz, W. H., Precht, S., Schieder, D., Faulstich, M. (2006): Bioethanolproduktion aus Lignocellulose. Stand der Technik und Perspektiven. BWK 58 (3), S. 50–54.

- Ingram, L. O., Aldrich, H. C., Borges, A. C., Causey, T. B., Martinez, A., Morales, F., Saleh, A., Underwood, S. A., Yomano, L. P., York, S. W., Zaldivar, J., Zhou, S. (1999): Enteric bacterial catalysts for fuel ethanol production. *Biotechnology Progress* 15 (5), S. 855–866.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. Geneva: IPCC.
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H. (Hrsg.) (2002): *Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien*. 2. Auflage. Münster: Landwirtschaftsverlag. Schriftenreihe *Nachwachsende Rohstoffe* 3.
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H. (Hrsg.) (2001): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Berlin: Springer.
- Kamm, B., Gruber, P. A., Kamm, M. (Hrsg.) (2006): *Bio-refineries – Industrial Processes and Products. Status Quo and Future Directions. Volume 1*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Kavalov, B., Peteves, S. D. (2005): *Status and Perspectives of Biomass-to-Liquid Fuels in the European Union*. Petten: European Commission, Institute for Energy.
- Keymer, U., Reinhold, G. (2006): Grundsätze bei der Projektplanung. In: Fachagentur *Nachwachsende Rohstoffe* (Hrsg.): *Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung*. 3. Auflage. Gülzow: FNR, S. 182–209.
- Knappe, F., Böß, A., Fehrenbach, H., Giegrich, J., Vogt, R., Dehoust, G., Schüler, D., Wiegmann, K., Fritsche, U. (2007): *Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle*. Berlin: Umweltbundesamt. UBA-Texte 04/07.
- Köppel, J., Peters, W., Schultze, C. (2004): Integration naturschutzfachlicher Ziele in Szenarien und Modelle zur energetischen Nutzung von Biomasse. *Kurzgutachten zum Umfang der Flächenrestriktionen der energetischen Biomassennutzung durch Naturschutz. Anhangband zum Endbericht Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse*. Berlin: BMU.
- Leible, L., Arlt, A., Fürniß, B., Kälber, S., Kappler, G., Lange, S., Nieke, E., Rösch, C., Wintzer, D. (2003): *Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Bereitstellung und energetische Nutzung organischer Rest- und Abfallstoffe sowie Nebenprodukte als Einkommensalternative für die Land- und Forstwirtschaft. Möglichkeiten, Chancen und Ziele*. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe. Wissenschaftliche Berichte 6882.
- LfU (Bayerische Landesanstalt für Umweltschutz) (2004): *Biogashandbuch Bayern – Materialienband*. Augsburg: LfU.
- Mantau, U., Sörgel, C. (2006): *Energieholzverwendung in privaten Haushalten. Marktvolumen und verwendete Holzsortimente – Zwischenbericht vom 6. Juli 2006*. Hamburg: Universität Hamburg.
- Menrad, K. (2006): *Stoffliche Nutzung Nachwachsender Rohstoffe – Markt und Verbraucherakzeptanz*. In: Centrales *Agrar-Rohstoff-Marketing und Entwicklungs-Netzwerk* (Hrsg.): *Nachwachsende Rohstoffe – unendlich endlich*. Straubing: CARMEN, S. 77–86.
- Nitsch, J. (2007): *Leitstudie 2007. Ausbaustrategie Erneuerbare Energien. Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050*. Berlin: BMU.
- Nitsch, J., Krewitt, W., Nast, M., Viebahn, P., Gärtner, S., Pehnt, M., Reinhardt, G., Schmidt, R., Uihlein, A., Scheurlen, K., Barthel, C., Fishedick, M., Merten, F. (2004): *Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, FKZ 901 41 803*. Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal: DLR, IFEU, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie.
- Quicker, P., Mockler, M., Faulstich, M. (2004): *Energie aus Klärschlamm*. In: Faulstich, M. (Hrsg.): *Verfahren und Werkstoffe für die Energietechnik*. Bd. 1: *Energie aus Biomasse und Abfall*. Sulzbach-Rosenberg: Förster, S. 53–76.
- Raths, U., Balzer, S., Ersfeld, M., Euler, U. (2006): *Deutsche Natura-2000-Gebiete in Zahlen. Natur und Landschaft* 81 (2), S. 68–80.
- Reinhardt, G., Gärtner, S., Patyk, A., Rettenmaier, N. (2006): *Ökobilanzen zu BtL: Eine ökologische Einschätzung*. Heidelberg: IFEU.
- Reinhardt, G. A., Gärtner, S. O. (2005): *Biokraftstoffe made in Germany: Wo liegen die Grenzen? Natur und Landschaft* 80 (9), S. 400–402.
- Rothermel, J. (2006): *Nachwachsende Rohstoffe – Daten zum Hintergrund*. Frankfurt a. M.: Verband der Chemischen Industrie.
- Schindler, J., Weindorf, W. (2006): *Einordnung und Vergleich biogener Kraftstoffe – „Well-to-Wheel“-Betrachtungen. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 15 (1), S. 50–60.
- Schmitz, N. (Hrsg.) (2005): *Innovationen bei der Bioethanolerzeugung und ihre Auswirkungen auf Energie- und Treibhausgasbilanzen. Neue Verfahren, Optimierungspotenziale, internationale Erfahrungen und Marktentwicklungen*. Münster: Landwirtschaftsverlag. Schriftenreihe *Nachwachsende Rohstoffe* 26.
- Schütte, A. (2006): Interview. „BtL: Biokraftstoff der Zukunft“. Gülzow: Fachagentur *Nachwachsende Rohstoffe*. [http://www.fnr.de/cms35/fileadmin/fnr/images/aktuelles/medien/BtL/BtL\\_Interview\\_Schuette.pdf](http://www.fnr.de/cms35/fileadmin/fnr/images/aktuelles/medien/BtL/BtL_Interview_Schuette.pdf).
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2002): *Für eine Stärkung und Neuorientierung des Naturschutzes. Sondergutachten*. Stuttgart: Metzler-Poeschel.

Thrän, D., Weber, M., Scheuermann, A., Fröhlich, N., Zeddies, J., Henze, A., Thoroe, C., Schweinle, J., Fritsche, U., Jenseit, W., Rausch, L., Schmidt, K. (2005): Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern. Leipzig: Institut für Energietechnik und Umwelt.

Wagner, U., Igelspacher, R. (2003): Ganzheitliche Systemanalyse zur Erzeugung und Anwendung von Bioethanol im Verkehrssektor. München: TU München, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik.

Wyman, C. E. (2001): Twenty Years of Trials, Tribulations and Research Progress in Bioethanol Technology. Selected Key Events Along the Way. Applied Biochemistry and Biotechnology 91 (1–3), S. 5–21.

### Kapitel 3

Arnold, K., Rahmesohl, S., Grube, T., Menzer, R., Peters, R. (2006): Strategische Bewertung der Perspektiven synthetischer Kraftstoffe auf der Basis fester Biomasse in NRW. Endbericht. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

Azar, C., Larson, E. D. (2000): Bioenergy and land-use competition in Northeast Brazil. Energy for Sustainable Development 4 (3), S. 64–71.

Bahrs, E., Held, J.-H. (2007): Steigende Nachfrage auf den Energie- und Agrarrohstoffmärkten – Konsequenzen für die niedersächsische Landwirtschaft, die Bodenmärkte und die Agrarpolitik. Göttingen: Georg-August-Universität, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung.

Bassam, N. el (1998): Energy plant species. Their use and impact on environment and development. London: James & James.

Becker, A. (2005): Integrierte partizipations- und modellgestützte Wasserbewirtschaftung im Spree/Havelgebiet. In: Wechsung, F., Becker, A., Gräfe, P. (Hrsg.): Auswirkungen des globalen Wandels auf Wasser, Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet. Berlin: Weißensee-Verlag. Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft 6, S. 231–234.

Bergsma, G., Kampman, B., Croezen, H., Sevenster, M. (2007): Biofuels and their global influence on land availability for agriculture and nature. A first evaluation and a proposal for further fact finding. Delft: CE Delft.

BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2006a): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2006. Berlin: BMELV.

BMELV (2006b): Nationaler Strategieplan der Bundesrepublik Deutschland für die Entwicklung ländlicher Räume 2007–2013. Berlin: BMELV.

BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2006): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte. Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Berlin: BMU.

BMU (2004): Bericht der Bundesrepublik Deutschland gemäß Artikel 10 der Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. Berlin: BMU. [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nitratbericht\\_2004.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nitratbericht_2004.pdf).

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (2005): Agrobiodiversität erhalten, Potenziale erschließen und nachhaltig nutzen. Eine Strategie des BMVEL für die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt für die Ernährung, Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft. Erscheinungsdatum: 30. September 2005. Berlin.

CONCAWE, EUCAR (European Council for Automotive R&D), European Commission – Joint Research Centre (2006): Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. JRC. Well-to-wheels report Version 2b.

CONCAWE, EUCAR (European Council for Automotive R&D), European Commission – Joint Research Centre (2004): Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Powertrains in the European Context. Ispra: JRC. Well-to-Wheels Report Version 1b.

Deutsches Maiskomitee (2007): Maisanbaufläche in Deutschland in ha, 2005 und 2006 (endgültig) nach Bundesländern und Nutzungsrichtung in ha. Bonn: DMK. [http://www.maiskomitee.de/dmk\\_download/fb\\_fakten/dateien\\_pdf/flaeche\\_05-06\\_endgueltig.pdf](http://www.maiskomitee.de/dmk_download/fb_fakten/dateien_pdf/flaeche_05-06_endgueltig.pdf).

DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) e. V., Umweltstiftung WWF Deutschland (2006): Nachhaltiger Anbau und energetische Verwertung von Biomasse. Frankfurt a. M.: DLG. [http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf\\_neu/Nachhaltiger\\_Anbau\\_und\\_energetische\\_Verwertung\\_von\\_Biomasse\\_WWF-Flyer.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/Nachhaltiger_Anbau_und_energetische_Verwertung_von_Biomasse_WWF-Flyer.pdf).

DVL (Deutscher Verband für Landschaftspflege), NABU (Naturschutzbund Deutschland) (2007): Biogas aus Sicht des Umwelt- und Naturschutzes. Ansbach, Berlin: DVL, NABU. [http://www.lpv.de/fileadmin/user\\_upload/data\\_files/Publikationen/biogas\\_fact-sheet.pdf](http://www.lpv.de/fileadmin/user_upload/data_files/Publikationen/biogas_fact-sheet.pdf).

EEA (European Environment Agency) (2006): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. EEA Report 7/2006.

Europäische Kommission (2005): Biomass action plan. COM(2005) 628 final. Brüssel: Europäische Kommission.

FAL (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft) (2004): Jahresbericht 2003. Braunschweig: FAL.

FAO (Food and Agriculture Organization) (2006): The state of food insecurity in the world. Rom: FAO.

