

Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe

Optionen einer nachhaltigen Flächennutzung
und Ressourcenschutzstrategien unter
besonderer Berücksichtigung der nachhaltigen
Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Förderkennzeichen 205 93 153
UBA-FB 001311

Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe

**Optionen einer nachhaltigen Flächennutzung und
Ressourcenschutzstrategien unter besonderer
Berücksichtigung der nachhaltigen Versorgung mit
nachwachsenden Rohstoffen**

von

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Forschungsgruppe 3: Stoffströme und Ressourcenmanagement

Dr. S. Bringezu (Projektleitung), Dr. H. Schütz, Dr. P. Schepelmann,
U. Lange

Forschungsgruppe 4: Nachhaltiges Produzieren und Konsumieren

J. von Geibler, K. Bienge, Dr. K. Kristof

Forschungsgruppe 1: Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen

K. Arnold, F. Merten, Dr. S. Ramesohl, Dr. M. Fishedick

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik

P. Borelbach, Dr. S. Kabasci, C. Michels

IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg

Dr. G. A. Reinhardt, S. Gärtner, N. Rettenmaier, J. Münch

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3861 verfügbar. Hier finden Sie auch eine Kurzfassung, die eine Zusammenfassung und Auswertung des Umweltbundesamtes enthält.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Email: info@umweltbundesamt.de
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet I 1.6 Umweltprüfungen und raumbezogene Umweltplanung
Regine Dickow-Hahn, Gertrude Penn-Bressel

Dessau-Roßlau, Oktober 2009

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB 001311	2.	3.
4. Titel des Berichts Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe. F+E-Vorhaben „Optionen einer nachhaltigen Flächennutzung und Ressourcenschutzstrategien unter besonderer Berücksichtigung der nachhaltigen Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen“		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Bringezu, Stefan (Projektleitung); Schütz, Helmut; Schepelmann, Philipp; Lange, Uta; von Geibler, Justus; Bienge, Katrin; Kristof, Kora; Arnold, Karin; Merten, Frank; Ramesohl, Stephan; Fischedick, Manfred; Borelbach, Pia; Kabasci, Stephan; Michels, Carmen; Reinhardt, Guido A.; Gärtner, Sven; Rettenmaier, Nils; Münch, Julia 6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie Forschungsgruppe 3: Stoffströme und Ressourcenmanagement Döppersberg 19 42103 Wuppertal 7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau	8. Abschlussdatum 8. Juni 2008	9. Veröffentlichungsdatum Oktober 2009
	10. UFOPLAN-Nr. Z 6 – 91 054/82	
	11. Seitenzahl 274	
	12. Literaturangaben 227	
	13. Tabellen und Diagramme 70	
	14. Abbildungen 48	
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung Dieser Bericht zeigt Perspektiven und Handlungsmöglichkeiten zur Förderung einer nachhaltigen Flächennutzung unter Berücksichtigung des Ressourcenschutzes und der Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen auf. Dabei wird sowohl die gesamte Flächennutzung in Deutschland als auch die globale Flächeninanspruchnahme Deutschlands für den inländischen Konsum landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich basierter Waren dargestellt. Das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI) hat zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) und dem Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU) mit der vorliegenden Studie erstmals eine umfassende globale Flächenbilanzierung für den Verbrauch von Biomasse in Deutschland für Ernährung und Nicht-Ernährungszwecke durchgeführt und die vor allem durch Flächennutzungsänderung induzierten Treibhausgasemissionen hochgerechnet. Um die klima- und ressourcenpolitischen Ziele der Bundesregierung nicht zu gefährden, bedarf es korrigierender Maßnahmen bei der Ausgestaltung politischer Zielsetzungen zum Einsatz von Biomasse. Die Ziele zum angestrebten, vorgeschriebenen und geförderten Einsatz von Energiepflanzen und Biokraftstoffen sollten überprüft werden. Die bislang geltenden Quoten des Biokraftstoffquotengesetzes sollten keinesfalls erhöht werden. Des Weiteren sollte vom nationalen Biokraftstoffziel für 2020 von 12-15% Biomasseanteil am Kraftstoffverbrauch – auch im Hinblick auf die internationale Signalwirkung – Abstand genommen werden. Ein derartiges prozentuales Ziel wäre künftig allenfalls unter der Voraussetzung vertretbar, dass die insgesamt verbrauchte Kraftstoffmenge gegenüber heute drastisch (d.h. um mehr als die Hälfte) sinkt. Damit reduzierte sich auch entsprechend die Menge des künftig benötigten Biokraftstoffs. Der Nawaro-Bonus des EEG sollte kritisch überprüft und die Energiepflanzenprämie abgeschafft werden. Vor allem der wachsende Anbau von Energiepflanzen, insbesondere für Biodiesel, trägt zur globalen Ausweitung der Anbaufläche und der durch Rodung verursachten Biodiversitätsverluste und zusätzlichen THG Emissionen bei. Dagegen ist die energetische Nutzung organischer Abfälle und Nebenprodukte ökologisch generell sinnvoll und sollte weiterhin gefördert werden.		
17. Schlagwörter Nachhaltigkeit; Flächennutzung; nachwachsende Rohstoffe; Ressourcenschutz; globaler Flächenbedarf; Biomasse; Energiepflanzen; Ernährung; Nicht-Ernährung; Flächennutzungsänderung; Treibhausgasemissionen; Biokraftstoffe; Biokraftstoffquotengesetz; nationales Biokraftstoffziel; EEG; Nawaro-Bonus; Energiepflanzenprämie; Biodiesel; Biodiversitätsverluste; energetische Nutzung; stoffliche Nutzung;		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB 001311	2.	3.
4. Report Title Sustainable land use and renewable materials. R+D-project "Options for sustainable land use and resource protection strategies considering in particular a sustainable supply with renewable raw materials"		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Bringezu, Stefan (Coordinator); Schütz, Helmut; Schepelmann, Philipp; Lange, Uta; von Geibler, Justus; Bienge, Katrin; Kristof, Kora; Arnold, Karin; Merten, Frank; Ramesohl, Stephan; Fischedick, Manfred; Borelbach, Pia; Kabasci, Stephan; Michels, Carmen; Reinhardt, Guido A.; Gärtner, Sven; Rettenmaier, Nils; Münch, Julia	8. Report Date 8 June 2008	
	9. Publication Date October 2009	
	10. UFOPLAN-Ref. No. Z 6 – 91 054/82	
	11. No. of Pages 274	
6. Performing Organisation (Name, Address) Wuppertal Institute for Climate, Environment, Energy Research Group 3 „Material Flows and Resource Management“ Döppersberg 19 42103 Wuppertal	12. No. of Reference 227	
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 14 06, 06813 Dessau-Roßlau	13. No. of Tables, Diagrams 70	
	14. No. of Figures 48	
	15. Supplementary Notes	
16. Abstract This report highlights perspectives and options for action in order to promote sustainable land use considering resource of protection and supply with renewable raw materials. Land use within Germany is described as well as the global land use Germany based on its domestic consumption of products from agriculture and forestry. In terms of sustainable development, a long-lasting environmentally sound land use must be enabled which supports the required supply of renewable raw materials for energetic and non-energetic use while not endangering the future food supply of the growing world population. The Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy (WI), together with the Fraunhofer Institute for Environmental, Safety and Energy Technology (UMSICHT) in Oberhausen and the Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg (IFEU), have for the first time with this study performed a comprehensive global land use balance for the consumption of food and non-food biomass in Germany, and have calculated in particular those greenhouse gas emissions which result from land use changes. In order not to endanger the climate and resource policy targets of the German government corrective measures for the implementation of policy targets for biomass use are needed. Existing targets for envisaged, enacted and promoted use of energy plants and biofuels should be reviewed. Existing legal biofuel quotas should by no means be increased. Furthermore, the national biofuels target for 2020 of a 12-15% biofuels share of fuel consumption should be withdrawn, especially as this would send a clear international message. Such a target in the future would only be justifiable if the total amount of fuel consumed would decrease drastically (i.e. by more than half) as compared with today. Thereby the respective amount of biofuels required in the future would also decrease. The bonus for renewable raw materials of the Renewable Energy Sources Act (EEG) should be critically reviewed and the premium for energy plants should be abandoned. The increasing cultivation of energy plants, in particular for biodiesel, especially contributes to global expansion of the cultivation area, and thereby to biodiversity losses and additional GHG emissions through land clearing. In contrast, the energetic use of organic wastes and residues is in general worthwhile from an ecological point of view and should be further promoted.		
17. Keywords sustainability; land use; renewable materials; resource protection; global land requirements; biomass; energy crops; food; non-food; land use change; greenhouse gas emissions; biofuels; biofuel quota; national biofuels target; EEG; bonus for renewable raw materials; premium for energy plants; biodiesel; biodiversity losses; energetic use; material use;		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	1
Kurzfassung	2
Summary	5
1. Einleitung.....	8
2. BAU-Szenarien, Varianten und Sensitivitäten	10
2.1. Nachwachsende Rohstoffe für die stoffliche Nutzung (ohne Holz).....	11
2.1.1. Kohlehydrathaltige Pflanzen	12
2.1.2. Ölhaltige Pflanzen.....	19
2.1.3. Faserpflanzen	26
2.1.4. Arznei- und Färber-Pflanzen.....	34
2.2. Holz für die stoffliche und energetische Nutzung	40
2.2.1. Holzströme und Mobilisierungspotenziale	40
2.2.2. Holzrohstoffverwendung	43
2.2.2.1. Holzprodukte	45
2.2.2.2. Papier, Pappe, Karton, Chemiezellulose	48
2.2.2.3. Energie	49
2.2.3. Herkunftsländer von Importen	52
2.2.4. BAU-Szenarien für Holzrohstoffe und Holzprodukte	54
2.2.5. Globale Flächeninanspruchnahme für Holz und Holzprodukte.....	57
2.3. Nachwachsende Rohstoffe für die energetische Nutzung (ohne Holz).....	58
2.3.1. Pflanzenöl als Kraftstoff.....	60
2.3.2. Biodiesel und Rapsbilanzen für den inländischen Anbau	64
2.3.3. Bioethanol	79
2.3.4. BtL	85
2.3.5. Biogas als Kraftstoff.....	89
2.3.6. Bio-Wasserstoff	93
2.3.7. Biokraftstoffe insgesamt und im Kontext des gesamten Kraftstoff- verbrauchs	93
2.3.8. Anbaubiomasse für elektrische Energie	96
2.4. Globaler Agrar-Flächenbedarf Deutschlands für nachwachsende Rohstoffe	104
2.4.1. Globaler Brutto-Produktions-Agrarflächenbedarf für Nawaro	104
2.4.2. Sensitivitätsanalyse zu den erwarteten Hektarertragssteigerungen.....	106
2.4.3. Gesamteffekt der BAU-Varianten	107
2.4.4. Brutto-Produktionsfläche versus Netto-Konsumfläche	108
2.5. Flächennutzung im Inland	110
2.5.1. BAU Szenarien und Alternativszenario für Agrar-Flächen.....	110
2.5.2. Mögliche weitere Flächenpotenziale im Inland zum Anbau von Nawaro.....	119
2.5.3. Flächennutzung durch Photovoltaik-Freiflächenanlagen.....	122
2.6. Flächenbelegung Deutschlands für den Außenhandel mit landwirtschaftlichen Waren.....	128
2.7. Globale Flächenbelegung Deutschlands für den inländischen Konsum.....	131

3. Alternative Szenarienelemente	134
3.1. Biogas statt Biokraftstoffe der ersten Generation	135
3.2. Verminderung der tierischen Produktion.....	137
3.3. Verminderung des Konsums tierischer Nahrungsmittel	139
3.4. Photovoltaik statt Biomasse	145
3.5. Steigerung der Ressourceneffizienz durch Verminderung des Anteils nicht verwerteter Lebensmittel	147
3.6. Steigerung der Ressourceneffizienz durch eine Obergrenze für CO ₂ - Emissionen bzw. eine Verminderung des Kraftstoffverbrauchs bei PKW	149
3.7. Schlussfolgerungen aus den Alternativen.....	152
4. Umweltwirkungen	154
4.1. Umweltwirkungen von Biomasse versus fossil basierten Erzeugnissen	155
4.2. Umweltwirkungen stofflicher Nawaro	156
4.3. Umweltwirkungen energetischer Nawaro	158
4.3.1. Komponente 1: THG Emissionen ohne Landnutzungsänderungen	159
4.3.2. Komponente 2: THG Emissionen aus Landnutzungsänderungen.....	163
4.3.2.1. THG-Emissionsraten.....	168
4.3.2.2. THG Emissionen durch Landnutzungsänderungen.....	171
4.3.2.3. Nettoeffekte der THG Emissionen	176
5. Die wichtigsten Instrumente zur Steuerung einer nachhaltigen Flächennutzung und Versorgung mit Nawaro	181
5.1. Produktionsorientierte Instrumente der Gemeinsamen Agrarpolitik	182
5.1.1. Zielsetzung der GAP.....	182
5.1.2. Marktinstrumente der GAP	183
5.1.3. Integrierte ländliche Entwicklung	185
5.1.4. Handlungsfelder im Rahmen der GAP	186
5.1.4.1 Konkretisierung der Guten fachlichen Praxis als Grundlage der cross-compliance	186
5.1.4.2. Energiepflanzenprämie	188
5.1.4.3. Grünland.....	189
5.1.4.4. Neuausrichtung der Ökologisierung der Landwirtschaft?	190
5.2. Nachfrageorientierte Instrumente	191
5.2.1. Biokraftstoffquoten Gesetz	191
5.2.2. Erneuerbare Energien Gesetz.....	195
5.3. Raumplanung.....	198
5.4. Agrarhandel und Zertifizierung	200
5.5. Schlussfolgerungen zu den Instrumenten	203
6. Zusammenfassung der Ergebnisse	210
6.1. BAU-Szenarien und globaler Flächenbedarf für landwirtschaftliche Produkte	213
6.2. BAU Szenarien und Flächeninanspruchnahme für forstwirtschaftliche Produkte	215
6.3. Flächennutzung im Inland	216
6.4. Globaler Flächenbedarf für den Konsum agrarischer Waren	218