- Feehan, J., Petersen, J.-E. (2004): A framework for evaluating the environmental impact of biofuel use. In: OECD (Hrsg.): Biomass and agriculture. Sustainability, markets and policies. Paris: OECD, S. 151–168.
- Fritsche, U. R. (2003): Energiebilanzen und Treibhausgas-Emissionen für fossile Brennstoffketten und Stromerzeugungsprozesse in Deutschland für die Jahre 2000 und 2020. Bericht für den Rat für Nachhaltige Entwicklung. Darmstadt: Öko-Institut.
- Fritsche, U. R., Hünecke, K., Hermann, A., Schulze, F., Wiegmann, K. (2006): Sustainability Standards for Bioenergy. Frankfurt a. M.: WWF Germany. [http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf\\_neu/Sustainability\\_Standards\\_for\\_Bioenergy.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/Sustainability_Standards_for_Bioenergy.pdf) (21. März 2007).
- FVS (ForschungsVerbund Sonnenenergie) (2007): Forschungsstrategie für Biomasse. Berlin: FVS. [http://www.fv-sonnenenergie.de/fileadmin/fvsonne/politik/stellungnahmen/07.02.stellungnahme\\_biomasseforschung.pdf](http://www.fv-sonnenenergie.de/fileadmin/fvsonne/politik/stellungnahmen/07.02.stellungnahme_biomasseforschung.pdf).
- Glastra, R., Wakker, E., Richert, W. (2002): Kahlschlag zum Frühstück. Palmöl-Produkte und die Zerstörung indonesischer Wälder: Zusammenhänge, Ursachen und Konsequenzen. Frankfurt a. M.: WWF Deutschland.
- Graß, R., Scheffer, K. (2005): Alternative Anbaumethoden: Das Zweikulturnutzungssystem. Natur und Landschaft 80 (9/10), S. 435–439.
- Graß, R., Scheffer, K. (2003): Kombierter Anbau von Energie- und Futterpflanzen im Rahmen eines Fruchtfolgegliedes – Beispiel Direkt- und Spätsaat von Silomais nach Wintererbsenvorfrucht. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 15, S. 106–109.
- Grünwald, U. (2005): Probleme der integrierten Wasserbewirtschaftung im Spree-Havel-Gebiet im Kontext des globalen Wandels. In: Wechsung, F., Becker, A., Gräfe, P. (Hrsg.): Auswirkungen des globalen Wandels auf Wasser, Umwelt und Gesellschaft im Elbegebiet. Berlin: Weißensee-Verlag. Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft 6, S. 209–218.
- Hering, T. (2006): Themenfeld „Thermische Verwertung“. Aktueller Stand zur Getreideverbrennung. Vortrag, 3. Mitteldeutscher Bioenergietag, „Festbrennstoffe in und aus der Landwirtschaft“, 25. September 2006, Bernburg.
- Herrmann, A., Taube, F. (2006): Die energetische Nutzung von Mais in Biogasanlagen – Hinkt die Forschung der Praxis hinterher? Berichte über Landwirtschaft 84, S. 165–197.
- IBS (Institut für Bodenkunde und Standortslehre), ILB (Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre) (o. J.): Maßnahmen zur Speicherung von CO<sub>2</sub> in Böden durch landwirtschaftliche Nutzungsänderung. Ergebnisse. Stuttgart: Universität Hohenheim. [http://www.uni-hohenheim.de/soils/ibs/cosebo/ibscprojekt/ibs\\_cprojekt/ergebnisse.html](http://www.uni-hohenheim.de/soils/ibs/cosebo/ibscprojekt/ibs_cprojekt/ergebnisse.html) (3. Mai 2007).
- Isermeyer, F., Zimmer, Y. (2006): Thesen zur Bioenergiepolitik in Deutschland. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft. Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie 02/2006.
- Janssens, I. A., Freibauer, A., Schlamadinger, B., Ceulemans, R., Ciais, P., Dolman, A. J., Heimann, M., Nabuurs, G. J., Smith, P., Valentini, R., Schulze, E. D. (2005): The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale – a European case study. Biogeosciences 2005 (2), S. 15–26.
- Kainz, M. (2006): Energiepflanzenfolgen im ökologischen Landbau. Vortrag, KTBL-Fachgespräch, 5./6. April 2006, Braunschweig.
- Kaltschmitt, M., Hartmann, H. (Hrsg.) (2002): Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien. 2. Auflage. Münster: Landwirtschaftsverlag. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe 3.
- K.E.R.N. e.V. (2006): Region 21 – Nutzung von Biomasse in der K.E.R.N.-Region (Kiel, Eckernförde, Rendsburg, Neumünster). Rendsburg: K.E.R.N.
- Klobasa, M., Ragwitz, M. (2005): Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien. Karlsruhe: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung.
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2007): Winteraps – Frühzeitig und bedarfsgerecht mit Nährstoffen versorgen. Oldenburg: Landwirtschaftskammer Niedersachsen. <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/pflanze/nav/341/article/8144.html> (2. März 2007).
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2007): Agrarmärkte 2006. Freising: LfL.
- Lindenau, G. (2002): Die Entwicklung der Agrarlandschaften in Südbayern und ihre Beurteilung durch die Bevölkerung. Berlin: Land.
- LVLf (Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung) (2004): Einsatz und Effektivität der Mineraldüngung im Land Brandenburg. Frankfurt (Oder): LVLf. <http://www.mluf.brandenburg.de/cms/detail.php/5lbn1.c.107907.de> (28. Februar 2007).
- MELFF (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei) (2004): Erntebericht 2004. Schwerin: MELFF.
- NABU (Naturschutzbund Deutschland e.V.) (2007): Grünlandumbruch und Maisanbau in Natura 2000-Gebieten: Ein Fallbeispiel aus der Eifel. Berlin: NABU.
- Nitsch, J. (2007): Leitstudie 2007. Ausbaustrategie Erneuerbare Energien. Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050. Berlin: BMU.
- Nitsch, J., Krewitt, W., Nast, M., Viebahn, P., Gärtner, S., Pehnt, M., Reinhardt, G., Schmidt, R., Uihlein, A., Scheurlen, K., Barthel, C., Fishedick, M., Merten, F. (2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, FKZ 901 41 803. Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal: DLR, IFEU, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie.

- Nussbaumer, T. (2006): Holzenergie ja, aber wie: für Wärme, Strom oder Treibstoff? HK-Gebäudetechnik 2006 (3), S. 30–36.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), FAO (Food and Agriculture Organization) (2006): OECD-FAO Agricultural Outlook 2006–2015. Paris: OECD.
- Prochnow, A., Heiermann, M., Drenkhan, A., Schelle, H. (2007): Biomethanisierung von Landschaftspflegeaufwuchs. Jahresverlauf der Biogaserträge. Naturschutz und Landschaftsplanung 39 (1), S. 19–24.
- Project Group Sustainable Production of Biomass (2006): Final Report of the Project Group 'Sustainable Production of Biomass'. Sitaard: Energy Transition Task Force. [http://www.senternovem.nl/mmfiles/Criteria\\_voor\\_duurzame\\_biomassa\\_productie\\_Eindrapport\\_Engelse\\_versie\\_tcm24-205854.pdf](http://www.senternovem.nl/mmfiles/Criteria_voor_duurzame_biomassa_productie_Eindrapport_Engelse_versie_tcm24-205854.pdf) (3. April 2007).
- Quirin, M., Gärtner, S. O., Pehnt, M., Reinhardt, G. A. (2004): CO<sub>2</sub>-neutrale Wege zukünftiger Mobilität durch Biokraftstoffe. Eine Bestandsaufnahme. Abschlussbericht. Heidelberg: IFEU.
- Ramesohl, S., Arnold, K., Kaltschmitt, M., Scholwin, F., Hofmann, F., Plättner, A., Kalies, M., Lulies, S., Schröder, G., Althaus, W., Urban, W., Burmeister, F. (2006): Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse. Untersuchung im Auftrag von BGW und DVGW. Bd. 1: Gesamtergebnisse und Schlussfolgerungen. Wuppertal: Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- Reinhardt, G., Gärtner, S., Patyk, A., Rettenmaier, N. (2006): Ökobilanzen zu BTL: Eine ökologische Einschätzung. Heidelberg: IFEU.
- Reinhardt, G., Rettenmaier, N., Gärtner, S., Pastowski, A. (2007): Regenwald für Biodiesel? Ökologische Auswirkungen der energetischen Nutzung von Palmöl. Frankfurt a. M.: WWF Deutschland.
- Rode, M., Schneider, C., Ketelhake, G., Reißhauer, D. (2005): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. Bonn: BfN. BfN-Skripten 136.
- Roßberg, D., Gutsche, V., Enzian, S., Wick, M. (2002): NEPTUN 2000 – Erhebung von Daten zum tatsächlichen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel im Ackerbau Deutschlands. Braunschweig: BBA. Berichte aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 98.
- Splechtna, B., Glatzel, G. (2005): Optionen der Bereitstellung von Biomasse aus Wäldern und Energieholzplantagen für die energetische Nutzung. Berlin: Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften. Materialien 1.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2004): Umweltgutachten 2004. Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Baden-Baden: Nomos.
- Statistisches Bundesamt (2006): Preise und Preisindizes für gewerbliche Produkte (Erzeugerpreise). Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.
- UBA (Umweltbundesamt) (2006): Die Nebenwirkungen der Behaglichkeit: Feinstaub aus Kamin und Holzofen. Dessau: UBA. Hintergrundpapier. <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/holzfeuerung.pdf>.
- UBA (2000): Hintergrundpapier „Handreichung Bewertung in Ökobilanzen“. Berlin: UBA.
- UFOP (Union zur Förderung von Energie- und Proteinpflanzen e. V.) (2006): Biodiesel und pflanzliche Öle als Kraftstoffe – aus der Nische in den Kraftstoffmarkt. Stand und Entwicklungsperspektiven. Berlin: UFOP.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) – Secretariat (2006): Background paper for the workshop on reducing emissions from deforestation in developing countries. Part 1 – Scientific, socio-economic, technical and methodological issues related to deforestation in developing countries. Workshop on reducing emissions from deforestation in developing countries, 30 August – 1 September 2006, Rome, Italy.
- Vetter, A. (2001): Qualitätsanforderungen an halmgutartige Bioenergieträger hinsichtlich der energetischen Verwertung. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): Energetische Nutzung von Stroh, Ganzpflanzengetreide und weiterer halmgutartiger Biomasse. Stand der Technik und Perspektiven für den ländlichen Raum. Gülzow: FNR. Gülzower Fachgespräche 17, S. 36–50.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2005): Welt im Wandel. Armutsbekämpfung durch Umweltpolitik. Berlin: Springer.
- Weiss, V. (2001): Derzeitige und künftig zu erwartende emissionsbegrenzende Anforderungen der TA Luft an Feuerungsanlagen für Stroh oder ähnliche pflanzliche Stoffe. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): Energetische Nutzung von Stroh, Ganzpflanzengetreide und weiterer halmgutartiger Biomasse. Stand der Technik und Perspektiven für den ländlichen Raum. Gülzow: FNR. Gülzower Fachgespräche 17, S. 17–35.
- Wilfert, R., Nill, M., Schattauer, A. (2004): Biogasgewinnung aus Gülle, organischen Abfällen und aus angebauter Biomasse. Eine technische, ökologische und Ökonomische Analyse. DBU Projekt 15071. Leipzig: Institut für Energetik und Umwelt.
- Winkelmann, I. (2006): Kurzumtriebsplantagen aus naturschutzfachlicher Sicht. Entwicklung einer Bewertungsmethodik für die Auswirkungen von Kurzumtriebsplantagen auf Natur und Landschaft und Ableitung von Handlungsempfehlungen. Hannover, Leibniz Universität, Diplomarbeit.
- Wolters, D. (1999): Bioenergie aus ökologischem Landbau. Möglichkeiten und Potentiale. Wuppertal: Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal Papers 91.