6.5. Alternativszenarienelemente zur Verminderung des globalen Flächenbedarfs Deutschlands	221
6.6. Umweltwirkungen der Verwendung von agrarischen Rohstoffen	223
6.7. Die wichtigsten Instrumente zur Steuerung einer nachhaltigen Flächennutzung und Versorgung mit Nawaro	226
7. Schlussfolgerungen und Politikempfehlungen	229
7.1. Schlussfolgerungen	229
7.1.1. Schlussfolgerungen zu landwirtschaftlichen Produkten.....	229
7.1.2. Schlussfolgerungen zu forstwirtschaftlichen Produkten.....	234
7.2. Politikempfehlungen	235
8. Weiterer F+E-Bedarf	241
Danksagung	243
9. Quellen und weiterführende Literatur	244

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	BAU I: Aufkommen von Stärke und Zucker in Deutschland aus inländischer Produktion sowie Importen (Ausland), 2004 bis 2030.....	15
Abbildung 2:	Verwendung von Stärke und Zucker in Deutschland, 2004 bis 2030. BAU I	15
Abbildung 3:	Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Stärke und Zucker (in Hektar) – BAU I und BAU II	18
Abbildung 4:	Aufkommen von pflanzlichen Ölen und Fetten für die stoffliche Nutzung in Deutschland aus inländischer Produktion sowie Importen (Ausland), 2004 bis 2030. BAU I	22
Abbildung 5:	Verwendung von pflanzlichen Ölen und Fetten für die stoffliche Nutzung in Deutschland, 2004 bis 2030. BAU I	23
Abbildung 6:	Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Ölen und Fetten (in Hektar) – BAU I und BAU II	25
Abbildung 7:	Aufkommen von Flachs- und Hanffasern in Deutschland aus inländischem Anbau sowie Importen, 2004 bis 2030. BAU I	31
Abbildung 8:	Verwendung von Flachs- und Hanffasern in Deutschland, 2004 bis 2030. BAU I	32
Abbildung 9:	Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Flachs und Hanf (in Hektar) – BAU I und BAU II	34
Abbildung 10:	Aufkommen von Arzneipflanzen in Deutschland aus inländischem Anbau sowie Importen (Ausland), 2004 bis 2030. BAU I.....	38
Abbildung 11:	Globaler Flächenbedarf für Arzneipflanzen (in Hektar) – BAU I und BAU II.	39
Abbildung 12:	Überblick über Aufkommen und Verbrauch von Holzwaren (inkl. Im- und Exporte) in Deutschland 1999 bis 2006 [in Mio. m ³ (r)].	41
Abbildung 13:	Verbrauch von Pflanzenöl als Kraftstoff in Deutschland sowie globaler Flächenbedarf unter BAU I Bedingungen.....	63
Abbildung 14:	Globale Flächenbelegung für Pflanzenöl als Kraftstoff in Deutschland (in Hektar) – BAU I und BAU II.....	64
Abbildung 15:	Absatz von Biodiesel in Deutschland 2004 bis 2030 nach Herkunft unter BAU I Bedingungen (in Tonnen).....	68
Abbildung 16:	Biodieselabsatz in Deutschland 2030 nach Herkunft unter BAU I sowie unter BAU II Bedingungen (in Millionen Tonnen).....	71
Abbildung 17:	Nutzung der gesamten Anbaufläche für Raps und Rübsen in Deutschland 2004, 2005 und 2006 (in Hektar und in Prozent).	73
Abbildung 18:	Anbauflächen für Raps und Rübsen in Deutschland 2004 bis 2030 nach Nutzungsarten unter BAU-I Bedingungen (in Hektar).	74
Abbildung 19:	Anbauflächen für Raps und Rübsen in Deutschland 2004 bis 2030 nach Nutzungsarten unter BAU-II Bedingungen (in Hektar).	75
Abbildung 20:	Globale (weltweite) Flächenbelegung für den Biodieselabsatz in Deutschland 2004 bis 2030 unter BAU I Bedingungen (in Hektar).....	77
Abbildung 21:	Globale (weltweite) Flächenbelegung für den Biodieselabsatz in Deutschland 2004 bis 2030 unter BAU II Bedingungen (in Hektar).....	78
Abbildung 22:	Globale Flächenbelegung für den Bioethanolabsatz in Deutschland (in Hektar) – BAU I und BAU II.	85
Abbildung 23:	Globale Flächenbelegung für den BtL-Absatz in Deutschland (in Hektar) – BAU I und BAU II.	89
Abbildung 24:	Globale Flächenbelegung für Biogas als Kraftstoff in Deutschland (in Hektar) – BAU I und BAU II.	93

Abbildung 25:	Einsatz von Pflanzenölen (in Tonnen) in BHKW zur Stromerzeugung - BAU I.....	101
Abbildung 26:	Globaler Flächenbedarf für Pflanzenöl zur Stromerzeugung - BAU I und BAU II. ...	103
Abbildung 27:	Globale Flächenbelegung für Biogas zur Stromerzeugung in Deutschland (in Hektar) – BAU I und BAU II.....	104
Abbildung 28:	Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe in 2030 – BAU I und BAU II (Brutto-Produktionsfläche)	107
Abbildung 29:	Flächennutzung in Deutschland 1996 bis 2030 – BAU I Szenario.....	110
Abbildung 30:	Landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland 2004 bis 2030 – BAU I Szenario.....	116
Abbildung 31:	Anbaufläche für energetische Nawaro in Deutschland 2030 – BAU I Szenario.....	117
Abbildung 32:	Entwicklung der jährlich zugebauten PV-FFA-Leistung zwischen 1988 und 2006. ..	122
Abbildung 33:	Entwicklung der Flächen-Inanspruchnahme durch PV-FFA nach Flächenarten zwischen 2005 und 2006.....	123
Abbildung 34:	Bisherige Entwicklung der regionale Verteilung des PV-FFA-Zubaus in Deutschland zwischen 2001 und 2006.....	124
Abbildung 35:	Spezifischer Grundflächenbedarf verschiedener PV-Technologien im Vergleich.....	126
Abbildung 36:	Mögliche Entwicklungen der Flächennutzung (Grundfläche) durch PV-FFA in Deutschland zwischen 2000 und 2030.	128
Abbildung 37:	Flächenbelegung für Importe und Exporte landwirtschaftlich basierter Waren des deutschen Außenhandels 1991 bis 2004 – Netto-Konsumflächen.	129
Abbildung 38:	Verwendung der globalen agrarischen Flächenbelegung in Deutschland und in der EU-15. Netto-Konsumflächen.....	132
Abbildung 39:	Globale Flächenbelegung Deutschlands für den Konsum landwirtschaftlicher Waren in 2004 und 2030 (BAU I und BAU II). Netto-Konsumflächen.	133
Abbildung 40:	Umweltentlastung (negative Werte) und zusätzliche Umweltbelastung (positive Werte) beim Ersatz von fossilen Erzeugnissen durch biomassebasierte Produkte. Angegeben sind die Medianwerte der ausgewerteten Wirkungskategorien bezogen auf Einwohnerwerte (EW) pro Hektar Anbaufläche.	155
Abbildung 41:	Basisdaten zur Berechnung der Treibhausgasäquivalente.	160
Abbildung 42:	Komponente 1. Keine Ausweitung der globalen Anbaufläche: Nettoverminderung der Emission von Treibhausgasen pro Hektar Anbaufläche in 2030 (arithmetisches Mittel der Ökobilanzdaten sowie Spannbreiten) – BAU I. Brutto-Produktionsfläche.	161
Abbildung 43:	Komponente 1. Keine Ausweitung der globalen Anbaufläche: Nettoverminderung der Emission von Treibhausgasen nach BAU in 2030 (arithmetisches Mittel der Ökobilanzdaten) – BAU I und II.....	162
Abbildung 44:	Komponente 2 - Entwicklung des Palmölanbaus in Indonesien.....	166
Abbildung 45:	Komponente 2 - Entwicklung des Sojaanbaus in Brasilien.	167
Abbildung 46:	Globale Trends zur Bevölkerungsentwicklung, Ertragssteigerungen bei Getreide, Anbauland (Ackerland und Dauerkulturen), und Fleischkonsum in Entwicklungsländern – 2004 und 2030.	212
Abbildung 47:	Weltweiter Flächenbedarf für den inländischen Verbrauch (aus inländischer Erzeugung plus Einfuhren minus Ausfuhren) von landwirtschaftlich basierten Gütern in Deutschland 2004 und 2030 (2930 m ² pro Person BAU II, der Flächenbedarf nach BAU I in 2030 läge bei ca. 2.800 m ² pro Person) für die tierisch sowie pflanzlich basierte Ernährung und für stofflich sowie energetisch genutzte Nawaros; Verfügbarkeit inländischer LW-Fläche und intensiv genutzter LW-Fläche ("arable land") weltweit, sowie Vergleich mit der Entwicklung der inländischen Siedlungs- und Verkehrsfläche. Netto-Konsumfläche.....	219
Abbildung 48:	Aufteilung des weltweiten Flächenbedarfs für den inländischen Verbrauch (aus inländischer Erzeugung plus Einfuhren minus Ausfuhren) von landwirtschaftlich	

basierter Biomasse für die energetische Nutzung in Deutschland 2030 - BAU I und BAU II. – Brutto-Produktionsfläche.....	221
--	-----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Stoffliche Verwendung von Stärke und Zucker (in Tonnen) – BAU I	14
Tabelle 2:	Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Stärke und Zucker (in Hektar) – BAU I ..	18
Tabelle 3:	Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Stärke (in Hektar) sowie Anteile an im Ausland belegten Flächen – BAU I, BAU II und Variante Biopolymere.....	19
Tabelle 4:	Stoffliche Verwendung von pflanzlichen Ölen und Fetten (in Tonnen) – BAU I	22
Tabelle 5:	Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Ölen und Fetten (in Hektar) – BAU I	25
Tabelle 6:	Verwendung von Naturfasern in Deutschland 2005 (in Tonnen).	27
Tabelle 7:	Verwendung von Flachs und Hanf (in Tonnen) – BAU I	31
Tabelle 8:	Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Flachs und Hanf (in Hektar) – BAU I	33
Tabelle 9:	Gesamtabsatz von Arzneipflanzen (in Tonnen) – BAU I.....	37
Tabelle 10:	Globaler Flächenbedarf für Arzneipflanzen (in Hektar) – BAU I.	39
Tabelle 11:	Holzwarenströme in Deutschland [in Mio. m ³ Rohholzäquivalente (r)].	42
Tabelle 12:	Aufkommen und Verwendung von Holzrohstoffen 2004 in Deutschland [in Mio. m ³].	44
Tabelle 13:	Verwendung von Halbwaren im Jahr 2002 in Deutschland [in Mio. m ³].	46
Tabelle 14:	Vergleich der Umweltverträglichkeit von Dämmstoffen aus Holzfasern, Flachs und Hanf.	47
Tabelle 15:	Importe Deutschlands von Holz und Holzprodukten, Zellstoff etc. und Papier etc. nach Herkunftsländern.....	53
Tabelle 16:	Deutschland Holzrohstoffbilanz, 2005 und BAU I und II für 2010, 2020 und 2030 [in Mio. m ³].	55
Tabelle 17:	Nawaro-Segmente der energetischen Biomassennutzung.....	59
Tabelle 18:	Bruttoenergieertrag von Bioenergieträgern 2005 bis 2030 und durchschnittliche Veränderungen pro Jahr.	60
Tabelle 19:	Ableitung des globalen Flächenbedarfs für Pflanzenöl als Kraftstoff unter BAU I Bedingungen.	63
Tabelle 20:	Biodieselabsatz in Deutschland, Hektarerträge, globaler Flächenbedarf und Produktionskapazitäten in Deutschland für Biodiesel, im Zeitraum 2004 bis 2030. BAU I Bedingungen.	78
Tabelle 21:	Biodieselabsatz in Deutschland, Hektarerträge, globaler Flächenbedarf und Produktionskapazitäten in Deutschland für Biodiesel, im Zeitraum 2004 bis 2030. BAU II Bedingungen.	79
Tabelle 22:	Globale Flächenbelegung für den Biodieselabsatz in Deutschland im Zeitraum 2010 bis 2030 und unter BAU I sowie BAU II Bedingungen. Vergleich der Variante Importe auf Sojabasis mit der BAU Annahme Importe auf Palmölbasis.....	79
Tabelle 23:	Gesamtabsatz von Bioethanol in Deutschland unter BAU I Bedingungen.....	82
Tabelle 24:	Gesamtabsatz von Bioethanol in Deutschland unter BAU II Bedingungen.....	84
Tabelle 25:	Globaler Flächenbedarf für Bioethanol unter BAU I Bedingungen.....	85
Tabelle 26:	Ableitung des globalen Flächenbedarfs für BtL unter BAU I Bedingungen.....	89
Tabelle 27:	Ableitung des globalen Flächenbedarfs für Biogas als Kraftstoff unter BAU I Bedingungen	92
Tabelle 28:	Globaler Flächenbedarf für Biokraftstoffe nach BAU I und II sowie Vergleich mit der inländischen Fläche für Ackerland und Dauerkulturen.	94
Tabelle 29:	Biokraftstoffquoten nach BAU I.	95
Tabelle 30:	Biokraftstoffquoten nach BAU II.	95