## Kapitel 4

BBA (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft) (2004): Integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau – ein Leitfaden für Landwirte. Braunschweig: BBA. [http://www.bba.bund.de/cln\\_045/nn\\_807132/DE/Home/pflanzen\\_schuetzen/integriert/getlaus/leitfaden\\_node.html\\_\\_nnn=true](http://www.bba.bund.de/cln_045/nn_807132/DE/Home/pflanzen_schuetzen/integriert/getlaus/leitfaden_node.html__nnn=true) (11. Mai 2007).

Benz, A., Koch, H.-J., Suck, A., Fizek, A. (2007): F+E-Vorhaben „Naturschutz unter sich verändernden gesellschaftlichen Rahmenbedingungen“. FKZ 805 81 012. Abschlussbericht. Hagen, Hamburg: FernUniversität in Hagen, Universität Hamburg.

Bergsma, G., Kampman, B., Croezen, H., Sevenster, M. (2007): Biofuels and their global influence on land availability for agriculture and nature. A first evaluation and a proposal for further fact finding. Delft: CE Delft.

BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2006a): Die EU-Agrarreform – Umsetzung in Deutschland. Berlin: BMELV. [http://www.bmelv.de/cln\\_045/nn\\_750582/SharedDocs/downloads/01-Broschueren/eu-agrarreform2006,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/eu-agrarreform2006.pdf](http://www.bmelv.de/cln_045/nn_750582/SharedDocs/downloads/01-Broschueren/eu-agrarreform2006,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/eu-agrarreform2006.pdf) (14. Mai 2007).

BMELV (2006b): Nationaler Strategieplan der Bundesrepublik Deutschland für die Entwicklung ländlicher Räume 2007–2013. Berlin: BMELV.

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz Ernährung und Landwirtschaft) (2005): Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz. Text gemäß Bekanntmachung vom 9. Februar 2005 im Bundesanzeiger Nr. 58a vom 24. März 2005. Berlin: BMVEL. <http://www.bmelv.de>.

Choudhury, K., Dziedzioch, C., Häusler, A., Ploetz, C. (2004): Integration of Biodiversity Concerns in Climate Change Mitigation Activities. A Toolkit. Berlin: Umweltbundesamt.

Dam, J. v., Junginger, M., Faaij, A., Jürgens, I., Best, G., Fritsche, U. (2006): Overview of recent developments in sustainable biomass certification. Paris: IEA. <http://www.bioenergytrade.org/downloads/ieatask40certificationpaperdraftforcomments22.pdf>.

DRL (Deutscher Rat für Landespflege) (2006): Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft. Bonn: DRL. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege 79.

EEA (European Environment Agency) (2006): Progress towards halting the loss of biodiversity by 2010. Copenhagen: EEA. EEA Report 5/2006.

Ernst, W., Zinkahn, W., Bielenberg, W., Krautzberger, M. (2007): Baugesetzbuch. Kommentar. Bd. 1. Loseblatt-Ausgabe, Lfg. 82. Stand: 1. Dezember 2006. München: Beck.

Europäische Kommission (2007a): Bericht der Kommission an den Rat über die Anwendung der Regelung für

die Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen (Cross-Compliance). KOM(2007) 147 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2007b): Biofuel issues in the new legislation on the promotion of renewable energy. Public consultation exercise, April-May 2007. Brüssel: Europäische Kommission. [http://ec.europa.eu/energy/res/consultation/doc/2007\\_06\\_04\\_biofuels/2007\\_06\\_04\\_public\\_consultation\\_biofuels\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/res/consultation/doc/2007_06_04_biofuels/2007_06_04_public_consultation_biofuels_en.pdf) (15. Mai 2007).

Europäische Kommission (2006): Mitteilung der Kommission. Eine EU-Strategie für Biokraftstoffe. KOM(2006) 34 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2005): Mitteilung der Kommission an den Rat und das europäische Parlament. Aktionsplan für Biomasse. KOM(2005) 628 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäisches Parlament (2006): Entschließung des Europäischen Parlaments zu der Strategie für Biomasse und Biokraftstoffe. P6\_TA-PROV(2006)0604. Brüssel: Europäisches Parlament. <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2006-0604+0+DOC+XML+V0//DE&language=DE>.

FAO (Food and Agriculture Organization) (2007): State of the World's Forests 2007. Rom: FAO.

FAO (2001): The state of food insecurity in the world 2001. Food Insecurity: When People live with hunger and fear starvation. Rom: FAO. <http://www.fao.org/DOCREP/003/Y1500E/Y1500E00.HTM> (8. Mai 2007).

Fritsche, U. R., Hünecke, K., Hermann, A., Schulze, F., Wiegmann, K., Adolphe, M. (2006): Sustainability Standards for Bioenergy. Frankfurt a. M.: WWF Germany.

FSC (Forest Stewardship Council) (2004): FSC Principles and Criteria for Forest Stewardship. Bonn: FSC. <http://www.fsc.org/plantations/docs/FSC-STD-01-001%20FSC%20Principles%20and%20Criteria%20for%20Forest%20Stewardship%202004-04.pdf> (28. Februar 2007).

Härdtlein, M. (2000): Ansatz zur Ermittlung und Operationalisierung einer nachhaltigen Produktion und Nutzung von Energiepflanzen. In: Härdtlein, M., Kaltschmitt, M., Lewandowski, I. (Hrsg.): Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft. Landwirtschaft im Spannungsfeld zwischen Ökologie, Ökonomie und Sozialwissenschaften. Berlin: Erich Schmidt, S. 109–131.

Hastedt, H. (1991): Aufklärung und Technik. Grundprobleme einer Ethik der Technik. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

Hendrichke, O. (2002): Landwirtschaft im Bauplanungsrecht. Rahmenbedingungen landwirtschaftlicher und alternativer Landnutzung unter besonderer Berücksichtigung des Außenbereichs. Baden-Baden: Nomos.

Henrich, K. (2003): Biodiversitätsvernichtung. Ökologisch-ökonomische Ursachenanalysen, kausalitätstheoretische Grundlagen und evolutionäre Eskalationsdynamik. Marburg: Metropolis. Ökologie und Wirtschaftsforschung 50.

- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., Page, S. (2006): PEAT-CO<sub>2</sub>: Assessment of CO<sub>2</sub> emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft: Delft Hydraulics. Report Q3943.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Geneva: IPCC.
- Isermeyer, F., Zimmer, Y. (2006): Thesen zur Bioenergie-Politik in Deutschland. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft. Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie 02/2006.
- Kluttig, B. (2003): Welthandelsrecht und Umweltschutz – Kohärenz statt Konkurrenz. Halle: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Wirtschaftsrecht. Arbeitspapiere aus dem Institut für Wirtschaftsrecht 12. <http://www.wirtschaftsrecht.uni-halle.de/Heft12.pdf> (29. Mai 2007).
- Koch, H.-J., Hendler, R. (2004): Baurecht, Raumordnungs- und Landesplanungsrecht. 4. Auflage. Stuttgart: Boorberg.
- Koch, K. (2004): Handelspräferenzen der Europäischen Gemeinschaft für Entwicklungsländer. Typologie, Konditionierungen, WTO-Konformität. Frankfurt a. M.: Peter Lang. Europäische Integration und internationale Wirtschaftsbeziehungen 10.
- Kotynek, M. (2007): Der Baum des Anstoßes. München: Sueddeutsche.de. <http://www.sueddeutsche.de/wissen/artikel/649/108541/>.
- Krohn, S. N. (2002): Die Bewahrung tropischer Regenwälder durch völkerrechtliche Kooperationsmechanismen. Möglichkeiten und Grenzen der Ausgestaltung eines Rechtsregimes zur Erhaltung von Waldökosystemen, dargestellt am Beispiel tropischer Regenwälder. Berlin: Duncker & Humblot.
- Maier, J. (2006): Energie aus Biomasse – Konkurrenz zur Nahrungsproduktion? Entwicklung und ländlicher Raum 40 (6), S. 10–11.
- Meó Consulting (2007): Certification of biomass and biomass conversion to biofuels (-energy). Documentation of 3rd Meó Workshop. Cologne, February 23, 2007. Köln: Méo Consulting.
- Möckel, S. (2007): Umweltabgaben auf Dünge- und Pflanzenschutzmittel. Zeitschrift für Umweltrecht 18 (4), S. 176–182.
- Oppermann, R., Kupper, R., Drebitz, C. (2005): Integrierter Pflanzenschutz. Situation und Handlungsempfehlungen im Hinblick auf die biologische Vielfalt. Berlin: NABU. <http://www.glus.org/download/Ip-Studi.pdf> (10. Mai 2007).
- Ott, K. (2005): Technikethik. In: Nida-Rümelin, J. (Hrsg.): Angewandte Ethik. Stuttgart: Kröner, S. 568–647.
- Ott, K., Döring, R. (2004): Theorie und Praxis starker Nachhaltigkeit. Marburg: Metropolis-Verlag.
- Project Group Sustainable Production of Biomass (2006): Final Report of the Project Group 'Sustainable Production of Biomass'. Sitaard: Energy Transition Task Force. [http://www.senternovem.nl/mmfiles/Criteria\\_voor\\_duurzame\\_biomassa\\_productie\\_Eindrapport\\_Engelse\\_versie\\_tcm24-205854.pdf](http://www.senternovem.nl/mmfiles/Criteria_voor_duurzame_biomassa_productie_Eindrapport_Engelse_versie_tcm24-205854.pdf) (3. April 2007).
- Rat der Europäischen Union (2007): Europäischer Rat. 8./9. März 2007. Schlussfolgerungen des Vorsitzes. Brüssel: Rat der Europäischen Union. [http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms\\_Data/docs/pressData/de/ec/93139.pdf](http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/de/ec/93139.pdf) (15. März 2007).
- Reid, W. V., Mooney, H. A., Cropper, A., Capistrano, D., Carpenter, S. R., Chopra, K., Dasgupta, P., Dietz, T., Duraipah, A. K., Hassan, R., Kaspersen, R., Leemans, R., May, R. M., McMichael, T. A. J., Pingali, P., Samper, C., Scholes, R., Watson, R. T., Zakri, A. H., Shidong, Z., Ash, N. J., Bennett, E., Kumar, P., Lee, M. J., Raudsepp-Hearne, C., Simons, H., Thonell, J., Zurek, M. B. (2005): Ecosystems and Human Wellbeing. Synthesis. A Report of the Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC: Island Press.
- Reinhardt, G., Rettenmaier, N., Gärnter, S., Pastowski, A. (2007): Regenwald für Biodiesel? Ökologische Auswirkungen der energetischen Nutzung von Palmöl. Frankfurt a. M.: WWF Deutschland.
- Reinhardt, G., Scheurlen, K., Gärtner, S. (2005): Nachhaltige Biomassepotenziale in Baden-Württemberg. Kurzugutachten. Heidelberg: ifeu.
- Ropohl, G. (1996): Ethik und Technikbewertung. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Sampson, G. P. (2005): The WTO and Sustainable Development. Tokio: United Nations University Press.
- Schleswig-Holsteinischer Landtag (2007): Bericht und Beschlussempfehlung des Umwelt- und Agrarausschusses. b) Entwurf eines Gesetzes zum Schutz der Natur – Landesnaturschutzgesetz – und zur Änderung anderer Vorschriften. Kiel: Schleswig-Holsteinischer Landtag. Drucksache 16/1226.
- Schmidt, R., Kahl, W. (2003): Umweltschutz und Handel. In: Rengeling, H.-W. (Hrsg.): Handbuch zum europäischen und deutschen Umweltrecht. Bd. 2. Köln: Heymanns, S. 1682–1790.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2007): Umweltverwaltungen unter Reformdruck: Herausforderungen, Strategien, Perspektiven. Sondergutachten. Berlin: Erich Schmidt.
- SRU (2005): Umwelt und Straßenverkehr. Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr. Sondergutachten. Baden-Baden: Nomos.
- SRU (2004): Umweltgutachten 2004. Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Baden-Baden: Nomos.
- SRU (2002a): Für eine Stärkung und Neuorientierung des Naturschutzes. Sondergutachten. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- SRU (2002b): Umweltgutachten 2002. Für eine neue Vorreiterrolle. Stuttgart: Metzler-Poeschel.