Tabelle 31: Globaler Flächenbedarf für Pflanzenöl zur Stromerzeugung in BHKW - BAU I.	102
Tabelle 32: Globaler Flächenbedarf für Biogas aus Nawaro-Anbau zur Stromerzeugung – BAU I... ..	103
Tabelle 33: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – Brutto-Produktionsfläche; BAU I Szenario.	105
Tabelle 34: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – Importanteile an Brutto-Produktionsfläche – BAU I.....	106
Tabelle 35: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – mit und ohne (kE) Ertragssteigerungen – BAU I und Bau II (Brutto-Produktionsfläche).	107
Tabelle 36: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – Gesamteffekt der 3 BAU-Varianten (Brutto-Produktionsfläche).....	108
Tabelle 37: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – Brutto-Produktionsfläche gegen Netto-Konsumfläche.	109
Tabelle 38: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – Netto-Konsum-Fläche – BAU I.	109
Tabelle 39: Entwicklung der Flächennutzung in Deutschland bis 2030 – BAU I Szenario.	113
Tabelle 40: Entwicklung der Flächennutzung für den Ökolandbau und für ökologische Kompensationsflächen in Deutschland bis 2030 – Szenarienvergleich.	114
Tabelle 41: Flächenpotenziale für den Anbau von Nawaro in Deutschland bis 2030 – Vergleich verschiedener Studien und Szenarien.	118
Tabelle 42: Mögliche Flächenpotenziale im Inland zum Anbau von Nawaro im Kontext von Siedlungsbrachen und anderen minder genutzten Flächen und im Vergleich zum Flächenanspruch für Nawaro.....	121
Tabelle 43: Flächenbelegung Deutschlands im Außenhandel mit landwirtschaftlichen Waren im Zeitraum 1991 bis 2004 – TOP 10 und insgesamt. Netto-Konsumflächen.	130
Tabelle 44: „Kraftstofftertrag“ verschiedener Biokraftstoffe pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche.....	135
Tabelle 45: Einsparung von Treibhausgasen bei Ersatz von Biokraftstoffen durch Biogas beim Anbau im Inland (a), und Einsparung von Fläche beim Ersatz der Energieinhalte von Biokraftstoffen aus Anbau im Inland durch Biogas (b).	137
Tabelle 46: Prognostizierte Veränderungen im Tierbestand und in der inländischen Verfügbarkeit von Landwirtschaftsfläche in Deutschland 2010 und 2013 bei Umsetzung der GAP im Vergleich zur Entwicklung nach Agenda 2000.	138
Tabelle 47: Relative Veränderung des Fleischkonsums in 2030 in den beiden Subszzenarien.....	141
Tabelle 48: Futtermittelaufkommen (in 1.000 Tonnen) und Flächenbelegung (in 1.000 ha) nach Tierarten und Futtermittel in 2005 und 2030 (Netto-Konsum-Fläche).	141
Tabelle 49: Energiegehalte und Verbrauch von tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln in Deutschland.	143
Tabelle 50: Entwicklung der globalen Flächenbelegung für tierische und pflanzliche Nahrungsmittel von 2005 bis 2030 (in 1.000 ha) (Netto-Konsumfläche).	144
Tabelle 51: Netto-Flächeneinsparung durch Verminderung tierischer Nahrungsmittel von 2005 bis 2030 (Netto-Konsumfläche).	144
Tabelle 52: Einsparung von Treibhausgasen bei Ersatz von Strom aus Biogas aus Anbaubiomasse durch Photovoltaikstrom, sowie Einsparung von Fläche.	146
Tabelle 53: Globaler Flächenbedarf in m ² pro Kopf für den Konsum agrarischer Waren mit und ohne Biokraftstoffe unter BAU I und BAU II Bedingungen in 2030, sowie Flächenverfügbarkeit im Inland und weltweit (Netto-Konsumfläche).	150
Tabelle 54: Die wesentlichen Ergebnisse aus den Alternativszenarienelementen (Netto-Konsum-Fläche).	153

Tabelle 55: Umweltwirkungen stofflicher Nawaro-Produkte als Saldowerte gegenüber einer Produktvariante auf nicht nachwachsender Basis bei vorgegebenen Entsorgungswegen. Negative Werte bedeuten Umweltentlastung, positive Werte zusätzliche Umweltbelastung beim Einsatz von Biomasse basierten Produkten als Ersatz von fossilen Erzeugnissen.	157
Tabelle 56: Komponente 1. Ohne Ausweitung der globalen Anbaufläche: Nettoveränderung der Emission von Treibhausgasen in 2030 (Minimal- und Maximalwerte sowie arithmetisches Mittel der Ökobilanzdaten) – BAU I und II.	162
Tabelle 57: Komponente 1. Ohne Ausdehnung der globalen Anbaufläche: Nettoveränderung des Verbrauchs nicht erneuerbarer Energie in 2030 (Minimal- und Maximalwerte sowie arithmetisches Mittel der Ökobilanzdaten) – BAU I und II.	163
Tabelle 58: Treibhausgasemissionen aus Umwandlung verschiedener Vegetationsformen in landwirtschaftlich genutzte Fläche (A-E) und aus Bewirtschaftung organischer Böden (F).	169
Tabelle 59: Berechnung des Kohlenstoffvorrats in Torfböden.	171
Tabelle 60: Treibhausgasemissionen mit Bezug auf die in der vorliegenden Studie durchgeführten Flächenberechnungen.	172
Tabelle 61: Flächeninanspruchnahme (Brutto-Produktionsfläche), THG Emissionen pro Hektar und in Mio. Tonnen für die Biodieselproduktion nach BAU in 2030.	173
Tabelle 62: Zusätzliche Flächeninanspruchnahme (Netto-Konsumfläche), THG Emissionen pro Hektar und in Mio. Tonnen für den Konsum agrarischer Güter nach BAU in 2030.	174
Tabelle 63: Sensitivitätsanalyse zu den THG Emissionen – Flächeninanspruchnahme für die Produktionsflächen für Biodiesel nach BAU.	175
Tabelle 64: Sensitivitätsanalyse zu den THG Emissionen – Flächeninanspruchnahme für den Konsum agrarischer Güter nach BAU.	176
Tabelle 65: Übersicht zu den Ergebnissen nach Fragestellung 1 und 2, Bau I und BAU II, und den Nettoeffekten aus Komponente 1 und Komponente 2, sowie Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen.	180
Tabelle 66: Steuersätze für Reinbiokraftstoffe (in ct/l).	192
Tabelle 67: Quoten für die Beimischung von Biokraftstoffen.	192
Tabelle 68: Kennzahlen zum globalen Brutto-Produktions-Flächenbedarf Deutschlands für Nawaro – 2004 bis 2030, BAU I bis BAU II.	214
Tabelle 69: Die wesentlichen Ergebnisse aus den Alternativszenarienelementen im Überblick.	223
Tabelle 70: Übersicht zu den Ergebnissen für Treibhausgasemissionen mit Bezug auf die Nutzung von Nawaro in Deutschland im Jahre 2030.	226

Vorbemerkung

Das Projekt führte das Wuppertal Institut (WI), Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) und das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU) von Dezember 2005 bis Dezember 2007 im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) durch.

Die in der Studie für Biokraftstoffe erarbeiteten BAU-Szenarien orientieren sich noch an den im Jahr 2007 beschlossenen Meseberg-Zielen der Biokraftstoffquoten. Im April 2008 teilte das Umweltministerium mit, die Biokraftstoffquote für Ethanol nicht über 5%-Volumen zu steigern. Aufgrund dieser aktuellen Beschlusslage hat das Wuppertal Institut im Mai 2008 die Daten der vorliegenden Studie aktualisiert und die BAU-Szenarien und alle verknüpften Analysemodule angepasst. Eine umfassende textliche Anpassung des vorliegenden Endberichts an die neuen Zielvorgaben war jedoch aus Zeitgründen nicht möglich, sie erfolgte nur in den Kapiteln „Kurzfassung“, „6. Zusammenfassung der Ergebnisse“ und „7. Schlussfolgerungen und Politikempfehlungen“ sowie im Abschnitt „5.5 Schlussfolgerungen aus den Instrumenten“. Das Kapitel „8. Weiterer F+E-Bedarf“ bleibt davon unberührt.

Zur Anpassung an die neuen Bioethanolquotenregelungen wurde in beiden BAU-Szenarien davon ausgegangen, dass zum einen die neue Obergrenze des Beimischungsanteils zum Ottokraftstoff konstant zur Anwendung kommt. Zum anderen wurde für eine eher konservative Abschätzung aus den früheren BAU-Szenarien der erwartete Absatz von Bioethanol für den Kraftstoff E85 übernommen.

Die BAU-Szenarien für alle anderen Nawaro-Segmente bleiben unverändert.

Im Hinblick auf die neuen Zielsetzungen zur nationalen Biokraftstoffquote von 12-15% (energetisch) bis 2020 liegt das aktualisierte BAU-I-Szenario mit einer Biokraftstoffquote von 13,8% im Zielkorridor. Mit einer Biokraftstoffquote von 19,1% bildet das BAU-II-Szenario den oberen Entwicklungsrahmen ab, der bei Weiterverfolgung des früheren Meseberg-Zieles zu erwarten gewesen wäre. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Dynamik der Entwicklung im Biokraftstoffbereich zu deutlich höheren Quoten führt als angestrebt. Dies war in den letzten Jahren stets der Fall. Insofern spiegelt die Bandbreite zwischen BAU I und BAU II durchaus einen realistischen Erwartungshorizont wider.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit der Begrenzung der Bioethanolquote zwar ein Weg in die richtige Richtung eingeschlagen wurde, diese jedoch nicht ausreicht, um die vor allem durch die Biodieselnachfrage induzierten Probleme zu lösen, die in diesem Bericht aufgezeigt werden.

Kurzfassung

Dieser Bericht zeigt **Perspektiven und Handlungsmöglichkeiten zur Förderung einer nachhaltigen Flächennutzung unter Berücksichtigung des Ressourcenschutzes und der Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen** auf. Dabei wird sowohl die gesamte Flächennutzung in Deutschland als auch die globale Flächeninanspruchnahme Deutschlands für den inländischen Konsum landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich basierter Waren dargestellt. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung muss vor allem eine dauerhaft umweltgerechte Flächennutzung ermöglicht werden, die den Erfordernissen der stofflichen und energetischen Versorgung durch nachwachsende Rohstoffe gerecht wird und die zukünftige Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung nicht gefährdet.

Das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI) hat zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) und dem Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU) mit der vorliegenden Studie erstmals eine **umfassende globale Flächenbilanzierung für den Verbrauch von Biomasse in Deutschland für Ernährung und Nicht-Ernährungszwecke** durchgeführt und **die vor allem durch Flächennutzungsänderung induzierten Treibhausgasemissionen** hochgerechnet.

Business-as-usual (BAU) Szenarien zeigen bis zum Jahr 2030 die zu erwartende Größenordnung und Bandbreite der Mengenentwicklung in den wichtigsten energetischen und stofflichen Einsatzbereichen nachwachsender Rohstoffe. Diese basieren auf einschlägigen Marktstudien sowie zusätzlichen Recherchen und berücksichtigen die Umsetzung der bestehenden rechtlichen Regelungen und aktuellen politischen Zielvorgaben zum Einsatz von Biomasse. Die **Steigerung der landwirtschaftlichen Hektarproduktivitäten** bis zum Jahr 2030 wurde auf Basis einer eigenen im Rahmen dieses Projektes durchgeführten Expertenbefragung eingerechnet. Diese Steigerungsraten liegen deutlich unter den Werten, die in vorherigen Potenzialstudien angenommen wurden (basierend auf Fritsche et al., 2004), die als Grundlage der aktuellen Förderpraxis dienen, so dass deren Überprüfung angeraten ist.

Auf Grund des **inländischen Verbrauchs aller agrarischen Güter** belegte Deutschland im Jahr 2004 etwa 2.500 m² pro Person **intensiv bewirtschaftete landwirtschaftliche Fläche** für Ernährung, stoffliche und energetische Nutzung, etwa 400 m² mehr als im Inland zur Verfügung standen. In den BAU-Szenarien würde dieser Flächenbedarf bis 2030 auf 2.810 m² bis 2.930 m² pro Person ansteigen. Der zusätzliche Flächenbedarf beträgt insgesamt 2,5 Millionen bis 3,4 Millionen ha. Im Gegensatz dazu sinkt im gleichen Zeitraum die pro Kopf weltweit intensiv genutzte Fläche, hauptsächlich durch das Wachstum der Weltbevölkerung, auf ca. 2.000 m² pro Person. Dies bedeutet, dass der durch Agrokraftstoffe der ersten Generation, vor allem für Biodiesel auf Soja- und Palmölbasis, stark steigende inländische Bedarf bei BAU nur über eine weitere Ausdehnung der globalen intensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Fläche gedeckt werden könnte. Dies würde vor allem zu Lasten von

natürlichen Ökosystemen wie Grasländern, Savannen und tropischem Regenwald geschehen.

In der Studie wurden erstmals die **durch diese Flächennutzungsänderungen insgesamt induzierten Treibhausgasemissionen (THG)** berechnet und den THG Minderungspotenzialen durch Einsatz energetischer Biomasse anstelle fossiler Energieträger gegenüber gestellt. Der Nettoeffekt für den Importbedarf an Biodiesel resultiert in 2030 in einem zusätzlichen Treibhauspotenzial von 23 (BAU Szenario I) bis 37 (BAU Szenario II) Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten durch direkte und indirekte Landnutzungsänderungen. Berücksichtigt man den durch Ertragssteigerungen bis 2030 geringeren Flächenbedarf für die Produktion der konsumierten Nahrungsmittel, und damit die Mindestausdehnung der globalen Anbaufläche von 2,5 bis 3,4 Millionen Hektar (BAU I bis BAU II), die auch durch eine Zertifizierung nicht vermieden werden könnte, so ergibt sich für Biodiesel ein Gesamteffekt von einer geringen Minderung um 1 Million Tonnen bis 10 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten zusätzliches Treibhauspotenzial. Dieser Flächenmehrbedarf für agrarische Güter in 2030 gegenüber 2004 mindert den potenziellen Einspareffekt durch den energetischen Einsatz nachwachsender Rohstoffe für Strom/Wärme und Kraftstoffe um 52 bis 77% (bzw. um 13 bis 27 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente – BAU I bis BAU II). Somit würden vor allem die mit der globalen Flächenbeanspruchung Deutschlands verbundenen Emissionen für die Biodieselproduktion den klimapolitischen Zielen Deutschlands entgegenwirken.

Die Außenhandelsbilanz der **forstwirtschaftlichen Produkte** ist bislang mengenmäßig ausgeglichen, wobei auch der inländische Verbrauch in etwa dem Inlandsaufkommen entspricht.

Für die Zukunft ist zu erwarten, dass einerseits die Inlandsverwendung von Rohholz für energetische und stoffliche Zwecke deutlich steigen wird, und sich andererseits das inländische Rohholzaufkommen bis 2030 nur leicht erhöhen wird, da die Potenziale einer erhöhten Nutzung des heimischen Wirtschaftswaldes bereits weitgehend ausgeschöpft sind und den verbleibenden Potenzialen zur Mobilisierung von Holz in den kleineren Privatforsten eine Vielzahl von Hemmnissen entgegen stehen. Zudem ist zu erwarten, dass das Potenzial des Anbaus von holzartiger Biomasse auf landwirtschaftlichen Flächen (z.B. in Kurzumtriebsplantagen) erst mittel- bis langfristig zu einem veränderten Angebot von energetisch und stofflich nutzbarem Holz führen könnte.

Der Stand der Forschung ermöglicht keine gesicherten quantitativen Aussagen zum globalen Flächenbedarf für den deutschen Konsum forstwirtschaftlicher Produkte. Allerdings deutet sich an, dass für den zukünftig zu erwartenden inländischen Konsum in Deutschland eine zusätzliche Netto-Flächeninanspruchnahme entstehen wird. Basierend auf den BAU-Entwicklungen der zu erwartenden Holzstrommengen bis 2030 ist davon auszugehen, dass die steigende Differenz zwischen inländischem Rohholzaufkommen und deutlich zunehmender Rohholzverwendung im Wesentlichen durch Importe gedeckt werden wird. Somit würde die Inanspruchnahme von Waldflächen im Ausland zunehmen.

Eine weitere Förderung der inländischen Nachfrage nach forstwirtschaftlichen Produkten sollte von einer Untersuchung der damit verbundenen globalen Auswirkungen abhängig gemacht werden und insbesondere effizientere Nutzungssysteme (einschließlich der Optionen der Kaskadennutzung) anstreben. Besondere Beachtung erfordern auch jene Holzimporte, die auf illegalem Einschlag und nicht nachhaltiger Produktion beruhen. In diesem Zusammenhang steht auch, dass Deutschland ein bedeutender Verarbeiter von importiertem Holz und Holzprodukten ist, wodurch zumindest eine Mitverantwortung für die nachhaltige Erzeugung der in Deutschland verarbeiteten Hölzer und Holzprodukte entsteht.

Alternative Szenarienelemente zeigen deutlich, dass der globale Flächenrucksack Deutschlands nur durch effektive Maßnahmen zur Minderung der Nachfrage nach Biomasse in Produktion und Konsum reduziert werden kann. Hierzu zählen in erster Linie die Verminderung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emissionen von Neufahrzeugen, eine Reduzierung des Verbrauchs tierisch basierter Ernährung auf ein Maß, das auch gesundheitsförderlich wäre, sowie eine Verminderung der Abfallrate verzehrfähiger Nahrungsmittel in Haushalten und im Handel. Diese Maßnahmen würden sich zudem synergistisch im Hinblick auf die Erreichung klimapolitischer Ziele auswirken.

Um die **klima- und ressourcenpolitischen Ziele der Bundesregierung nicht zu gefährden**, bedarf es korrigierender Maßnahmen bei der Ausgestaltung politischer Zielsetzungen zum Einsatz von Biomasse. Die Ziele zum angestrebten, vorgeschriebenen und geförderten Einsatz von Energiepflanzen und Biokraftstoffen sollten überprüft werden. Die bislang geltenden Quoten des Biokraftstoffquotengesetzes sollten keinesfalls erhöht werden. Des Weiteren sollte vom nationalen Biokraftstoffziel¹ für 2020 von 12-15% Biomasseanteil am Kraftstoffverbrauch – auch im Hinblick auf die internationale Signalwirkung – Abstand genommen werden. Ein derartiges prozentuales Ziel wäre künftig allenfalls unter der Voraussetzung vertretbar, dass die insgesamt verbrauchte Kraftstoffmenge gegenüber heute drastisch (d.h. um mehr als die Hälfte) sinkt. Damit reduzierte sich auch entsprechend die Menge des künftig benötigten Biokraftstoffs.

Der Nawaro-Bonus des EEG sollte kritisch überprüft und die Energiepflanzenprämie abgeschafft werden. Vor allem der wachsende Anbau von Energiepflanzen, insbesondere für Biodiesel, trägt zur globalen Ausweitung der Anbaufläche und der durch Rodung verursachten Biodiversitätsverluste und zusätzlichen THG Emissionen bei. Dagegen ist die energetische Nutzung organischer Abfälle und Nebenprodukte ökologisch generell sinnvoll und sollte weiterhin gefördert werden.

¹ vgl. weiterentwickelte Strategie zur Bioenergie des BMU

Summary

This report highlights **perspectives and options for action in order to promote sustainable land use considering resource protection and supply with renewable raw materials**. Land use within Germany is described as well as the global land use of Germany based on its domestic consumption of products from agriculture and forestry. In terms of sustainable development, a long-lasting environmentally sound land use must be enabled which supports the required supply of renewable raw materials for energetic and non-energetic use while not endangering the future food supply of the growing world population.

The Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy (WI), together with the Fraunhofer Institute for Environmental, Safety and Energy Technology (UMSICHT) in Oberhausen and the Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg (IFEU), have for the first time **with this study** performed a **comprehensive global land use balance for the consumption of food and non-food biomass in Germany**, and have calculated **in particular those greenhouse gas emissions which result from land use changes**.

Business-as-usual (BAU) scenarios show the expected magnitude and range of the development of quantities for the most important energetic and non-energetic uses of renewable raw materials until 2030. These are based on relevant market studies and additional research considering the application of existing laws and recent policy targets with regard to the use of biomass. The **increase of agricultural yields per hectare** until 2030 was calculated on the basis of an enquiry to experts within this project. Expected rates of increase are significantly lower than values previously published (based on Fritsche et al. 2004) and as the basis for current promotion in practise, thus need to be reviewed.

Due to its **domestic consumption of all agricultural goods**, Germany required about 2,500 m² per person of **intensively cultivated agricultural area** for nutrition, non-energetic and energetic use in the year 2004, which was about 400 m² more land than was available domestically. In the BAU-scenarios this land requirement would increase to 2,810 m² to 2,930 m² per person in 2030. The additional land required covers 2.5 million to 3.4 million ha in total. In contrast, the global availability of intensively cultivated land declines to ca. 2,000 m² per person, mainly due to growth of the world population. This means that the growing domestic demand for first generation biofuels under BAU development, especially for biodiesel on the basis of soy oil and palm oil, could only be met by a further expansion of the global intensively cultivated agricultural area. This would mainly happen at the expense of natural ecosystems like grasslands, savannahs and tropical rainforests.

In this study, the **greenhouse gas emissions (GHG) induced in total by these land use changes** were calculated and compared with the GHG mitigation potential from the use of energetic biomass instead of fossil energy carriers. The net effect of the import demand of biodiesel in 2030 results in an additional greenhouse gas potential of 23 (BAU Scenario I) to 37 (BAU Scenario II) million tonnes CO₂-equivalents due to direct and indirect land use changes. Considering the reduced land requirement for the production of nutritional goods

consumed in 2030 due to increasing yields and thereby the least possible expansion of the global cultivated area, by 2.5 to 3.4 million hectares (BAU I to BAU II), which could not be avoided through certification systems, the total effect of the demand for biodiesel would result in the small mitigation of 1 million tonnes up to 10 million tonnes CO₂-equivalents of additional greenhouse gas potential. This additional land requirement for agricultural goods in 2030 versus 2004 lowers the potential GHG savings through the energetic use of renewable raw materials for electricity/heat and fuels by 52% to 77% (respectively by 13 to 27 million tonnes CO₂-equivalents – BAU I to BAU II). Therefore, emissions from the global land requirement of Germany due to biodiesel production would counteract the climate policy targets of the German government.

The foreign trade balance for **forestry products** is so far balanced with respect to quantities, where domestic consumption equals more or less domestic supply.

In the future it can be expected that on the one hand domestic use of timber for energetic and non-energetic use will increase significantly, while on the other hand domestic timber supply will only slightly increase because the potential for an increased use of domestic forests is already almost exhausted, and the remaining potential of smaller private forests are hampered by several barriers. In addition, it is expected that the potential for the cultivation of wooden biomass on agricultural land (e.g. short rotation plantations) will contribute to the supply of wood for energetic and non-energetic use only in the mid- to long-term.

The state-of-the-art research on the global land use for the domestic consumption of forestry products in Germany does not allow verified quantitative statements. However, development suggests that future domestic consumption in Germany will lead to an increased net land requirement. Based on BAU-developments of expected wood quantities until 2030 one can expect that the growing difference between domestic timber supply and significantly increasing timber use will mainly be covered through imports. Therefore, the requirement for forestry land abroad would increase.

Further promotion of the domestic demand for forestry products should be made conditional on an investigation of associated global consequences and should in particular strive for efficient use systems (including the option of cascading use). Special attention is needed for wood imports based on illegal logging and non-sustainable production. In the context that Germany is an important manufacturer of imported wood and wood products, at least a kind of shared responsibility arises for sustainable production of wood and wood products used in Germany.

Alternative scenario elements clearly demonstrate that the global land requirement of Germany can only be reduced through effective measures towards mitigation of the demand for biomass for production and consumption. This includes in the first place reduction of fuel consumption and CO₂-emissions of new cars, reduction in the consumption of animal based food to a level promoting healthy diets, and reduction of food wastes in households and trade. These measures would contribute synergistically to the achievement of climate policy targets.

In order not to endanger the **climate and resource policy targets of the German government** corrective measures for the implementation of policy targets for biomass use are needed. Existing targets for envisaged, enacted and promoted use of energy plants and biofuels should be reviewed. Existing legal biofuel quotas should by no means be increased. Furthermore, the national biofuels target for 2020 of a 12-15% biofuels share of fuel consumption should be withdrawn, especially as this would send a clear international message. Such a target in the future would only be justifiable if the total amount of fuel consumed would decrease drastically (i.e. by more than half) as compared with today. Thereby the respective amount of biofuels required in the future would also decrease.

The bonus for renewable raw materials of the Renewable Energy Sources Act (EEG) should be critically reviewed and the premium for energy plants should be abandoned. The increasing cultivation of energy plants, in particular for biodiesel, especially contributes to global expansion of the cultivation area, and thereby to biodiversity losses and additional GHG emissions through land clearing. In contrast, the energetic use of organic wastes and residues is in general worthwhile from an ecological point of view and should be further promoted.

1. Einleitung

In diesem Projekt werden Perspektiven und Handlungsmöglichkeiten zur Förderung einer nachhaltigen Flächennutzung unter Gesichtspunkten des Ressourcenschutzes und der Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen aufgezeigt. Dabei wird sowohl die gesamte Flächennutzung in Deutschland betrachtet als auch die globale Flächeninanspruchnahme Deutschlands für den inländischen Konsum landwirtschaftlich basierter Waren. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung muss vor allem eine dauerhaft umweltgerechte Flächennutzung ermöglicht werden, die den Erfordernissen der stofflichen und energetischen Versorgung durch nachwachsende Rohstoffe gerecht wird, und die zukünftige Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung nicht gefährdet.

Kapitel 2 beschäftigt sich mit den Potenzialen einer zukünftigen Nutzung nachwachsender Rohstoffe für die energetische und die stoffliche Verwendung, und leitet diese im Rahmen von Szenarien ab. Dabei wird zunächst mit Hilfe zweier Business-as-usual (BAU) Szenarien der nach fachlicher Einschätzung wahrscheinliche Entwicklungskorridor bis zum Jahr 2030 abgebildet, und die Flächenerfordernisse, die sich aus dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe ergeben, berechnet. Der Fokus der Studie liegt auf Anbaubiomasse aus landwirtschaftlicher Bewirtschaftung, jedoch werden in den Szenarien die Potenziale von Reststoffen, Abfällen und Waldholz mit betrachtet, um die Gesamtentwicklung im Kontext der erneuerbaren Energie aus Biomasse einzuschätzen. Außerdem werden mögliche Konfliktfelder im Bereich der Flächennutzung aufgezeigt. Zur Validierung des BAU-Entwicklungskorridors werden verschiedene Entwicklungspfade vorgezeichnet und in einer Reihe von Varianten untersucht. Eine Sensitivitätsanalyse zeigt, wie sich die Bewertung der Entwicklung der Hektarproduktivitäten auf den globalen Flächenbedarf auswirkt.

Kapitel 2 beschreibt zunächst die Herleitung der BAU Szenarien für die betrachteten Nawaro-Segmente zur energetischen und stofflichen Nutzung, und zeigt auf, wie dabei jeweils der globale landwirtschaftliche Brutto-Produktions-Flächenbedarf, unterschieden nach Inland und Ausland, berechnet wurde (Kapitel 2.1 bis 2.4). Die inländische Flächenbelegung wird darüber hinaus im Gesamtkontext aller Hauptnutzungsformen betrachtet, auch im Hinblick auf mögliche weitere Flächenpotenziale zum Anbau von Nawaro, und mit Blick auf den Flächenbedarf von Photovoltaik-Freiflächenanlagen (Kapitel 2.5). Weiterhin wird, über die Betrachtung der inländischen Flächennutzung sowie der globalen Flächennutzung für Nawaro hinaus, der globale Flächenbedarf für den inländischen Konsum aller landwirtschaftlich basierten Waren insgesamt in Deutschland ermittelt (Kapitel 2.6 und 2.7).

In dieser Studie wurden zwei Berechnungsverfahren für den globalen landwirtschaftlichen Flächenbedarf angewandt:

- 1) Die Zurechnung der gesamten Anbaufläche des landwirtschaftlichen Rohstoffs zur Nutzung als nachwachsender Rohstoff, unabhängig von weiteren Nutzungen verschiedener

Haupt- und Nebenprodukte. Dies beschreibt die Brutto-Produktionsfläche die real erforderlich ist, um den Nawaro mit der jeweiligen Menge zu erhalten.

2.) Die Zurechnung einer anteiligen Anbaufläche des landwirtschaftlichen Rohstoffs zur Nutzung als Nawaro, in Abhängigkeit von weiteren Nutzungen verschiedener Haupt- und Nebenprodukte. Dies beschreibt die Netto-Konsumfläche für agrarische Waren die anteilmäßig erforderlich ist, um den Nawaro mit der jeweiligen Menge zu erhalten.

Die Studie entwickelt weiterhin in **Kapitel 3** Alternativszenarienelemente, die die Möglichkeiten einer nachhaltigeren Flächennutzung zur stofflichen und energetischen Versorgung aufzeigen. Ein zentrales Kriterium ist hierbei der Anteil der in 2030 pro Kopf der Weltbevölkerung zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Nutzfläche, der möglichst nicht durch den Konsum agrarischer Güter in Deutschland überschritten werden soll. Darüber hinaus wird in den hierfür bedeutenden alternativen Szenarienelementen untersucht, welche Verminderung der Emission von Klimagasen durch verschiedene Varianten der Nutzung nachwachsender Rohstoffe möglich wäre. Damit werden u.a. die potenziellen Synergien zwischen Klima- und Ressourcenschutz aufgezeigt.