SRU (2000): Umweltgutachten 2000. Schritte ins nächste Jahrtausend. Stuttgart: Metzler-Poeschel.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenar, T., Castel, V., Rosales, M., Haan, C. d. (2006): Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options. Rom: FAO.

UBA (Umweltbundesamt), IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung) (2007): R+D Project: Criteria for a Sustainable Use of Bioenergy on a Global Scale. 1st Workshop, February 26th 2007, Berlin. Dessau: UBA.

UN-Energy (2007): Sustainable Bioenergy: A Framework for Decision Makers. New York: United Nations. <http://esa.un.org/un-energy/pdf/susdev.Biofuels.FAO.pdf> (15. Mai 2007).

Wakker, E. (2005): Greasy palms. The social and ecological impacts of large-scale oil palm plantation development in Southeast Asia. London: Friends of the Earth. [http://www.foe.co.uk/resource/reports/greasy\\_palms\\_impacts.pdf](http://www.foe.co.uk/resource/reports/greasy_palms_impacts.pdf).

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2005): Welt im Wandel. Armutsbekämpfung durch Umweltpolitik. Berlin: Springer.

## Kapitel 5

Barzantny, K., Sigrid, A., Böhling, A. (2007): Klimaschutz: Plan B. Nationales Energiekonzept bis 2020. Hamburg: Greenpeace.

BMU (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2007): Klimaagenda 2020: Der Umbau der Industriegesellschaft. Berlin: BMU. [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund\\_klimaagenda.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_klimaagenda.pdf) (2. Mai 2007).

BMU (2006): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte. Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Berlin: BMU.

BMU (2004): Mindestvergütungssätze nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vom 21. Juli 2004. Berlin: BMU. [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/verguetungssaeetze\\_nach\\_eeg.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/verguetungssaeetze_nach_eeg.pdf).

BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (2005): Biokraftstoffe. Strategie für Mobilität von morgen. Berlin: BMVEL. <http://www.nova-institut.de/news-images/20050819-01/000C0F38AEBC12DC95BF6521C0A8D816.0.pdf>.

BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie), BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2006): Energieversorgung für Deutschland. Statusbericht für den Energiegipfel am 3. April 2006. Berlin. <http://www.bmwi.de/Redaktion/Inhalte/Pdf/E/energiegipfel-statusbericht,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>.

Bundesregierung (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin: Presse- und Informationsamt der Bundesregierung.

Coelho, S. T. (2005): Biofuels – Advantages and Trade Barriers. Genf: UNCTAD. UNCTAD/DITC/TED/2005/1.

CONCAWE, EUCAR (European Council for Automotive R&D), European Commission – Joint Research Centre (2006): Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Ispra: JRC. Well-to-wheels report Version 2b.

Council of the European Union (2007): Brussels European Council. 8/9 March 2007. Presidency Conclusions. Brüssel: Council of the European Union. [http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms\\_Data/docs/pressData/en/ec/93135.pdf](http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/en/ec/93135.pdf).

Deutscher Bundestag (2006a): Bericht der Bundesregierung über die Entwicklung der Finanzhilfen des Bundes und der Steuervergünstigungen für die Jahre 2003 bis 2006 (20. Subventionsbericht). Berlin: Deutscher Bundestag. Bundestagsdrucksache 16/1020.

Deutscher Bundestag (2006b): Entwurf eines Gesetzes zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundes-Immissionschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften (Biokraftstoffquotengesetz – BioKraftQuG). Berlin: Deutscher Bundestag. Bundestagsdrucksache 16/2709.

Deutscher Bundestag (2005): Unterrichtung durch die Bundesregierung. Bericht zur Steuerbegünstigung für Biokraft- und Bioheizstoffe. Berlin: Deutscher Bundestag. Bundestagsdrucksache 15/5816.

Dufey, A. (2006): Biofuels production, trade and sustainable development: emerging issues. London: International Institute for Environment and Development. Sustainable Markets Discussion Paper 2.

ECMT (European Conference of Ministers of Transport) (2007): Cutting Transport CO<sub>2</sub>-Emissions: What Progress? Paris: OECD.

Erdmenger, C., Lehmann, H., Müschen, K., Tambke, J. (2007): Klimaschutz in Deutschland: 40%-Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020 gegenüber 1990. Dessau: Umweltbundesamt.

Europäische Kommission (2007a): Fahrplan für erneuerbare Energien. Erneuerbare Energien im 21. Jahrhundert: Größere Nachhaltigkeit in der Zukunft. KOM(2006) 848 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2007b): Impact Assessment of a Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council modifying Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels. Commission Staff Working Document. SEC(2007) 55. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2007c): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and the introduction of a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions from the use of road transport fuels and amending Council Directive 1999/32/EC, as regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and repealing Directive 93/12/EEC. COM(2007) 18 final. Brüssel: Europäische Kommission.

- Europäische Kommission, Generaldirektion Landwirtschaft und ländliche Entwicklung (2007): The 2007 Outlook for World Agricultural Commodity Markets. Brüssel: Europäische Kommission. MAP – Monitoring Agriculture Policy 01-07. [http://ec.europa.eu/agriculture/publi/map/01\\_07.pdf](http://ec.europa.eu/agriculture/publi/map/01_07.pdf).
- Europäische Kommission (2006a): Accompanying document to the communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Biofuels Progress Report. Report on the progress made in the use of biofuels and other renewable fuels in the member states of the European Union {COM(2006) 845 final}. Review of economic and environmental data for the biofuels progress report. SEC(2006) 1721/2. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2006b): An EU Strategy for Biofuels. COM(2006) 34 final. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2006c): Report from the Commission to the Council on the review of the energy crops scheme and proposal for a Council Regulation amending and correcting Regulation (EC) No 1782/2003 establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy and establishing certain support schemes for farmers and amending Regulation (C) No 1698/2005 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development. COM(2006) 500 final. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2005a): Annex to the Communication from the Commission. Biomass Action Plan. Impact Assessment. SEC(2005) 1573. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2005b): Biomass action plan. COM(2005) 628 final. Brüssel: Europäische Kommission.
- Europäische Kommission (2005c): The support of electricity from renewable energy sources. COM(2006) 627 final. Brüssel: Europäische Kommission.
- Fritsche, U., Zimmer, W. (2006): Nutzungskonkurrenzen um Biomasse: Methodik, Daten und Schlussfolgerungen. Aktualisiertes Arbeitspapier im Rahmen des vom BMU geförderten Verbundvorhabens RENEWABILITY. Darmstadt: Öko-Institut.
- Fronzel, M., Peters, J. (2007): Biodiesel: A new Oil-dorado? Energy Policy 35 (3), S. 1675–1684.
- Goodwin, P. B. (1998): Introductory Report. In: European Conference of Ministers of Transport (Hrsg.): Infrastructure-induced Mobility. Report of the Hundred and Fifth Round Table on Transport Economics. Paris: ECMT, S. 143–220.
- Henke, J. M. (2005): Biokraftstoffe – Eine weltwirtschaftliche Perspektive. Kiel: Institut für Weltwirtschaft. Kieler Arbeitspapier 1236.
- Henke, J. M., Klepper, G. (2006): Biokraftstoffe: Königsweg für Klimaschutz, profitable Landwirtschaft und sichere Energieversorgung? Kiel: Institut für Weltwirtschaft. Kieler Diskussionsbeiträge 427.
- IEA (International Energy Agency) (2006): World Energy Outlook 2006. Paris: OECD/IEA.
- Institut für Energetik und Umwelt (2006): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. 2. Zwischenbericht. Leipzig: IE.
- Institut für Energetik und Umwelt (2005): „Stromerzeugung aus Biogas – Erfahrungen mit dem novellierten EEG“. Workshop-Dokumentation 14.–15. Juni 2005, Berlin. Leipzig: IE. [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg\\_biogas\\_workshop.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg_biogas_workshop.pdf).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Geneva: IPCC.
- Isermeyer, F. (2004): Reform der EU-Zuckermarktordnung. Antworten zum Fragenkatalog des Ausschusses für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft des Deutschen Bundestages. Berlin: Ausschuss für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Ausschussdrucksache 15(10)515E.
- Isermeyer, F., Zimmer, Y. (2006): Thesen zur Bioenergiepolitik in Deutschland. Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft. Arbeitsberichte des Bereichs Agrarökonomie 02/2006.
- Kalicki, J. H., Elkind, J. (2005): Eurasian transportation futures. In: Kalicki, J. H., Goldwyn, D. L. (Hrsg.): Energy and security. Toward a new foreign policy strategy. Washington, DC: Woodrow Wilson Center Press, S. 149–174.
- Kavalov, B. (2004): Biofuel Potentials in the EU. Sevilla: Europäische Kommission. Report EUR 21012 EN. [http://www.sentermovem.nl/mmfiles/114321\\_tcm24-124315.pdf](http://www.sentermovem.nl/mmfiles/114321_tcm24-124315.pdf).
- Kilian, L. (2007): Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market. Ann Arbor: University of Michigan.
- Klinski, S. (2006): Eckpunkte für die Entwicklung und Einführung budgetunabhängiger Instrumente zur Marktdurchdringung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Endbericht. Berlin: Fachhochschule für Wirtschaft.
- Lahl, U., Knobloch, T. (2006): Beimischungsgesetz und Biokraftstoffstrategie der Bundesregierung – Vorbild für die EU Strategie für Biokraftstoffe und der Ratspräsidentschaft Deutschlands in 2007. Berlin: BMU. [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/lahl\\_biokraftstoffquotengesetz.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/lahl_biokraftstoffquotengesetz.pdf).
- Langniß, O., Aretz, A., Böhnisch, H., Steinborn, F., Gruber, E., Mannsbart, W., Ragwitz, M. (2004): Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) im Zeitraum Januar 2002 bis August 2004. Stuttgart, Karlsruhe: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung.