Für die in den BAU-Szenarien gezeichneten Entwicklungspfade wird in **Kapitel 4** ermittelt, welcher Nettoeffekt sich für die Verminderung von Treibhausgasen (THG) und nicht erneuerbarem Energieaufwand ($KEA_{erschöpflich}$) bei Verwendung von Bioenergie aus Anbaubiomasse gegenüber einer fossilen Variante ergibt. Dabei wird zum einen berechnet, in welchem Umfang jeweils ein Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche bei verschiedenen Biomassetypen zur Minderung der Umweltbelastung beiträgt. Zum anderen wird der Gesamteffekt auf die BAU-Szenarien unter der Annahme geschätzt, dass der Anbau nur auf bereits bestehenden Flächen stattfindet (Komponente 1). Darüber hinaus werden die Treibhausgasemissionen in den BAU-Szenarien berechnet, die sich unter Berücksichtigung der Landnutzungsänderungen durch Ausweitung der globalen Ackerfläche auf Kosten natürlicher Ökosysteme in tropischen Regionen ergeben würden (Komponente 2).

Ferner wird in **Kapitel 5** eine Analyse der wichtigsten Instrumente zur Steuerung der landwirtschaftlichen Flächennutzung durchgeführt.

Auf der Grundlage dieser Analysen und Bewertungen unterbreitet die Studie **Politikempfehlungen**, die dazu beitragen sollen, eine nicht nur klima- sondern insgesamt umweltverträgliche und global angemessene Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland zu ermöglichen.

2. BAU-Szenarien, Varianten und Sensitivitäten

Der folgende Ergebnisteil beschreibt zunächst die Herleitung der BAU Szenarien I und II und die daraus erzielten Ergebnisse zur weltweiten Beanspruchung landwirtschaftlicher Fläche für die untersuchten Nawaro-Segmente.

Zur Abschätzung der globalen landwirtschaftlichen Flächeninanspruchnahme für Nawaro wurde methodisch wie folgt vorgegangen:

1. **Identifizierung relevanter Nawaro-Segmente** mit dazugehörigen Rohstoffen und stofflichen und energetischen Verwendungen
2. **Analyse zur Mengenentwicklung der Rohstoffbedarfe** (Ist- und Trendanalyse des Marktes zur Bestimmung der nachgefragten Rohstoffmengen, BAU-Szenarien zur Mengenentwicklung)
3. **Analyse zum Flächenbedarf für die Rohstoffe** (Analyse der Hektarproduktivitäten, BAU-Szenarien der Flächenbedarfe, Unterscheidung von in- und ausländischen Flächenbedarf)
4. **Zusammenführung der Segmente zum globalen Brutto-Produktions-Flächenbedarf Deutschlands für nachwachsende Rohstoffe**
5. **Varianten** (zu bestimmten Entwicklungslinien in den Nawaro-Segmenten der BAU-Szenarien) **und Sensitivitätsanalyse** (zu den angenommenen Steigerungen der Hektarproduktivitäten)

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

In Kapitel 2.2 wird zudem ein Ansatz zur globalen Flächenabschätzung für Holz und Holzprodukte vorgestellt und diskutiert.

BAU Szenario I soll eine konservativ-realistische Einschätzung liefern, BAU II Szenario ebenfalls eine realistische aber gegen BAU I leicht erhöhte Entwicklung der Verwendung von Anbaubiomasse für stoffliche und energetische Nutzungen zeichnen. Die Spannweite zwischen BAU I und BAU II soll den wahrscheinlichen Entwicklungskorridor abbilden, der sich bei Fortdauer der jetzt wirksamen Rahmenbedingungen und Trends für das jeweilige Nawaro-Segment ergäbe. Dabei werden preisliche Verknappungseffekte über die Flächenkonkurrenz zwischen den verschiedenen Nawar-Segmenten und zwischen diesen und der Nahrungsmittelproduktion hier nicht berücksichtigt. Daher sind die BAU Szenarien über 2010 hinaus nicht als Prognosen zu interpretieren. Die Herleitung der BAU-

Szenarien, ihre Varianten sowie die Sensitivität der nach Expertenbefragung angelegten Steigerungen der Hektarproduktivitäten werden für die jeweiligen Nawaro-Segmente im Folgenden detailliert ausgeführt.

Weiterhin wird dargestellt, wie sich alle Haupt-Flächennutzungskategorien im Inland unter den Annahmen verschiedener Trends der Zunahme des ökologischen Landbaus entwickeln könnten.

Darüber hinaus werden die durch Importe von agrarischen Waren im Ausland belegten landwirtschaftlichen Flächen berechnet. Durch Einbeziehung der mit dem Außenhandel agrarischer Waren verbundenen Flächen wird die für den inländischen Konsum in Deutschland weltweit benötigte landwirtschaftliche Nutzfläche ermittelt. Die zukünftige verstärkte Nutzung von Nawaro führt zu zusätzlichem weltweitem Flächenbedarf. Dieser wird verglichen mit der global heute und in Zukunft verfügbaren landwirtschaftlichen Fläche pro Kopf der Weltbevölkerung.

2.1. Nachwachsende Rohstoffe für die stoffliche Nutzung (ohne Holz)

In internen Projektworkshops wurde eine Auswahl der nach Experteneinschätzung (v.a. FHI-UMSICHT) mit signifikanten Mengenanteilen und hohen Wachstumspotenzialen versehenen Nawaro-Segmente getroffen (siehe folgende Übersicht). Diese sind:

- Kohlehydrathaltige Pflanzen;
- ölhaltige Pflanzen;
- Faserpflanzen;
- Arzneipflanzen und Färberpflanzen.

Segment	Rohstoffe	Verwendung
Kohlehydrathaltige Pflanzen	Stärke	Papier, Pappe, Chemie
	Zucker	Chemische Industrie
Ölhaltige Pflanzen	Rapsöl (und Rüböl)	chemisch-technische Industrie
	Sonnenblumenöl	chemisch-technische Industrie
	Leinöl	chemisch-technische Industrie
	Öle unbestimmter Rohstoffbasis	chemisch-technische Industrie
	Raps	Schmier- und Verfahrensstoffe
Faserpflanzen	Flachs	Autobau
	Flachs	Textilien
	Hanf	Autobau
	Flachs und/oder Hanf	Dämmstoffe
Arzneipflanzen und Färberpflanzen	Arzneipflanzen	Phytopharmaka
	Färberpflanzen	Farbstoffe

Die in dieser Studie verwendeten Quellen und Daten sowie weitere Angaben zu wesentlichen Grundannahmen für die Ableitung von Potenzialen der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe werden in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

2.1.1. Kohlehydrathaltige Pflanzen

Stärke, Cellulose und Zucker werden in Deutschland in großen Mengen stofflich verarbeitet. Die Papier- und Pappeindustrie nutzt mit gut drei Vierteln den größten Anteil der Stärke, der Rest wird von der chemischen Industrie beansprucht². Zucker wird als industrieller Rohstoff ausschließlich in der Chemie verwendet. Cellulose wird in dieser Studie unter „Holz“ betrachtet. In geringeren Mengen werden diverse andere nachwachsende Rohstoffe eingesetzt (beispielsweise spezielle Pflanzeninhaltsstoffe und Pflanzenexsudate, Polysaccharide, Lignin). Diese werden hier wegen ihrer geringen quantitativen Bedeutung - oder weil sie als Nebenprodukte anfallen wie z.B. Lignin - nicht weiter betrachtet.

Endprodukte der Verarbeitung von Stärke und Zucker sind Papier, Kleber, Lacke, Farben, Kunststoffe, Waschmittel, Kosmetika, Pharmazeutika. Die in dieser Studie verwendeten Daten und Quellen sowie Angaben zu wesentlichen Grundannahmen und Berechnungen sind in der folgenden Box dargestellt.

Herleitung der BAU-Szenarien: Kohlehydrate (Stärke und Zucker)

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die Konstruktion dieses Nawaro-Segments gegeben, die ausführliche Herleitung schließt sich an.

1. Stärke:

1.1. Rohstoffe: Weizen, Mais, Kartoffeln (in Deutschland, differenziert nach Angaben des BMELV)

1.2. Produkte: Papier, Wellpappe, Kleber, Lacke, Farben, Kunststoffe, Waschmittel, Kosmetika, Pharmazeutika

1.3. Verwendung: Papier-Pappe-Industrie, chemische Industrie

	BAU I			BAU II			Varianten
	2010	2020	2030	2010	2020	2030	
Mengen	Wachstum der Verwendung von 2% p.a. seit 2005	weiteres Wachstum der Verwendung von 1% p.a. seit 2010	weiteres Wachstum der Verwendung von 1% p.a. seit 2020	Wachstum der Verwendung von 3% p.a. seit 2005	weiteres Wachstum der Verwendung von 1% p.a. seit 2010	weiteres Wachstum der Verwendung von 1% p.a. seit 2020	
INSGESAMT	nach BMELV Daten wurden die Anteile für 2004 wie folgt ermittelt: Weizenstärke 32%, Maisstärke 40%, Kartoffelstärke 28%. Diese Verteilung wurde über den gesamten Zeitraum bis 2030 als konstant angenommen.						hohe Verwendung von Weizenstärke für Biopolymere (Meo et al. Teil II)
im Inland	Die aus inländischem Anbau resultierende Menge ergibt sich aus Fläche mal Ertrag, wobei dieselbe Verteilung der Stärkepflanzen angenommen wird wie für Insgesamt.						
im Ausland	Die aus ausländischem Anbau resultierende Menge ergibt sich als Differenz von Insgesamt minus Mengen aus inländischem Anbau, wobei auch hier dieselbe Verteilung der Stärkepflanzen angenommen wird wie für Insgesamt.						
ha-Produktivitäten							
im Inland	Die Erträge für Stärke aus Weizen, Mais und Kartoffeln wurden für 2004 und 2005 nach Daten des BMELV abgeleitet. Nach Einschätzung der FAL wurden folgende Ertragssteigerungen über den gesamten Zeitraum angenommen: 1,3% p.a. (Weizen); 2% p.a. (Körnermais); 1,8% p.a. (Kartoffeln)						
im Ausland	wie für Inland						
Flächen	Der Globale Flächenbedarf wird differenziert ermittelt für Stärke aus Weizen, Mais und Kartoffeln, jeweils berechnet aus Mengen geteilt durch Erträge (ermittelt für inländischen Anbau).						
im Inland	Wachstum der Fläche analog zur Verwendung von 2% p.a. seit 2004	weiteres Wachstum der Fläche analog zur Verwendung von 1% p.a. seit 2010	weiteres Wachstum der Fläche analog zur Verwendung von 1% p.a. seit 2020	Wachstum der Fläche analog zur Verwendung von 3% p.a. seit 2004	weiteres Wachstum der Fläche analog zur Verwendung von 1% p.a. seit 2010	weiteres Wachstum der Fläche analog zur Verwendung von 1% p.a. seit 2020	
im Ausland	berechnet als Differenz von Globaler Flächenbelegung minus Fläche im Inland.						

2. Zucker

2.1. Rohstoffe: Zuckerrüben (in Deutschland)

2.2. Produkte: Pharmazeutika, Kunststoffe, Kleber, Bindemittel

2.3. Verwendung: Chemische Industrie

² Die Nahrungsmittelindustrie bleibt bei dieser Betrachtung der stofflichen Verwendung außen vor.

Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe BAU-Szenarien, Varianten und Sensitivitäten

	BAU I			BAU II			Varianten
	2010	2020	2030	2010	2020	2030	
Mengen	Wachstum der Verwendung von 10% p.a. seit 2005	weiteres Wachstum der Verwendung von 5% p.a. seit 2010	weiteres Wachstum der Verwendung von 5% p.a. seit 2020	Wachstum der Verwendung von 15% p.a. seit 2005	weiteres Wachstum der Verwendung von 5% p.a. seit 2010	weiteres Wachstum der Verwendung von 5% p.a. seit 2020	
im Inland	berechnet aus zur Verfügung stehender Fläche im Inland und Ertrag von Zucker aus Zuckerrübenanbau in Deutschland						
im Ausland	ergibt sich als Differenz von Gesamtmengen minus Mengen Zucker aus Anbau im Inland						Importe auf Zuckerrohrbasis statt auf Rübenzuckerbasis.
ha-Produktivitäten							
im Inland	Berechnet für 2004 und 2005 aus Ertrag für Zuckerrübenanbau in Deutschland und Zuckerausbeute. Die Steigerung der inländischen Erträge basiert auf einer Einschätzung der FAL und entspricht 1,5% p.a. über den gesamten Zeitraum.						
im Ausland	gleiche Annahmen wie für Inland						
Flächen	Globaler Flächenbedarf berechnet aus Mengen insgesamt und ha-Ertrag für Zucker aus Zuckerrübenanbau in Deutschland						
im Inland	Wachstum der Fläche von 2% p.a. seit 2004	weiteres Wachstum der Fläche von 1% p.a. seit 2010	weiteres Wachstum der Fläche von 1% p.a. seit 2020	wie BAU I	wie BAU I	wie BAU I	
im Ausland	ergibt sich als Differenz von Globalfläche minus Fläche im Inland						

1. Gesamtaufkommen bzw. Gesamtabatz in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

1.a. Stärke

- Die Studie von Meó consulting team, Faserinstitut Bremen und Institut für Energetik und Umwelt gibt an, dass in 2004 in Deutschland insgesamt 640.000 Tonnen Stärke aus Nawaro abgesetzt wurden, davon 378.000 Tonnen für die Papierherstellung, 115.000 Tonnen für die Wellpappenherstellung und 147.000 Tonnen für die chemische Industrie (Meó et al., 2006; Tabelle 1). Nach Rohstoffen entfielen auf Basis der BMELV Landwirtschaftstatistik in 2004 ca. 204.000 Tonnen auf Weizenstärke, 254.000 Tonnen auf Maisstärke und 182.000 Tonnen auf Kartoffelstärke (BMELV, 2006e).

- Für den Zeitraum 2004 bis 2010 wird von einem durchschnittlichen Marktzuwachs von 2-3% p.a. ausgegangen (Meó et al., 2006), wir legen für diese Studie in BAU I 2% zugrunde.

- Die Studie von Meó et al., 2006, nimmt für den Zeitraum nach 2010 einen weiter wachsenden Markt an, wir nehmen für diese Studie einen durchschnittlichen Marktzuwachs von 1% p.a. für den Zeitraum von 2011 bis 2030 an.

- Diese Annahmen führen zu einem erwarteten Bedarf von etwa 943.000 t Stärke in 2030 (Tabelle 1).

1.b. Zucker

- In 2004 wurden insgesamt ca. 240.000 Tonnen Zucker für die stoffliche Verwendung in Deutschland abgesetzt, hauptsächlich für die Pharmaindustrie, daneben zur Herstellung von Kunststoffen, Klebern, Bindemitteln (Meó et al., 2006; Tabelle 1).

- Für den Zeitraum 2004 bis 2010 wird von einem durchschnittlichen Marktzuwachs von 10-15% p.a. ausgegangen (Meó et al., 2006), wir legen für diese Studie in BAU I 10% zugrunde.

- Die Studie von Meó et al., 2006, nimmt für den Zeitraum nach 2010 einen weiter wachsenden Markt an, wir nehmen für diese Studie einen durchschnittlichen Marktzuwachs von 5% p.a. für den Zeitraum von 2011 bis 2030 an.

- Diese Annahmen führen zu einem potenziellen Bedarf von etwa 1,26 Millionen Tonnen Zucker in 2030 (Tabelle 1).

1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion

- Das Aufkommen von Stärke bezieht sich hier auf die inländische Produktion in Deutschland in der Papier- und Pappe- sowie der chemischen Industrie.

- Das Gesamtaufkommen von Zucker aus inländischer Produktion entspricht dem Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland (siehe 1.1.1.).

1.1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland

- Das Aufkommen von Stärke entstammt hier insoweit inländischer Produktion aus Anbau in Deutschland wie dies auf Basis der verfügbaren Flächen (siehe 3.1.) berechnet wird.
- Für Zucker ergibt sich dieses im gleichen Sinne aus der für diese Nutzung im Inland zur Verfügung stehenden Fläche (siehe 3.1) multipliziert mit dem Ertrag (siehe 2.1.).

1.1.2. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Ausland

- Diese ergibt sich aus der Differenz von Gesamtaufkommen (1.1.) und Aufkommen aus inländischem Anbau (1.1.1.).
- Für Zucker wird diese Option nicht in Betracht gezogen, es wird vielmehr davon ausgegangen, dass nur Direktimporte von Zucker in Frage kommen (siehe 1.2).

1.2. Direktimporte

- Für Stärke kommt diese Option nicht in Frage.
- Für Zucker ergibt sich die durch Direktimporte in Deutschland verwendete Menge als Differenz von Gesamtaufkommen (siehe 1.) und Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion (siehe 1.1.).

Tabelle 1: Stoffliche Verwendung von Stärke und Zucker (in Tonnen) – BAU I.

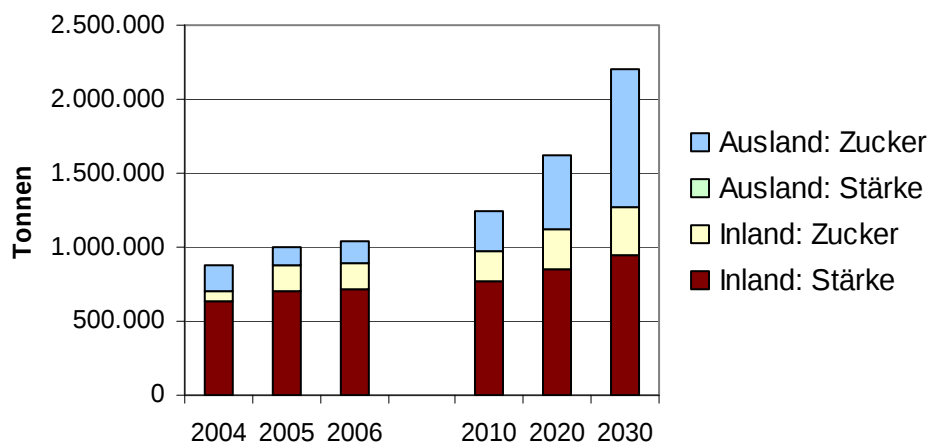
		2004	2005	2006	2010	2020	2030
		1. Verwendung in Tonnen					
Stärke	Papierherstellung	378.000	391.034	398.855	431.733	476.902	526.797
	Wellpappeherstellung	115.000	118.965	121.345	131.347	145.089	160.269
	Chemische Industrie	147.000	190.000	193.800	209.775	231.722	255.966
	INSGESAMT	640.000	700.000	714.000	772.856	853.714	943.031
	darunter: Weizenstärke	204.455	223.623	228.095	246.898	272.729	301.262
	darunter: Maisstärke	253.538	277.306	282.853	306.169	338.201	373.584
	darunter: Kartoffelstärke	182.007	199.070	203.051	219.789	242.784	268.185
		2004	2005	2006	2010	2020	2030
Zucker	INSGESAMT	240.000	295.000	324.500	475.100	773.889	1.260.583
	davon importiert	171.118	121.550	145.495	269.235	512.375	928.378
	davon aus inländischer Produktion	68.882	173.450	179.005	205.865	261.514	332.205

Quelle: Meó et al., 2006; BMELV LW-Statistik, 2006; diese Studie

Anmerkung: Die markierten Zahlen entsprechen dokumentierten Werten, die nicht markierten Zahlen wurden selbst geschätzt. Erläuterungen hierzu im Text.

Die folgende Abbildung 1 zeigt die zeitliche Entwicklung des Aufkommens von Stärke und Zucker für die stoffliche Nutzung (in Tonnen) in Deutschland von 2004 bis 2030, differenziert nach Herkunft aus inländischem Anbau oder über Importe, wie sie sich aus den zuvor beschriebenen Daten und Annahmen ergibt.

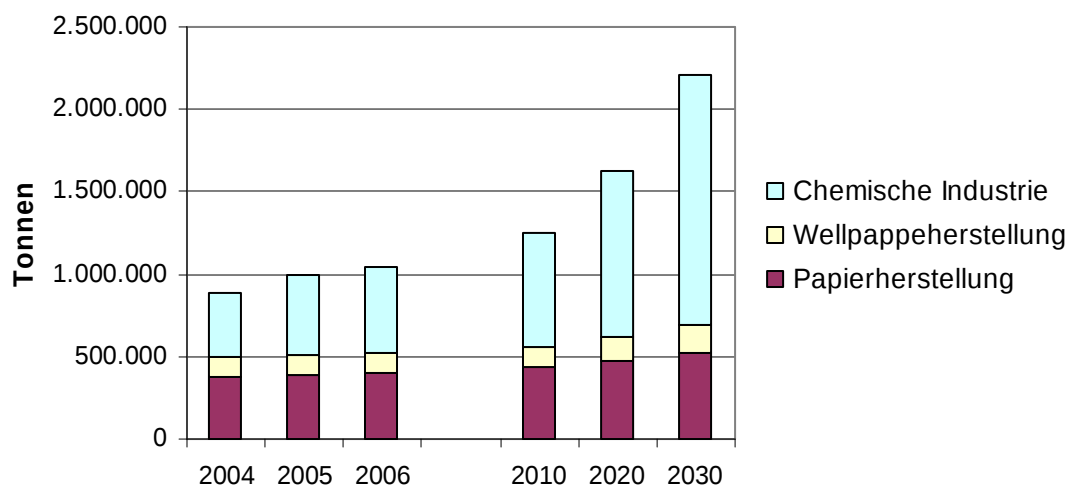
Abbildung 1: BAU I: Aufkommen von Stärke und Zucker in Deutschland aus inländischer Produktion sowie Importen (Ausland), 2004 bis 2030.



Quelle: Meó et al., 2006; BMELV LW-Statistik, 2006; diese Studie.

Abbildung 2 verdeutlicht, dass vor allem die chemische Industrie die treibende Kraft für die erwartete Zunahme der Verwendung von Stärke und Zucker ist.

Abbildung 2: Verwendung von Stärke und Zucker in Deutschland, 2004 bis 2030. BAU I



Quelle: Meó et al., 2006; BMELV LW-Statistik, 2006; diese Studie

2. Hektarproduktivitäten

2.1. Bei Anbau im Inland

- Für Stärke werden keine Werte zu Erträgen im Inland benötigt, da die Fläche für 2004 und 2005 direkt ausgewiesen wird (FNR, 2006a) und für den Zeitraum 2006 bis 2030 geschätzt wird (siehe 3.1.).
- Für Zucker wurden die Erträge für 2004 und 2005 berechnet aus dem Ertrag für den Zuckerrübenanbau in Deutschland und der Zuckerausbeute (Daten nach BMELV-Statistik, z.B. 9,6 Tonnen Zucker pro Hektar in 2005). Für den Zeitraum 2006 bis 2030 wurden auf Basis einer eigenen Expertenbefragung (FAL) Ertragsteigerungen von 1,5% p.a. angenommen.

2.2. Bei Anbau im Ausland

- Für Stärke werden dieselben Erträge und Ertragssteigerungen wie im Inland angenommen.
- Aufgrund fehlender spezifischer Daten für Importe werden hier für Zucker dieselben Erträge angenommen wie für den inländischen Anbau. Dabei wird unterstellt, dass der Import aus europäischen (EU) Ländern kommt. In einer Variantenrechnung wurde angenommen, dass der Import auf Basis von Rohrzucker stattfinden würde, dies hatte jedoch keinen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis (der globale Flächenbedarf für Zucker lag in der Variante Zuckerrohr statt Rübenzucker um etwa 4% niedriger).

3. Globale Belegung landwirtschaftlicher Flächen

3.1. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Inland

- Für Stärkepflanzen zur stofflichen Nutzung wurden Daten für 2004 und 2005 nach FNR, 2006a, übernommen. Für den Zeitraum von 2006 bis 2010 wurde von einem Flächenzuwachs von 2% p.a. ausgegangen, für den Zeitraum 2011 bis 2030 von 1% p.a., also analog zur Entwicklung bei der Verwendung (siehe 1.).
- Für Zuckerpflanzen wurde von der gleichen Flächenentwicklung wie für Stärkepflanzen ausgegangen.

3.2. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Ausland

- Für Stärke ergibt sich diese als Differenz von erforderlicher Globalfläche und im Inland verfügbarer Fläche.
- Für Zucker ergibt sich diese im gleichen Sinne als Differenz von globaler Flächenbelegung (berechnet als Gesamtaufkommen - siehe 1.- geteilt durch Ertrag – siehe 2.) und Flächenbelegung im Inland (siehe 3.1.).

4. BAU II

Die Unterschiede zu BAU I sind:

4.a. Stärke

- Für den Zeitraum 2004 bis 2010 wird von einem durchschnittlichen Marktzuwachs von 3% p.a. ausgegangen (gegenüber 2% in BAU I).
- Diese Annahmen führen zu einem erwarteten Bedarf von etwa 990.000 t Stärke in 2030 (gegenüber 943.000 Tonnen in BAU I).

4.b. Zucker

- Für den Zeitraum 2004 bis 2010 wird von einem durchschnittlichen Marktzuwachs von 15% p.a. ausgegangen (gegenüber 10% in BAU I). Ansonsten wie BAU I.
- Diese Annahmen führen zu einem erwarteten Bedarf von etwa 1,57 Millionen t Zucker in 2030 (gegenüber 1,26 Millionen Tonnen in BAU I).

5. Unsicherheiten und offene Punkte

Die Marktpotenziale über 2010 hinaus sind schwer einschätzbar. Zum einen befinden sich zahlreiche Verfahren zur Konversion von Biomasse zu chemischen

Grundstoffen noch im Stadium der Grundlagenforschung. Dies gilt vor allem für die weiße Biotechnologie mit ihren chemischen Produkten Basischemikalien, Zwischenprodukte, Polymere und Feinchemikalien. Dies wird für Biopolymere in einer Variante betrachtet (s.u.). Zum anderen entscheiden derzeit schwer einschätzbare Marktbedingungen, rechtlich-administrative Regelungen sowie F+E-Förderung über die zukünftigen Marktchancen von Stoffen aus pflanzlicher Stärke und Zucker. Optimistische Szenarien prognostizieren für die biotechnische Industrie in Europa in den kommenden zehn Jahren Wachstumsraten von bis zu 20% p.a. (Meó et al., 2006). Damit liegen die den BAU Szenarien zugrunde liegenden Wachstumsraten (siehe 1.) noch deutlich unter dieser optimistischen Prognose.

6. Varianten

In Maximalvarianten soll weiterhin versucht werden, die höchstmöglichen Substitutionspotenziale für nicht nachwachsende Materialien durch Nawaro in den genannten Verwendungsbereichen zu ermitteln und den dafür erforderlichen globalen Flächenbedarf zu schätzen. Dies wird für Stärke und Zucker gemeinsam mit Ölen und Fetten durchgeführt, da beide Produktpaare für chemische Erzeugnisse relevant sind (siehe Kapitel 2.1.2 „Ölhaltige Pflanzen“).

Globale Flächenbelegung für Stärke und Zucker unter BAU I Bedingungen

Die Anbaufläche für stärkehaltige Pflanzen zur stofflichen Nutzung in Deutschland betrug in 2004 125.000 Hektar, in 2005 128.000 Hektar (FNR, 2006a). Bis 2030 wird, wenn die zuvor genannten Potenziale realisiert werden, ein Anstieg der Anbaufläche für Stärkepflanzen in Deutschland auf 172.000 ha erwartet. Der gesamte globale Flächenbedarf für Stärke beruht überwiegend auf inländischen Flächen, zu etwa zwei Dritteln in 2004 und zu etwa 88% in 2030 (Tabelle 2).