- Langniß, O., Böhnisch, H., Buschmann, A., Musiol, F., Hartmann, H., Reisinger, K., Höldrich, A., Turowski, P., Pauschinger, T. (2006): Evaluierung von Einzelmaßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Marktanreizprogramm) im Zeitraum Januar 2004 bis Dezember 2005. Stuttgart, Straubing: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Solites Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme.
- Lechtenböhmer, S., Grimm, V., Mitze, D., Thomas, S., Wissner, M. (2005): Target 2020: Policies and Measures to reduce Greenhouse gas emissions in the EU. A report on behalf of WWF European Policy Office. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- LfL (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft) (2007): Agrarmärkte 2006. Freising: LfL.
- Matthes, F. C., Gores, S., Graichen, V., Repenning, J., Zimmer, W. (2006): The Vision Scenario for the European Union. Project sponsored by Greens/EFA Group in the European Parliament. Berlin: Öko-Institut.
- Müller-Kraenner, S. (2007): Energiesicherheit. Die neue Vermessung der Welt. München: Kunstmann.
- Nitsch, J. (2007): Leitstudie 2007. Ausbaustrategie Erneuerbare Energien. Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050. Berlin: BMU.
- Nitsch, J., Staiß, F., Wenzel, B., Fishedick, M. (2005): Ausbau Erneuerbarer Energien im Stromsektor bis zum Jahr 2020. Vergütungszahlungen und Differenzkosten durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Stuttgart, Wuppertal: DLR, Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), FAO (Food and Agriculture Organization) (2007): OECD-FAO Agricultural Outlook 2007-2016. Paris: OECD.
- Ragwitz, M., Toro, F., Resch, G., Faber, T., Haas, R., Hoogwijk, M., Voogt, M., Rathmann, M. (2006): Economic analysis of reaching a 20 % share of renewable energy sources in 2020. Brüssel: ISI, Ecofys, Energy Economics Group.
- Reinhardt, G., Rettenmaier, N., Gärnter, S., Pastowski, A. (2007): Regenwald für Biodiesel? Ökologische Auswirkungen der energetischen Nutzung von Palmöl. Frankfurt a. M.: WWF Deutschland.
- Resch, G., Ragwitz, M., Toro, F. (2007): Assistance with identifying environmentally beneficial ways of using biomass for energy in Europe. Executive Summary (draft). Wien, Karlsruhe: Energy Economics Group, Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research, BSR Sustainability.
- Schindler, J., Zittel, W. (2006): Energieversorgung am Wendepunkt. Ölressourcendiskussion ohne Ende oder ein Ende mit Schrecken? Informationen zur Raumentwicklung 2006 (8), S. 417–425.
- Schmidt, E. (2005): Die Zuckermarktordnung. Ineffizienzen zu Lasten der Verbraucher? Hannover: Lehrstuhl Marktanalyse und Agrarpolitik, Universität Hannover. <http://www.ifgb.uni-hannover.de/uploads/media/Loccum-Schmidt.pdf>.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2005a): Kontinuität in der Klimapolitik – Kyoto-Protokoll als Chance. Berlin: SRU. Stellungnahme 7.
- SRU (2005b): Umwelt und Straßenverkehr. Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr. Sondergutachten. Baden-Baden: Nomos.
- SRU (2004): Umweltgutachten 2004. Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Baden-Baden: Nomos.
- SRU (2002): Umweltgutachten 2002. Für eine neue Vorreiterrolle. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- Toman, M. A. (2002): International Oil Security: Problems and Policies. Washington, DC: Resources for the Future. RFF Issue Brief 02-04.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) (2007): Trade, environment and development. Background note by the UNCTAD secretariat. Genf: UNCTAD. [http://www.unctad.org/en/docs/c1d86\\_en.pdf](http://www.unctad.org/en/docs/c1d86_en.pdf).
- Verband der Netzbetreiber e.V. (2006): EEG-Mittelfristprognose: Entwicklungen 2000 – 2012. Berlin: Verband der Netzbetreiber e.V. <http://www.vdn-berlin.de/global/downloads/Netz-Themen/eeg/EEG-Mifri-2012.pdf>.
- Yergin, D. (2005): Energy Security and Markets. In: Kalicki, J. H., Goldwyn, D. L. (Hrsg.): Energy & Security. Toward a new Foreign Policy Strategy. Washington, DC: Woodrow Wilson Center Press.

## Kapitel 6

- CONCAWE, EUCAR (European Council for Automotive R&D), European Commission – Joint Research Centre (2006): Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. JRC. Well-to-wheels report Version 2b.
- Döhmel, K. (2006): Biokraftstoffe zweiter Generation – eine nachhaltige Kraftstoff-Option für die Zukunft. Hamburg: Deutsche Shell Holding GmbH. <http://www.zukunfts-energien.de/hp2/downloads/vortraege/Doehmel-vortrag.pdf>.
- ECMT (European Conference of Ministers of Transport) (2007): Cutting Transport CO<sub>2</sub>-Emissions: What Progress? Paris: OECD.
- Europäische Kommission (2007): Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Ergebnisse der Überprüfung der Strategie der Gemeinschaft zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen. KOM(2007) 19 endg. Brüssel: Europäische Kommission.

Fritsche, U., Zimmer, W. (2006): Nutzungskonkurrenzen um Biomasse: Methodik, Daten und Schlussfolgerungen. Aktualisiertes Arbeitspapier im Rahmen des vom BMU geförderten Verbundvorhabens RENEWABILITY. Darmstadt: Öko-Institut.

Klobasa, M., Ragwitz, M. (2005): Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung im Stromsektor durch den Einsatz erneuerbarer Energien. Karlsruhe: Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung.

Lehold, J. (2006): Biogene Kraftstoffe. Potenziale und notwendige Rahmenbedingungen. Wolfsburg: Volkswagen AG. [http://www.volkswagen-umwelt.de/\\_download/Vortrag\\_Biogene\\_Kraftstoffe\\_DE.pdf](http://www.volkswagen-umwelt.de/_download/Vortrag_Biogene_Kraftstoffe_DE.pdf).

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2006): Die nationale Umsetzung des europäischen Emissions-

handels: Marktwirtschaftlicher Klimaschutz oder Fortsetzung der energiepolitischen Subventionspolitik mit anderen Mitteln? Berlin: SRU. Stellungnahme 11.

SRU (2005): Umwelt und Straßenverkehr. Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr. Sondergutachten. Baden-Baden: Nomos.

SRU (2002): Umweltgutachten 2002. Für eine neue Vorreiterrolle. Stuttgart: Metzler-Poeschel.

Wagner, U., Geiger, B., Hardi, M., Brückl, O., Roth, H., Tzscheutschler, P. (2004): CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten im Kraftwerksbereich, bei den erneuerbaren Energien sowie bei nachfrageseitigen Energieeffizienzmaßnahmen. München: TU München, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik.

## Publikationsverzeichnis

### Umweltgutachten, Sondergutachten, Materialienbände und Stellungnahmen

Ab 2007 sind Umweltgutachten und Sondergutachten im Buchhandel oder über die Erich-Schmidt-Verlag GmbH und Co., Genthiner Str. 30 G, 10785 Berlin, zu beziehen. Im Internet unter <http://www.esv.info/neuerscheinungen.html>.

Umweltgutachten und Sondergutachten von 2004 bis 2006 sind erhältlich im Buchhandel oder direkt bei der Nomos-Verlagsgesellschaft Baden-Baden; Postfach 10 03 10, 76484 Baden-Baden, im Internet unter [www.nomos.de](http://www.nomos.de).

Bundestagsdrucksachen können bei der Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 100534, 50445 Köln, im Internet unter [www.bundesanzeiger.de](http://www.bundesanzeiger.de) erworben werden.

Ab 1998 stehen die meisten Publikationen als Download im Adobe PDF-Format auf der Webseite des SRU zur Verfügung ([www.umweltrat.de](http://www.umweltrat.de)).

### Umweltgutachten

#### Umweltgutachten 2004

##### Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern

Juli 2004. Baden-Baden: Nomos, 2004, 669 S., ISBN: 3-8329-0942-7  
[http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/umweltg/UG\\_2004\\_lf.pdf](http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/umweltg/UG_2004_lf.pdf)  
(Bundestagsdrucksache 15/3600)

#### Umweltgutachten 2002

##### Für eine neue Vorreiterrolle

Juli 2002. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 2002, 550 S., ISBN: 3-8246-0666-6  
[http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/umweltg/UG\\_2002.pdf](http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/umweltg/UG_2002.pdf)  
(Bundestagsdrucksache 14/8792)

#### Umweltgutachten 2000

##### Schritte ins nächste Jahrtausend

April 2000. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 2000, 688 S., ISBN: 3-8246-0620-8  
[http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/umweltg/UG\\_2000.pdf](http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/umweltg/UG_2000.pdf)  
(Bundestagsdrucksache 14/3363)

#### Umweltgutachten 1998

##### Umweltschutz: Erreichtes sichern – Neue Wege gehen

Februar 1998. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1998, 390 S., ISBN: 3-8246-0561-9  
[http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/umweltg/UG\\_1998.pdf](http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/umweltg/UG_1998.pdf)  
(Bundestagsdrucksache 13/10195)

#### Umweltgutachten 1996

##### Zur Umsetzung einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung

Februar 1996. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1996, 468 S., ISBN: 3-8246-0545-7  
(Bundestagsdrucksache 13/4180)

#### Umweltgutachten 1994

##### Für eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung

Februar 1994. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 380 S., ISBN: 3-8246-0366-7  
(Bundestagsdrucksache 12/6995)

#### Umweltgutachten 1987

Dezember 1987. Stuttgart: Kohlhammer, 1988, 674 S., ISBN: 3-17-003364-6  
(Bundestagsdrucksache 11/1568)

#### Umweltgutachten 1978

Februar 1978. Stuttgart: Kohlhammer, 1978, 638 S., ISBN 3-17-003173-2  
(Bundestagsdrucksache 8/1938)