Die inländische Anbaufläche für zuckerhaltige Pflanzen zur stofflichen Nutzung in Deutschland betrug in 2004 ca. 7.000 Hektar, in 2005 18.000 Hektar (FNR, 2006a). Die globale Flächenbelegung für zuckerhaltige Pflanzen zur stofflichen Nutzung in Deutschland betrug dagegen in 2004 ca. 24.000 Hektar, in 2005 ca. 31.000 Hektar. Somit beruhte die stoffliche Nutzung von Zucker in Deutschland in 2004 zu 71%, in 2005 zu 41% auf im Ausland belegten Flächen. Bis 2030 wird, wenn die zuvor genannten Potenziale realisiert werden, ein Anstieg der globalen Anbaufläche für die stoffliche Nutzung von Zucker in Deutschland auf etwa 92.000 ha erwartet. Davon würden ca. 74% der Anbauflächen im Ausland liegen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Stärke und Zucker (in Hektar) – BAU I

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
		2. Globaler Flächenbedarf in Hektar					
Stärke	Papierherstellung	110.962	119.160	119.553	121.479	115.179	109.297
	Wellpappeherstellung	33.758	36.252	36.372	36.958	35.041	33.252
	Chemische Industrie	43.152	57.899	58.090	59.026	55.964	53.106
	INSGESAMT	187.872	213.311	214.015	217.462	206.185	195.654
	Weizen	80.059	95.770	96.432	99.285	97.055	94.875
	Körnermais	88.840	95.701	95.701	96.056	88.421	81.393
	Kartoffeln	18.973	21.840	21.883	22.122	20.709	19.386
Zucker	INSGESAMT	24.389	30.614	33.283	45.864	64.964	92.017
		2.1. darunter: Anbaufläche in Deutschland in Hektar					
Stärke	INSGESAMT	125.000	128.000	130.560	141.322	156.108	172.440
	Weizen	53.267	57.468	58.828	64.522	73.483	83.618
	Körnermais	59.109	57.427	58.382	62.424	66.946	71.736
	Kartoffeln	12.624	13.105	13.349	14.376	15.679	17.086
Zucker	INSGESAMT	7000	18000	18360	19873	21953	24249
		2.2. darunter: Anbaufläche im Ausland in Hektar					
Stärke	INSGESAMT	62.872	85.311	83.455	76.140	50.077	23.214
	Weizen	26.792	38.302	37.604	34.762	23.572	11.257
	Körnermais	29.731	38.274	37.319	33.632	21.475	9.657
	Kartoffeln	6.350	8.734	8.533	7.746	5.030	2.300
Zucker	INSGESAMT	17.389	12.614	14.923	25.991	43.011	67.767

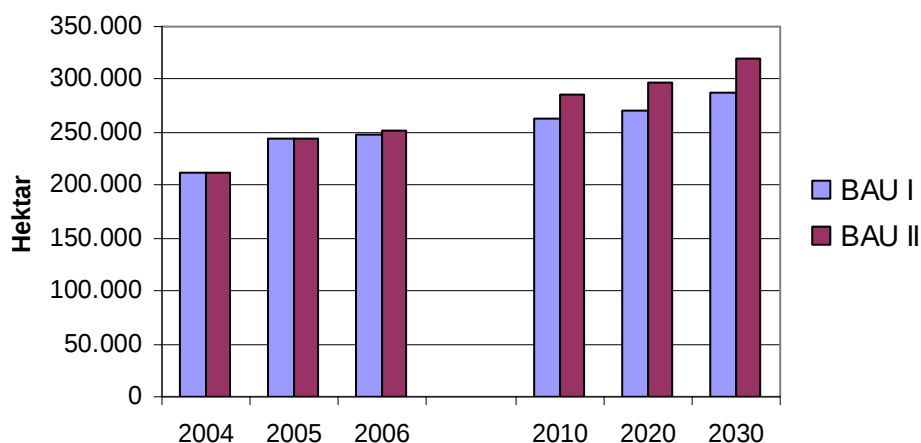
Quelle: Meó et al., 2006; BMELV LW-Statistik, 2006; diese Studie.

Anmerkung: Die markierten Zahlen entsprechen dokumentierten Werten, die nicht markierten Zahlen wurden selbst gerechnet auf Basis der im Text genannten Daten und Annahmen.

Globale Flächenbelegung für Stärke und Zucker unter BAU II Bedingungen

Ein gegenüber BAU I um ca. 16% erhöhter Bedarf für Stärke und Zucker führt unter BAU II Bedingungen bis 2030 zu einem globalen Flächenbedarf von insgesamt ca. 320.000 Hektar (Abbildung 3). Diese globale Fläche für Stärke und Zucker insgesamt würde in BAU II zu ca. 36% im Ausland lokalisiert sein (gegenüber ca. 32% in BAU I).

Abbildung 3: Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Stärke und Zucker (in Hektar) – BAU I und BAU II



Quelle: FNR, 2006a; diese Studie.

Variante: erhöhter Bedarf für Weizenstärke für Biopolymere

In einem Szenario, welches die Potenziale für einen Einsatz von Biopolymeren in vier aussichtsreichen Anwendungsbereichen unter günstigen Rahmenbedingungen bewertet, wird das Potenzial für die stoffliche Nutzung von Weizenstärke aus deutschem Anbau zur Herstellung von Biopolymeren auf bis zu 1,9 Millionen Tonnen in 2020 geschätzt (Meó et al., 2007). Dies würde einen Weizenbedarf von ca. 6 Millionen Tonnen hervorrufen, entsprechend ca. 35% der Inlandsverwendung in 2004, und damit ein signifikanter Beitrag zur Verschärfung direkter Nutzungskonkurrenzen. Weiterhin wäre unter diesen Umständen eine Steigerung der Nahrungsmittelpreise anzunehmen.

Bei verstärkter Nutzung von Weizenstärke zur Herstellung von Biopolymeren würde sich in 2030 ein etwa 4-fach höherer globaler Flächenbedarf als nach BAU ergeben (Tabelle 3). Nach Experteneinschätzung (Meó et al., 2007) kann von Weizen, aus Anbau in Deutschland, für diese Verwendung ausgegangen werden, daher würde der Anteil ausländischer Flächen in 2030 nur noch bei 2% liegen, gegenüber 12% in BAU I und II.

Tabelle 3: Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Stärke (in Hektar) sowie Anteile an im Ausland belegten Flächen – BAU I, BAU II und Variante Biopolymere.

Anbauflächen in ha: Gesamt			
	2010	2020	2030
Stärke nach BAU I	217.462	206.185	195.654
Stärke nach BAU II	228.333	216.492	205.435
Stärke nach Variante Biopolymere	358.616	887.483	798.903
Anbauflächen in ha: Anteil im Ausland			
	2010	2020	2030
Stärke nach BAU I	35%	24%	12%
Stärke nach BAU II	35%	24%	12%
Stärke nach Variante Biopolymere	12%	3%	2%

Quelle: Meó et al., 2006, 2007; BMELV LW-Statistik, 2006; diese Studie.

2.1.2. Ölhaltige Pflanzen

Bei den Agrarrohstoffen für die stoffliche Nutzung in Deutschland dominieren mengenmäßig Fette und Öle. Sie machen ungefähr die Hälfte der in der chemischen Industrie in Deutschland stofflich verwendeten nachwachsenden Rohstoffe aus. Die verwendeten Öle und Fette unterscheiden sich hinsichtlich Fettsäuremuster und Funktionalität. Etwa die Hälfte sind Rizinusöl, Palmöl, Sojaöl und Kokosöl. Ein Fünftel sind Rapsöl, Rüböl, Leinöl, Sonnenblumenöl. Die restlichen 30% entfallen auf tierische Fette (FNR, 2006). Von den „Importölen“ Rizinusöl, Palmöl, Sojaöl und Kokosöl beanspruchte die chemische Industrie in 2004 den allergrößten Anteil (86%) des gesamten Imports nach Deutschland.

Endprodukte der Verarbeitung von Ölen und Fetten sind Polymere und Polymerhilfsstoffe, Wasch- und Reinigungsmittel, Tenside, Lacke und Farben, Schmierstoffe.

Die in dieser Studie verwendeten Daten und Quellen sowie Angaben zu wesentlichen Grundannahmen und Berechnungen sind in der folgenden Box dargestellt.

Herleitung der BAU-Szenarien: Pflanzenöle für die stoffliche Nutzung

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die Konstruktion dieses Nawaro-Segmentes gegeben, die ausführliche Herleitung schließt sich an.

1. Pflanzliche Öle für die stoffliche Nutzung in der chemisch-technischen Industrie

1.1. Rohstoffe: Raps und Rübsen, Sonnenblumen, Öllein (aus Anbau in Deutschland und aus Importen); außerdem weitere importierte pflanzliche Öle unbestimmter Rohstoffbasis für die der Importmix für Deutschland bestehend aus Soja, Palm und Kokos (Laurinöl), Rizinus zugrunde gelegt wird

1.2. Produkte: Polymere und Polymerhilfsstoffe, Wasch- und Reinigungsmittel, Tenside, Lacke und Farben

1.3. Chemische Industrie

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	Wachstum der Verwendung von 2,5% p.a. seit 2004	Wachstum der Verwendung von 2% p.a. seit 2010	Wachstum der Verwendung von 1,5% p.a. seit 2020	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I
im Inland	Es wird generell differenziert in: (1) Raps- und Rüböl, (2) Sonnenblumenöl, (3) Leinöl (siehe 1.1). Für jede dieser Produktlinien wird dieselbe relative Entwicklung angenommen wie für die Gesamtmengen (s.o.). Für (1) wird angenommen, dass Raps- und Rüböl nur aus inländischem Anbau kommen. Der Anteil von (2) und (3) aus Anbau im Inland wird berechnet aus Fläche mal Ertrag (s.u.).					
im Ausland	Der Anteil von Sonnenblumenöl (2) sowie Leinöl (3) aus Anbau im Ausland wird berechnet aus Gesamtaufkommen dieser Öle minus Aufkommen aus Anbau im Inland (s.o.). Der Importmix pflanzlicher Öle (4) wird berechnet aus Gesamtaufkommen aller Öle (siehe Mengen) minus dem Aufkommen der spezifizierten Öle nach (1) bis (3).					
ha-Produktivitäten						
im Inland	Für Raps- und Rüböl (1) wird eine 1,5%ige Steigerung p.a. für den gesamten Zeitraum bis 2030 angenommen. Für Sonnenblumenöl entsprechend 0,5% p.a. (2) und für Leinöl 0,1% p.a. (3) Ertragssteigerung über den Zeitraum bis 2030.					
im Ausland	Für Sonnenblumenöl (2) und Leinöl (3) werden Ertragssteigerungen wie im Inland angenommen. Für den Importmix pflanzlicher Öle (4) wird eine 1,5%ige Steigerung p.a. über den gesamten Zeitraum bis 2030 angenommen.					
Flächen						
im Inland	Globaler Flächenbedarf entspricht hier der Summe von Anbaufläche im Inland und Flächenbedarf im Ausland für Importe			Für Raps- und Rüböl (1) ergibt sich die Inlandsfläche aus Mengen geteilt durch Ertrag. Für Sonnenblumenöl (2) und Leinöl (3) wird ein Wachstum der Fläche von 2% p.a. seit 2004 bis 2030 angenommen.		
im Ausland	Für Raps- und Rüböl (1) ergibt sich die Inlandsfläche aus Mengen geteilt durch Ertrag. Für Sonnenblumenöl (2) und Leinöl (3) wird ein Wachstum der Fläche von 3% p.a. seit 2004 bis 2030 angenommen.			Für Raps- und Rüböl (1) ergibt sich die Inlandsfläche aus Mengen geteilt durch Ertrag. Für Sonnenblumenöl (2) und Leinöl (3) wird ein Wachstum der Fläche von 3% p.a. seit 2004 bis 2030 angenommen.		
	Wird hier berechnet aus Mengen im Ausland geteilt durch ha-Produktivitäten im Ausland					

2. Pflanzliche Schmier- und Verfahrensstoffe

2.1. Rohstoffe: hauptsächlich Raps aus Anbau in Deutschland

2.2. Produkte: Schmieröle und -fette, Hydrauliköle, Multifunktionsöle, Getriebeöle, Motorenöle, Sägekettenhaft- und Sägegatteröle, Formtrennmittel, Kühlschmierstoffe

2.3. Verwendung: chemische Industrie und verschiedene technische Anwendungsbereiche

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	Wachstum der Verwendung von 5% p.a. seit 2004			15% Steigerung gegenüber BAU I		
im Inland	Es wird generell davon ausgegangen, dass hier nur Raps- und Rüböl aus inländischem Anbau in Frage kommen.					
im Ausland	wird nicht in Betracht gezogen					
ha-Produktivitäten						
im Inland	Für Rapsöl wird eine 1,5%ige Steigerung p.a. für den gesamten Zeitraum bis 2030 angenommen.					
im Ausland	entfällt					
Flächen	Globaler Flächenbedarf entspricht hier nur der Anbaufläche im Inland					
im Inland	Für Rapsöl ergibt sich die Inlandsfläche aus Mengen geteilt durch Ertrag.			wie BAU I		
im Ausland	entfällt					

1. Gesamtaufkommen bzw. Gesamtabatz in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

1.a. Pflanzliche Öle für die stoffliche Nutzung in der chemisch-technischen Industrie:

- In 2004 wurden insgesamt ca. 840.000 Tonnen pflanzliche Öle für stoffliche Verwendungszwecke (außer Ernährung) in Deutschland abgesetzt, davon 142.000 Tonnen Raps- und Rüböl, 46.000 Tonnen Sonnenblumenöl, 36.000 Tonnen Leinöl, sowie 616.000 Tonnen importierte pflanzliche Öle deren genaue Rohstoffbasis nicht bekannt ist (Meó et al., 2006; Tabelle 4). Wir nehmen hier an,

dass die 616.000 Tonnen importierte pflanzliche Öle dem Importmix für Deutschland entsprechen, der hauptsächlich aus Soja-, Palm-, Kokos-, und Rizinusöl besteht.

- Für den Zeitraum 2004 bis 2010 wird von einem durchschnittlichen Marktzuwachs von 2,5% p.a. ausgegangen (Meó et al., 2006).

- Für den Zeitraum nach 2010 wird von einem weiter wachsenden Markt ausgegangen. Wir nehmen für diese Studie einen durchschnittlichen Marktzuwachs von 2% p.a. für den Zeitraum von 2011 bis 2020 an, sowie einen durchschnittlichen Marktzuwachs von 1,5% p.a. für den Zeitraum von 2021 bis 2030 (UMSICHT, 2006).

- Diese Annahmen führen zu einem potenziellen Bedarf von etwa 1,4 Millionen Tonnen pflanzliche Ölen für stoffliche Verwendungszwecke in 2030 (Tabelle 4).

1.b. Schmier- und Verfahrensstoffe:

- In 2004 wurden insgesamt ca. 20.000 Tonnen Nawaro aus deutschem Anbau für 7.100 Tonnen Schmier- und Verfahrensstoffe auf pflanzlicher Basis (Bioschmierstoffe) in Deutschland abgesetzt (Meó et al., 2006; Tabelle 4).

- Für den Zeitraum 2004 bis 2030 wird von einem durchschnittlichen Marktzuwachs von 5% p.a. ausgegangen (UMSICHT, 2006).

- Diese Annahmen führen zu einem potenziellen Bedarf von etwa 71.000 Tonnen Nawaro in 2030 (Tabelle 4).