#### Umweltgutachten 1974

März 1974. Stuttgart: Kohlhammer, 1974, 320 S.  
(Bundestagsdrucksache 7/2802)

### Sondergutachten

#### Umweltverwaltungen unter Reformdruck

##### Herausforderungen, Strategien, Perspektiven

##### Sondergutachten, Februar 2007

Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2007, 250 S., ISBN 978-3-503-10309-6  
[http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/SG\\_Umweltverwaltungen\\_unter\\_Reformdruck\\_2007.pdf](http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/SG_Umweltverwaltungen_unter_Reformdruck_2007.pdf)  
(Bundestagsdrucksache 16/4690)

#### Umwelt und Straßenverkehr

##### Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr Sondergutachten, Juli 2005

Baden-Baden: Nomos, 2005, 347 S., ISBN 3-8329-1447-1  
[http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/SG\\_Umwelt\\_und\\_Strassenverkehr2005\\_web.pdf](http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/SG_Umwelt_und_Strassenverkehr2005_web.pdf)  
(Bundestagsdrucksache 15/5900)

**Meeresumweltschutz für Nord- und Ostsee  
Sondergutachten, Februar 2004**

Baden-Baden: Nomos, 2004, 265 S.,  
ISBN 3-8329-0630-4  
[http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/SG\\_Meer\\_2004\\_lf.pdf](http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/SG_Meer_2004_lf.pdf)  
(Bundestagsdrucksache 15/2626)

**Für eine Stärkung und Neuorientierung des  
Naturschutzes  
Sondergutachten, September 2002**

Stuttgart: Metzler-Poeschel, 2002, 211 S.,  
ISBN 3-8246-0668-2  
<http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/1409852.pdf>  
(Bundestagsdrucksache 14/9852)

**Umwelt und Gesundheit – Risiken richtig einschätzen  
Sondergutachten, Dezember 1999**

Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1999, 255 S.,  
ISBN: 3-8246-0604-6  
<http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/1402300.pdf>  
(Bundestagsdrucksache 14/2300)

**Flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz – Ein  
Schritt zur dauerhaft umweltgerechten Entwicklung  
Sondergutachten, Februar 1998**

Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1998, 209 S.,  
ISBN: 3-8246-0560-0  
<http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/1310196.pdf>  
(Bundestagsdrucksache 13/10196)

**Konzepte einer dauerhaft umweltgerechten Nutzung  
ländlicher Räume  
Sondergutachten, Februar 1996**

Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1996, 127 S.,  
ISBN: 3-8246-0544-9  
<http://www.umweltrat.de/02gutach/downlo02/sonderg/134109.pdf>  
(Bundestagsdrucksache 13/4109)

**Altlasten II  
Sondergutachten, Februar 1995**

Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1995, 285 S.,  
ISBN 3-8246-0367-5  
(Bundestagsdrucksache 13/380)

**Allgemeine ökologische Umweltbeobachtung  
Sondergutachten, Oktober 1990**

Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1991, 75 S.,  
ISBN: 3-8246-0074-9  
(Bundestagsdrucksache 11/8123)

**Abfallwirtschaft  
Sondergutachten, September 1990**

Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1991, 720 S.,  
ISBN: 3-8246-0073-0  
(Bundestagsdrucksache 11/8493)

**Altlasten  
Sondergutachten, Dezember 1989**

Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1990, 304 S.,  
ISBN: 3-8246-0059-5  
(Bundestagsdrucksache 11/6191)

**Luftverunreinigungen in Innenräumen  
Sondergutachten, Mai 1987**

Stuttgart: Kohlhammer, 1987, 112 S.,  
ISBN: 3-17-003361-1  
(Bundestagsdrucksache 11/613)

**Umweltprobleme der Landwirtschaft  
Sondergutachten, März 1985**

Stuttgart: Kohlhammer, 1985, 423 S.,  
ISBN: 3-17-003285-2  
(Bundestagsdrucksache 10/3613)

**Waldschäden und Luftverunreinigungen  
Sondergutachten, März 1983**

Stuttgart: Kohlhammer, 1983, 172 S.,  
ISBN: 3-17-003265-8  
(Bundestagsdrucksache 10/113)

**Energie und Umwelt  
Sondergutachten, März 1981**

Stuttgart: Kohlhammer, 1981, 190 S.,  
ISBN: 3-17-003238-0  
(Bundestagsdrucksache 9/872)

**Umweltprobleme der Nordsee  
Sondergutachten, Juni 1980**

Stuttgart: Kohlhammer, 1980, 508 S.,  
ISBN: 3-17-003214-3  
(Bundestagsdrucksache 9/692)

**Umweltprobleme des Rheins  
3. Sondergutachten, März 1976**

Stuttgart: Kohlhammer, 1976, 258 S.  
(Bundestagsdrucksache 7/5014)

**Die Abwasserabgabe – Wassergütwirtschaftliche  
und gesamtwirtschaftliche Wirkungen  
2. Sondergutachten, Februar 1974**

Stuttgart: Kohlhammer, 1974, 96 S.

**Auto und Umwelt  
Gutachten vom September 1973**

Stuttgart: Kohlhammer, 1973, 104 S.

## Materialien zur Umweltforschung

### Nr. 37

#### **Szenarien der Agrarpolitik – Untersuchung möglicher agrarstruktureller und ökonomischer Effekte unter Berücksichtigung umweltpolitischer Zielsetzungen**

Dr. Stephan Hubertus Gay, Bernhard Osterburg, Thomas Schmidt (Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft)

Juli 2004, 208 S., ISSN 1614-2918

### Nr. 36:

#### **Analyse der Bedeutung von naturschutzorientierten Maßnahmen in der Landwirtschaft im Rahmen der Verordnung (EG) 1257/1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums**

Dipl.-Ing. agr. Bernhard Osterburg  
Dezember 2002. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 2002, 103 S., ISBN: 3-8246-0680-1

### Nr. 35:

#### **Waldnutzung in Deutschland – Bestandsaufnahme, Handlungsbedarf und Maßnahmen zur Umsetzung des Leitbildes einer nachhaltigen Entwicklung**

Prof. Dr. Harald Plachter, Dipl.-Biologin Jutta Kill (Fachgebiet Naturschutz, Fachbereich Biologie, Universität Marburg); Prof. Dr. Karl-Reinhard Volz, Frank Hofmann, Dipl.-Volkswirt Roland Meder (Institut für Forstpolitik, Universität Freiburg)

August 2000. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 2000, 298 S., ISBN: 3-8246-0622-4

### Nr. 34:

#### **Die umweltpolitische Dimension der Osterweiterung der Europäischen Union: Herausforderungen und Chancen**

Dipl.-Pol. Alexander Carius, Dipl.-Pol. Ingmar von Homeyer, Rainer Stefani Bär (Ecologic, Gesellschaft für Internationale und Europäische Umweltforschung, Berlin)

Juli 2000. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 2000, 138 S., ISBN: 3-8246-0621-6

### Nr. 33:

#### **Gesundheitsbegriff und Lärmwirkungen**

Prof. Dr. Gerd Jansen, Dipl.-Psych. Gert Notbohm, Prof. Dr. Sieglinde Schwarze

November 1999. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1999, 222 S., ISBN: 3-8246-0605-4

### Nr. 32:

#### **Umweltstandards im internationalen Handel**

Dipl.-Vw. Karl Ludwig Brockmann, Dipl.-Vw. Suhita Osório-Peters, Dr. Heidi Bergmann (ZEW)

Mai 1998. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1998, 80 S., ISBN: 3-8246-0565-1

### Nr. 31:

#### **Zu Umweltproblemen der Freisetzung und des Inverkehrbringens gentechnisch veränderter Pflanzen (Doppelband)**

Prof. Dr. Alfred Pühler (Einfluß von freigesetzten und in-verkehrgebrachten gentechnisch veränderten Organismen auf Mensch und Umwelt) und Dr. Detlef Bartsch und Prof. Dr. Ingolf Schuphan (Gentechnische Eingriffe an Kulturpflanzen. Bewertung und Einschätzungen möglicher Probleme für Mensch und Umwelt aus ökologischer und pflanzenphysiologischer Sicht)

Mai 1998. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1998, 128 S., ISBN: 3-8246-0564-3

### Nr. 30:

#### **Bedeutung natürlicher und anthropogener Komponenten im Stoffkreislauf terrestrischer Ökosysteme für die chemische Zusammensetzung von Grund- und Oberflächenwasser (dargestellt am Beispiel des Schwefelkreislaufes)**

PD Dr. Karl-Heinz Feger  
Mai 1998. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1998, 120 S., ISBN: 3-8246-0563-5

### Nr. 29:

#### **Grundwassererfassungssysteme in Deutschland**

Prof. Dr. Dietmar Schenk und Dr. Martin Kaupe  
Mai 1998. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1998, 226 S., ISBN: 3-8246-0562-7

### Nr. 28:

#### **Institutionelle Ressourcen und Restriktionen bei der Erreichung einer umweltverträglichen Raumnutzung**

Prof. Dr. Karl-Hermann Hübler, Dipl. Ing. Johann Kaether  
Juni 1996. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1996, 140 S., ISBN: 3-8246-0445-0

### Nr. 27:

#### **Perspektiven umweltökonomischer Instrumente in der Forstwirtschaft insbesondere zur Honorierung ökologischer Leistungen**

Prof. Dr. Ulrich Hampicke  
Juni 1996. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1996, 164 S., ISBN: 3-8246-0444-2

### Nr. 26:

#### **Gesamtinstrumentarium zur Erreichung einer umweltverträglichen Raumnutzung**

Prof. Dr. Siegfried Bauer, Jens-Peter Abresch, Markus Steuernagel  
Juni 1996. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1996, 400 S., ISBN: 3-8246-0443-4

**Nr. 25:**

**Die Rolle der Umweltverbände in den demokratischen und ethischen Lernprozessen der Gesellschaft**

Oswald von Nell-Breuning-Institut  
Juni 1996. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1996, 188 S.,  
ISBN: 3-8246-0442-6

**Nr. 24:**

**Indikatoren für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung**

Dipl. Vw. Klaus Rennings  
August 1994. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 226 S.,  
ISBN: 3-8246-0381-0

**Nr. 23:**

**Rechtliche Probleme der Einführung von Straßenbenutzungsgebühren**

Prof. Dr. Peter Selmer, Prof. Dr. Carsten Brodersen  
August 1994. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 46 S.,  
ISBN: 3-8246-0379-9

**Nr. 22:**

**Bildungspolitische Instrumentarien einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung**

Prof. Gerd Michelsen  
August 1994. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 87 S.,  
ISBN: 3-8246-0373-X

**Nr. 21:**

**Umweltpolitische Prioritätensetzung – Verständigungsprozesse zwischen Wissenschaft, Politik und Gesellschaft**

RRef. Gotthard Bechmann, Dipl. Vw. Reinhard Coenen,  
Dipl. Soz. Fritz Gloede  
August 1994. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 133 S.,  
ISBN: 3-8246-0372-1

**Nr. 20:**

**Das Konzept der kritischen Eintragsraten als Möglichkeit zur Bestimmung von Umweltbelastungs- und -qualitätskriterien**

Dr. Hans-Dieter Nagel, Dr. Gerhard Smiatek,  
Dipl. Biol. Beate Werner  
August 1994. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1994, 77 S.,  
ISBN: 3-8246-0371-3

**Nr. 19:**

**Untertageverbringung von Sonderabfällen in Stein- und Braunkohleformationen**

Prof. Dr. Friedrich Ludwig Wilke  
Juni 1991. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1991, 107 S.,  
ISBN: 3-8246-0087-0

**Nr. 18:**

**Die Untergrund-Deponie anthropogener Abfälle in marinen Evaporiten**

Prof. Dr. Albert Günter Herrmann  
Mai 1991. Stuttgart: Metzler-Poeschel, 1991, 101 S.,  
ISBN: 3-8246-0083-8

**Nr. 17:**

**Wechselwirkungen zwischen Freizeit, Tourismus und Umweltmedien – Analyse der Zusammenhänge**

Prof. Dr. Jörg Maier, Dipl.-Geogr. Rüdiger Strenger,  
Dr. Gabi Tröger-Weiß  
Dezember 1988. Stuttgart: Kohlhammer, 1988, 139 S.,  
ISBN: 3-17-003393-X

**Nr. 16:**

**Derzeitige Situationen und Trends der Belastung der Nahrungsmittel durch Fremdstoffe**

Prof. Dr. G. Eisenbrand, Prof. Dr. H. K. Frank,  
Prof. Dr. G. Grimmer, Prof. Dr. H.-J. Hapke,  
Prof. Dr. H.-P. Thier, Dr. P. Weigert  
November 1988. Stuttgart: Kohlhammer, 1988, 237 S.,  
ISBN: 3-17-003392-1

**Nr. 15:**

**Umweltbewußtsein – Umweltverhalten**

Prof. Dr. Meinolf Dierkes und Dr. Hans-Joachim Fietkau  
Oktober 1988. Stuttgart: Kohlhammer, 1988, 200 S.,  
ISBN: 3-17-003391-3

**Nr. 14:**

**Zielkriterien und Bewertung des Gewässerzustandes und der zustandsverändernden Eingriffe für den Bereich der Wasserversorgung**

Prof. Dr. Heinz Bernhardt und  
Dipl.-Ing. Werner Dietrich Schmidt  
September 1988. Stuttgart: Kohlhammer, 1988, 297 S.,  
ISBN: 3-17-003388-3

**Nr. 13:**

**Funktionen und Belastbarkeit des Bodens aus der Sicht der Bodenmikrobiologie**

Prof. Dr. Klaus H. Domsch  
November 1985. Stuttgart: Kohlhammer, 1985, 72 S.,  
ISBN: 3-17-003321-2

**Nr. 12:**

**Düngung und Umwelt**

Prof. Dr. Erwin Welte und Dr. Friedel Timmermann  
Oktober 1985. Stuttgart: Kohlhammer, 1985, 95 S.,  
ISBN: 3-17-003320-4



**Nr. 11:**

**Möglichkeiten und Grenzen einer ökologisch begründeten Begrenzung der Intensität der Agrarproduktion**

Prof. Dr. Günther Weinschenk und Dr. Hans-Jörg Gebhard  
Juli 1985. Stuttgart: Kohlhammer, 1985, 107 S.,  
ISBN: 3-17-003319-0

**Nr. 10:**

**Funktionen, Güte und Belastbarkeit des Bodens aus agrikulturchemischer Sicht**

Prof. Dr. Dietrich Sauerbeck  
Mai 1985. Stuttgart: Kohlhammer, 1985, 260 S.,  
ISBN: 3-17-003312-3

**Nr. 9:**

**Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln und die dabei auftretenden Umweltprobleme**

Prof. Dr. Rolf Diercks  
Juni 1984. Stuttgart: Kohlhammer, 1984, 245 S.,  
ISBN: 3-17-003284-4

**Nr. 8:**

**Ökonomische Anreizinstrumente in einer auflagenorientierten Umweltpolitik – Notwendigkeit, Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel der amerikanischen Luftreinhaltepolitik**

Prof. Dr. Horst Zimmermann  
November 1983. Stuttgart: Kohlhammer, 1983, 60 S.,  
ISBN: 3-17-003279

**Nr. 7:**

**Möglichkeiten der Forstbetriebe, sich Immissionsbelastungen waldbaulich anzupassen bzw. deren Schädwirkungen zu mildern**

Prof. Dr. Dietrich Mülder  
Juni 1983. Stuttgart: Kohlhammer, 1983, 124 S.,  
ISBN: 3-17-003275-5

**Nr. 6:**

**Materialien zu „Energie und Umwelt“**

Februar 1982. Stuttgart: Kohlhammer, 1982, 450 S.,  
ISBN: 3-17-003242-9

**Nr. 5:**

**Photoelektrische Solarenergienutzung – Technischer Stand, Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit**

Prof. Dr. Hans J. Queisser und Dr. Peter Wagner  
März 1980. Stuttgart: Kohlhammer, 1980, 90 S.,  
ISBN: 3-17-003209-7

**Nr. 4:**

**Vollzugsprobleme der Umweltpolitik – Empirische Untersuchung der Implementation von Gesetzen im Bereich der Luftreinhaltung und des Gewässerschutzes**

Prof. Dr. Renate Mayntz u. a.  
Mai 1978. Stuttgart: Kohlhammer, 1978, 815 S.,  
ISBN: 3-17-003144-9

**Nr. 3:**

**Die Feststoffemissionen in der Bundesrepublik Deutschland und im Lande Nordrhein-Westfalen in den Jahren 1965, 1970, 1973 und 1974**

Dipl.-Ing. Horst Schade und Ing. (grad.) Horst Gliwa  
Mai 1978. Stuttgart: Kohlhammer, 1978, 374 S.,  
ISBN: 3-17-003143-0

**Nr. 2:**

**Die Kohlenmonoxidemissionen in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1965, 1970, 1973 und 1974 und im Lande Nordrhein-Westfalen in den Jahren 1973 und 1974**

Dipl.-Ing. Klaus Welzel und Dr.-Ing. Peter Davids  
Mai 1978. Stuttgart: Kohlhammer, 1978, 322 S.,  
ISBN: 3-17-003142-2

**Nr. 1:**

**Einfluß von Begrenzungen beim Einsatz von Umweltchemikalien auf den Gewinn landwirtschaftlicher Unternehmen**

Prof. Dr. Günther Steffen und Dr. Ernst Berg  
Mai 1977. Stuttgart: Kohlhammer, 1977, 93 S.,  
ISBN: 3-17-003141-4

## Stellungnahmen

### Arzneimittel in der Umwelt

April 2007, 91 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Arzneimittel\\_in\\_der\\_Umwelt\\_2007.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Arzneimittel_in_der_Umwelt_2007.pdf)

### Die nationale Umsetzung des europäischen Emissionshandels: Marktwirtschaftlicher Klimaschutz oder Fortsetzung der energiepolitischen Subventionspolitik mit anderen Mitteln?

April 2006, 15 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_NAPII\\_April2006.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_NAPII_April2006.pdf)

### Der Umweltschutz in der Föderalismusreform

Februar 2006, 23 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Foederalismusreform\\_Feb2006.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Foederalismusreform_Feb2006.pdf)

### Auf dem Weg zur Europäischen Ressourcenstrategie: Orientierung durch ein Konzept für eine stoffbezogene Umweltpolitik

November 2005, 15 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Ressourcen\\_Nov2005.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Ressourcen_Nov2005.pdf)

### Die Registrierung von Chemikalien unter dem REACH-Regime – Prioritätensetzung und Untersuchungstiefe

Oktober 2005, 53 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_REACH\\_Okt2005.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_REACH_Okt2005.pdf)

### Kontinuität in der Klimapolitik – Kyoto-Protokoll als Chance

September 2005, 19 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_07\\_Klimaschutz\\_Sept2005.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_07_Klimaschutz_Sept2005.pdf)

### Feinstaub durch Straßenverkehr – Bundespolitischer Handlungsbedarf

Juni 2005, 22 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Feinstaub\\_Jun2005.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Feinstaub_Jun2005.pdf)

### Rechtsschutz für die Umwelt – die altruistische Verbandsklage ist unverzichtbar

Februar 2005, 33 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Verbandsklage\\_Februar2005.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Verbandsklage_Februar2005.pdf)

### Zur Wirtschaftsverträglichkeit der Reform der Europäischen Chemikalienpolitik

Juli 2003, 36 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Reach\\_Juli2003.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Reach_Juli2003.pdf)

### Zur Einführung der Strategischen Umweltprüfung in das Bauplanungsrecht

Mai 2003, 17 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Sup\\_Mai2003.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Sup_Mai2003.pdf)

### Windenergienutzung auf See

April 2003, 20 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Windenenergie\\_April2003.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Windenenergie_April2003.pdf)

### Zum Konzept der Europäischen Kommission für eine gemeinsame Meeresumweltschutzstrategie

Februar 2003, 13 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Meeresumweltschutz\\_Feb2003.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Meeresumweltschutz_Feb2003.pdf)

### Stellungnahme zum Referentenentwurf einer novellierten 17. BImSchV

August 2002, 24 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_17\\_BImSCH\\_Aug2002.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_17_BImSCH_Aug2002.pdf)

### Stellungnahme zur Anhörung der Monopolkommission zum Thema „Wettbewerb in der Kreislauf- und Abfallwirtschaft“

Februar 2002, 7 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Monopolkommission\\_Fes2002.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Monopolkommission_Fes2002.pdf)

### Stellungnahme zum Regierungsentwurf zur deutschen Nachhaltigkeitsstrategie

Februar 2002, 4 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Nachhaltigkeitsstrategie\\_Feb2002.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Nachhaltigkeitsstrategie_Feb2002.pdf)

### Stellungnahme zum Ziel einer 40-prozentigen CO<sub>2</sub>-Reduzierung

Dezember 2001, 3 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_40\\_CO2Reduzierung\\_Dez2001.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_40_CO2Reduzierung_Dez2001.pdf)

### Stellungnahme zum Entwurf eines Gesetzes zur Neuregelung des Bundesnaturschutzgesetzes

März 2001, 9 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Bundesnaturschutz\\_Maerz2001.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Bundesnaturschutz_Maerz2001.pdf)

### Stellungnahme zum Gesetzentwurf der Bundesregierung zur Fortführung der ökologischen Steuerreform

Oktober 1999, 6 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Fort%FChrung\\_Oeksteuerreform\\_Okt1999.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Fort%FChrung_Oeksteuerreform_Okt1999.pdf)

### Stellungnahme des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen zu den aktuellen Konsensgesprächen über die Beendigung der Nutzung der Atomenergie – im Vorgriff auf das Umweltgutachten 2000

September 1999, 2 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Konsensgespr%E4che\\_Sep1999.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Konsensgespr%E4che_Sep1999.pdf)

### Stellungnahme zum „Entwurf eines Gesetzes zum Einstieg in die ökologische Steuerreform“

Januar 1999, 6 S.

[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung\\_Einstieg\\_%D6kSteuerreform\\_Jan1999.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/stellung/Stellung_Einstieg_%D6kSteuerreform_Jan1999.pdf)

**Sommersmog: Drastische Reduktion der Vorläufer-  
substanzen des Ozons notwendig**  
Juni 1995, 8 S.

**Stellungnahme zum Entwurf des Gesetzes zum Schutz  
vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanie-  
rung von Altlasten (Bundes-Bodenschutz-Gesetz –  
BBodSchG)**  
November 1993, 7 S.

**Stellungnahme zum Verordnungsentwurf nach § 40  
Abs. 2 Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (BImSchG)**  
Mai 1993, 13 S.

**Stellungnahme zum Entwurf des Rückstands- und  
Abfallwirtschaftsgesetzes (RAWG)**  
April 1993, 15 S.

**Stellungnahme zur Umsetzung der EG-Richtlinie  
über die Umweltverträglichkeitsprüfung in das natio-  
nale Recht**  
November 1987, 29 S.

**Flüssiggas als Kraftstoff**  
**Umweltentlastung, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit  
von flüssiggasgetriebenen Kraftfahrzeugen**  
August 1982, 21 S.

**Umweltchemikalien**  
**Entwurf eines Gesetzes zum Schutz vor gefährlichen  
Stoffen**  
April 1979, 24 S.

**Stellungnahme zur Verkehrslärmschutzgesetzgebung**  
April 1979, 6 S.

## **Kommentare zur Umweltpolitik**

**Der Vorschlag der Europäischen Kommission für eine  
Meeresschutzstrategie – Rückzug aus der  
europäischen Verantwortung?**  
April 2006, 15 S.  
[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/komment/  
kom\\_nr5.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/komment/kom_nr5.pdf)

**Koexistenz sichern: Zur Novellierung des  
Gentechnikgesetzes**  
März 2004, 14 S.  
[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/komment/  
kom\\_Gentechnik\\_2004.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/komment/kom_Gentechnik_2004.pdf)

**Nationale Umsetzung der Reform der europäischen  
Agrarpolitik**  
März 2004, 7 S.  
[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/komment/  
kom\\_Agrarpolitik\\_2004.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/komment/kom_Agrarpolitik_2004.pdf)

**Emissionshandel und Nationaler Allokationsplan**  
März 2004, 15 S.  
[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/komment/  
kom\\_NAP\\_2004.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/komment/kom_NAP_2004.pdf)

**Das Dosenpfand im Rechtsstreit**  
November 2002, 5 S.  
[http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/komment/  
kom\\_Dosenpfand\\_2002.pdf](http://www.umweltrat.de/03stellung/download03/komment/kom_Dosenpfand_2002.pdf)

## Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

### Erlass über die Einrichtung eines Sachverständigenrates für Umweltfragen bei dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Vom 1. März 2005

#### § 1

Zur periodischen Begutachtung der Umweltsituation und Umweltbedingungen der Bundesrepublik Deutschland und zur Erleichterung der Urteilsbildung bei allen umweltpolitisch verantwortlichen Instanzen sowie in der Öffentlichkeit wird ein Sachverständigenrat für Umweltfragen gebildet.

#### § 2

(1) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen besteht aus sieben Mitgliedern, die über besondere wissenschaftliche Kenntnisse und Erfahrungen im Umweltschutz verfügen müssen.

(2) Die Mitglieder des Sachverständigenrates für Umweltfragen dürfen weder der Regierung oder einer gesetzgebenden Körperschaft des Bundes oder eines Landes noch dem öffentlichen Dienst des Bundes, eines Landes oder einer sonstigen juristischen Person des öffentlichen Rechts, es sei denn als Hochschullehrer oder -lehrerin oder als Mitarbeiter oder Mitarbeiterin eines wissenschaftlichen Instituts, angehören. Sie dürfen ferner nicht Repräsentant oder Repräsentantin eines Wirtschaftsverbandes oder einer Arbeitgeber- oder Arbeitnehmerorganisation sein oder zu diesen in einem ständigen Dienst- oder Geschäftsbesorgungsverhältnis stehen; sie dürfen auch nicht während des letzten Jahres vor der Berufung zum Mitglied des Sachverständigenrates für Umweltfragen eine derartige Stellung innegehabt haben.

#### § 3

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen soll die jeweilige Situation der Umwelt und deren Entwicklungstendenzen darstellen. Er soll Fehlentwicklungen und Möglichkeiten zu deren Vermeidung oder zu deren Beseitigung aufzeigen.

#### § 4

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen ist nur an den durch diesen Erlass begründeten Auftrag gebunden und in seiner Tätigkeit unabhängig.

#### § 5

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen gibt während der Abfassung seiner Gutachten den jeweils fachlich betroffenen Bundesministerien oder ihren Beauftragten Gelegenheit, zu wesentlichen sich aus seinem Auftrag ergebenden Fragen Stellung zu nehmen.

#### § 6

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen kann zu einzelnen Beratungsthemen Behörden des Bundes und der Länder hören sowie Sachverständigen, insbesondere Vertretern und Vertreterinnen von Organisationen der Wirtschaft und der Umweltverbände, Gelegenheit zur Äußerung geben.

#### § 7

(1) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen erstattet alle vier Jahre ein Gutachten und leitet es der Bundesregierung jeweils im Monat Mai zu.

Das Gutachten wird vom Sachverständigenrat für Umweltfragen veröffentlicht.

(2) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen erstattet zu Einzelfragen zusätzliche Gutachten oder gibt Stellungnahmen ab. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit kann den Sachverständigenrat für Umweltfragen mit der Erstattung weiterer Gutachten oder Stellungnahmen beauftragen. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen leitet Gutachten oder Stellungnahmen nach Satz 1 und 2 dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zu.

#### § 8

(1) Die Mitglieder des Sachverständigenrates für Umweltfragen werden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit nach Zustimmung des Bundeskabinetts für die Dauer von vier Jahren berufen. Dabei wird auf die gleichberechtigte Teilhabe von Frauen und Männern nach Maßgabe des Bundesgremienbesetzungsgesetzes hingewirkt. Wiederberufung ist möglich.

(2) Die Mitglieder können jederzeit schriftlich dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gegenüber ihr Ausscheiden aus dem Rat erklären.

(3) Scheidet ein Mitglied vorzeitig aus, so wird ein neues Mitglied für die Dauer der Amtszeit des ausgeschiedenen Mitglieds berufen; Wiederberufung ist möglich.

#### § 9

(1) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen wählt in geheimer Wahl aus seiner Mitte einen Vorsitzenden oder eine Vorsitzende für die Dauer von vier Jahren. Wiederwahl ist möglich.

(2) Der Sachverständigenrat für Umweltfragen gibt sich eine Geschäftsordnung. Sie bedarf der Genehmigung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

*Erlass über die Einrichtung eines Sachverständigenrates für Umweltfragen beim BMU*

(3) Vertritt eine Minderheit bei der Abfassung der Gutachten zu einzelnen Fragen eine abweichende Auffassung, so hat sie die Möglichkeit, diese in den Gutachten zum Ausdruck zu bringen.

§ 10

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen wird bei der Durchführung seiner Arbeit von einer Geschäftsstelle unterstützt.

§ 11

Die Mitglieder des Sachverständigenrates für Umweltfragen und die Angehörigen der Geschäftsstelle sind zur Verschwiegenheit über die Beratungen und die vom Sachverständigenrat als vertraulich bezeichneten Beratungsunterlagen verpflichtet. Die Pflicht zur Verschwiegenheit bezieht sich auch auf Informationen, die dem Sachverständigenrat gegeben und als vertraulich bezeichnet werden.

§ 12

(1) Die Mitglieder des Sachverständigenrates für Umweltfragen erhalten eine pauschale Entschädigung sowie

Ersatz ihrer Reisekosten. Diese werden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Einvernehmen mit dem Bundesministerium des Innern und dem Bundesministerium der Finanzen festgesetzt.

(2) Die Kosten des Sachverständigenrates für Umweltfragen trägt der Bund.

§ 13

(1) Im Hinblick auf den in § 7 Abs. 1 neu geregelten Termin für die Zuleitung des Gutachtens an die Bundesregierung kann das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit die bei Inkrafttreten dieses Erlasses laufenden Berufungsperioden der Mitglieder des Sachverständigenrates ohne Zustimmung des Bundeskabinetts bis zum 30. Juni 2008 verlängern.

§ 14

Der Erlass über die Einrichtung eines Rates von Sachverständigen für Umweltfragen bei dem Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 10. August 1990 (GMBI. 1990, Nr. 32, S. 831) wird hiermit aufgehoben.

Berlin, den 1. März 2005

G I 1 - 46010/2

Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Jürgen Trittin

Das Sondergutachten gibt einen Überblick über die Ergebnisse verschiedener Studien zum verfügbaren Biomassepotenzial sowie über den aktuellen Wissensstand zu den ökologischen und sozialen Folgen einer verstärkten Biomassenutzung.

Der SRU entwickelt ein Konzept für eine systematische Ausrichtung der Biomasseförderung an die anspruchsvollen Ziele der deutschen und europäischen Klimaschutzpolitik. Gerade wegen des begrenzten Biomassepotenzials sollte der Klimaschutzbeitrag der Biomasse optimiert werden. Die bisherige Förderpraxis für Bioenergien lässt eine entsprechende Strategie vermissen. Insbesondere die geplante Biokraftstoffquote wird die in Deutschland verfügbare Biomasse wesentlich in den Verkehrsbereich lenken. Biomasse kann aber in der Wärme- und gekoppelten Wärme- und Stromerzeugung bis zu dreimal effizienter und dabei wesentlich kostengünstiger eingesetzt werden. Die hochgesteckten Biomasseziele werden zudem einen Importsog auslösen. Infolgedessen sind in den Exportländern erhebliche Umweltbeeinträchtigungen zu befürchten.

Der SRU plädiert daher für einen Strategiewechsel und empfiehlt

- das Einfrieren der Biokraftstoffquote,
- die Förderung des Einsatzes der Biomasse in der Wärme- und gekoppelten Wärme- und Stromerzeugung sowie
- national und international flankierende ökologische Standards für die Erzeugung und Nutzung von Biomasse.

Der SRU berät die Bundesregierung seit 1972 in Fragen der Umweltpolitik. Die Zusammensetzung des Rates aus sieben Universitätsprofessoren und -professorinnen verschiedener Fachdisziplinen gewährleistet eine wissenschaftlich unabhängige und umfassende Begutachtung, sowohl aus naturwissenschaftlich-technischer als auch aus ökonomischer, rechtlicher, politikwissenschaftlicher und ethischer Perspektive.



9 783503 106028

€ (D)  
19,80