1.1. Gesamtabsatz aus bekanntem Anbau

Der Gesamtabsatz aus bekanntem Anbau von Ölpflanzen (siehe 1.) wird hier differenziert nach Absatz von Raps-, Rüb-, Sonnenblumen- und Leinöl aus Anbau im Inland (siehe 1.1.1.) und Absatz von Raps-, Rüb-, Sonnenblumen- und Leinöl aus Anbau im Ausland (siehe 1.1.2).

1.1.1. Gesamtabsatz aus Anbau im Inland

- Pflanzliche Öle für stoffliche Verwendungszwecke: Hier nehmen wir an, dass Raps- und Rüböl vollständig aus Anbau im Inland kommt. Die Menge an Sonnenblumen- und an Leinöl aus Anbau im Inland wird berechnet aus Fläche im Inland (siehe 3.1.) mal Ertrag (siehe 2.1.).

- Schmier- und Verfahrensstoffe (für Produktionsprozesse): Hier nehmen wir an, dass es sich um Stoffe auf Basis von Raps- und Rübölen handelt, und dass diese vollständig aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland kommen. Diese Annahme legt die Studie „Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe“ nahe (Meó et al., 2006).

1.1.2. Gesamtabsatz aus Anbau im Ausland

Dies betrifft Sonnenblumen- und Leinöl für stoffliche Verwendungszwecke. Deren Anteil aus ausländischem Anbau wird erhalten als Differenz von Gesamtabsatz (siehe 1.) und Gesamtabsatz aus Anbau im Inland (siehe 1.1.1.).

1.2. Direktimporte

Dies betrifft importierte pflanzliche Öle, deren Rohstoffbasis nicht bekannt ist, und deren Menge sich ergibt als Differenz von Gesamtabsatz (siehe 1.) und Absatz der spezifizierten Mengen von Raps-, Rüb-, Sonnenblumen- und Leinöl aus Anbau im Inland oder im Ausland (siehe 1.1.1 und 1.1.2).

Tabelle 4: Stoffliche Verwendung von pflanzlichen Ölen und Fetten (in Tonnen) – BAU I

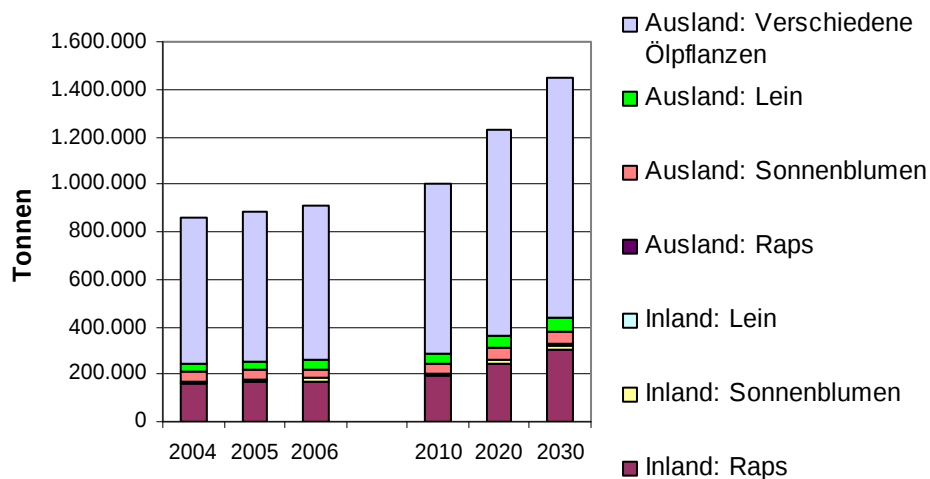
		2004	2005	2006	2010	2020	2030
		1. Verwendung in Tonnen					
1.1. Pflanzliche Öle für die stoffliche Nutzung in der chemisch-technischen Industrie:							
1.1.1. Differenziert nach Öltyp ausgewiesen	Rapsöl (und Rüböl)	142.000	145.550	149.375	164.676	200.740	232.967
	Sonnenblumenöl	46.000	47.150	48.389	53.346	65.028	75.468
	Leinöl	36.000	36.900	37.870	41.749	50.892	59.062
	Insgesamt	224.000	229.600	235.634	259.771	316.660	367.497
1.1.1.1. darunter: aus inländischem Anbau	Rapsöl (und Rüböl)	142.000	145.550	149.375	164.676	200.740	232.967
	Sonnenblumenöl	8.687	10.309	10.580	11.666	14.932	19.113
	Leinöl	1.127	1.212	1.239	1.345	1.656	2.039
	Insgesamt	151.814	157.071	161.194	177.688	217.328	254.118
1.1.1.2. darunter: aus ausländischem Anbau	Rapsöl (und Rüböl)	0	0	0	0	0	0
	Sonnenblumenöl	37.313	36.841	37.809	41.679	50.096	56.355
	Leinöl	34.873	35.688	36.631	40.404	49.236	57.023
	Insgesamt	72.186	72.529	74.440	82.083	99.332	113.379
1.1.2. Weitere importierte pflanzliche Öle	unbestimmte Rohstoffbasis; hier Importmix für D aus Soja, Palm, Kokos, Rizinus	616.000	631.400	647.994	714.371	870.814	1.010.616
1.1. Insgesamt: pflanzliche Öle für die chemisch-technische Industrie		840.000	861.000	883.628	974.142	1.187.474	1.378.112
Importquote		82%	82%	82%	82%	82%	82%
		1. Verwendung in Tonnen					
		2004	2005	2006	2010	2020	2030
1.2. Schmier- und Verfahrensstoffe:							
Nawaro aus deutschem Anbau	hauptsächlich Raps	20.000	21.000	22.160	26.802	43.657	71.113
Nawaro aus importierten Rohstoffen	unbestimmt; Sojaöl, Palmöl, Andere						
1.2. Gesamtmarktentwicklung		20.000	21.000	22.160	26.802	43.657	71.113

Quelle: Meó et al., 2006; UMSICHT, 2006; diese Studie.

Anmerkung: Die markierten Zahlen entsprechen dokumentierten Werten, die nicht markierten Zahlen wurden selbst geschätzt. Erläuterungen hierzu im Text.

Die Abbildung 4 zeigt die zeitliche Entwicklung des Aufkommens von pflanzlichen Ölen und Fetten für die stoffliche Nutzung (in Tonnen) in Deutschland von 2004 bis 2030, differenziert nach Herkunft aus inländischem Anbau oder über Importe, wie sie sich aus den zuvor beschriebenen Daten und Annahmen ergibt.

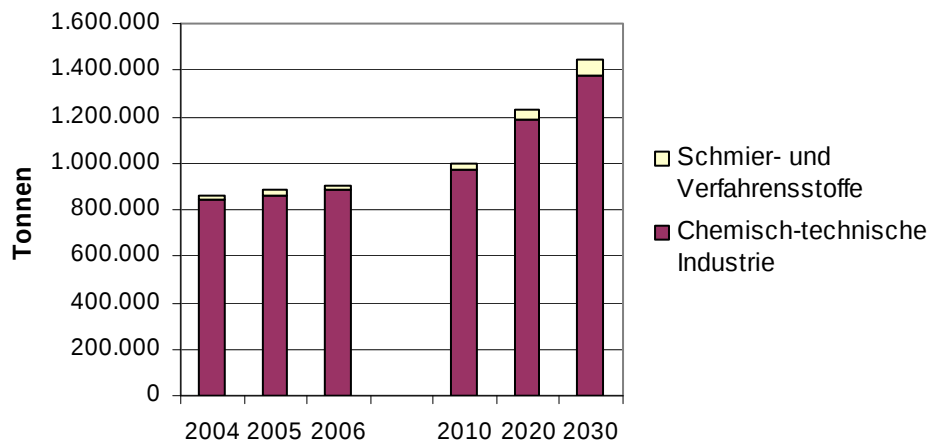
Abbildung 4: Aufkommen von pflanzlichen Ölen und Fetten für die stoffliche Nutzung in Deutschland aus inländischer Produktion sowie Importen (Ausland), 2004 bis 2030. BAU I



Quelle: Meó et al., 2006; UMSICHT, 2006; diese Studie.

Abbildung 5 verdeutlicht, dass die chemische Industrie die treibende Kraft für die erwartete Zunahme der Verwendung von pflanzlichen Ölen und Fetten für die stoffliche Nutzung ist.

Abbildung 5: Verwendung von pflanzlichen Ölen und Fetten für die stoffliche Nutzung in Deutschland, 2004 bis 2030. BAU I



Quelle: Meó et al., 2006; UMSICHT, 2006; diese Studie.

2. Hektarproduktivitäten

2.1. Bei Anbau im Inland

- Für Öl aus Raps und Rübsen wurden die Erträge aus Anbau im Inland nach Daten des BMELV berechnet. Für den Zeitraum 2006 bis 2030 wurden auf Basis einer eigenen Expertenbefragung (UFOP) Ertragsteigerungen von 1,5% p.a. angenommen.
- Für Sonnenblumen und Leinsaat wurden keine Erträge eingesetzt, sondern die Flächen im Inland für 2004 und 2005 nach FNR, 2006a, direkt beziffert, und für die Projektionen bis 2030 wurden Flächenzuwächse angenommen (siehe 3.1.).
- Für Bioschmierstoffe wurde nach Angaben von Meó et al., 2006, ein „Ertrag“ von ca. 1,2 Tonnen pro Hektar errechnet.

2.2. Bei Anbau im Ausland

- Für Sonnenblumen- und Leinöl wurden dieselben Erträge wie bei Anbau im Inland eingesetzt. Für Sonnenblumen- und Leinöl aus Anbau im Inland wurden die Erträge nach Daten der BMELV-Statistik für 2004 und 2005 abgeleitet. Für den Zeitraum 2006 bis 2030 wurden auf Basis einer eigenen Expertenbefragung (UFOP) Ertragsteigerungen von 0,5% p.a. für Sonnenblumenöl und 0,1% p.a. für Leinöl angenommen.
- Für die Direktimporte pflanzlicher Öle unbekannter Rohstoffbasis (siehe 1.2) wurden für 2004 und 2005 nach anteiligen Importmengen gewichtete Erträge eingesetzt, die von dem Importmix für Deutschland aus Soja-, Palm-, Kokos- und Rizinusöl abgeleitet wurden. Für den Zeitraum von 2006 bis 2030 wurden Ertragssteigerungen von 1,5% p.a. angenommen, die der Ertragssteigerung für inländischen Raps entsprachen.

3. Globale Belegung landwirtschaftlicher Flächen

3.1. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Inland

- Für Öl aus Raps und Rübsen wurden die Flächen berechnet aus Aufkommen geteilt durch Ertrag, ebenso für Schmier- und Verfahrensstoffe.
- Für Sonnenblumen und Leinsaat wurden die Flächen im Inland für 2004 und 2005 nach FNR, 2006a, direkt beziffert. Für den Zeitraum von 2006 bis 2030 wurden unter BAU I Bedingungen Flächenzuwächse von 2% p.a. angenommen (UMSICHT, 2006: 2-3% p.a., basierend auf Angaben aus Meó et al., 2006).

3.2. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Ausland

Diese wurden generell berechnet als Absatz aus Anbau im Ausland (siehe 1.1.2 und 1.2) geteilt durch den jeweiligen Ertrag (siehe 1.2).

4. BAU II

- Für das gesamte Aufkommen von Ölen und Fetten (siehe 1.) wurde in BAU II eine pauschale Steigerung um 15% gegenüber BAU I angenommen.
- Zudem wurden für die inländischen Anbauflächen für Sonnenblumen und Leinsaat in BAU II für den Zeitraum von 2006 bis 2030 Flächenzuwächse von 3% p.a. (2% in BAU I) angenommen (UMSICHT, 2006: 2-3% p.a., basierend auf Angaben aus Meó et al., 2006).

5. Unsicherheiten und offene Punkte

- Die Marktpotenziale über 2010 hinaus sind schwer einschätzbar. Wie gehen in dieser Studie bei pflanzlichen Ölen für die chemisch-technische Industrie von relativ moderaten Wachstumsraten von 2% p.a. (bis 2020) und 1,5% p.a. für den Zeitraum bis 2030 aus (siehe 1.). Diese werden vor allem durch preisliche Entwicklungen beim Erdöl und Biodiesel aus Rapsöl in Deutschland beeinflusst werden.
- Für Schmier- und Verfahrensstoffe auf pflanzlicher Basis werden aufgrund neuer chemisch-technischer Anwendungen günstigere Prognosen für das zukünftige Marktwachstum (5% p.a.) gestellt (Meó et al., 2006; UMSICHT, 2006).

6. Alternativen

In Extremvarianten wurde versucht, die höchstmöglichen Substitutionspotenziale für nicht nachwachsende Materialien durch Nawaro in den genannten Verwendungsbereichen zu ermitteln und den dafür erforderlichen globalen Flächenbedarf zu schätzen.

- Für Öle und Fette wird hier eine gemeinsame Betrachtung mit Stärke und Zucker durchgeführt, da beide Produktpaare für chemische Erzeugnisse relevant sind.
- Für Schmierstoffe wurde angenommen, dass der Gesamtabatz in Deutschland durch Bioschmierstoffe abgedeckt würde.

Globale Flächenbelegung für Öle und Fette unter BAU I Bedingungen

In 2004 ergab sich insgesamt ein globaler Flächenbedarf für pflanzliche Öle und Fette von 456.000 ha, der zu 74% auf Flächenbelegung im Ausland beruht (in 2005 waren es 463.000 Hektar und ebenfalls 74%). Bis 2030 stiege der Flächenbedarf nach BAU I Bedingungen auf 590.000 ha an, ebenfalls zu 74% auf ausländischer Fläche beruhend (Tabelle 5).

Tabelle 5: Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Ölen und Fetten (in Hektar) – BAU I

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
		2. Globaler Flächenbedarf in Hektar					
2. Globaler Flächenbedarf Insgesamt		455.675	463.468	475.301	498.966	554.606	590.168
2.1. darunter: aus inländischem Anbau		117.771	121.000	125.161	129.007	142.170	152.221
2.2. darunter: aus ausländischem Anbau		337.905	342.468	350.140	369.959	412.436	437.947
		2.1. darunter: Anbaufläche in Deutschland in Hektar					
2.1.1. Pflanzliche Öle für die stoffliche Nutzung in der chemisch-technischen Industrie:							
aus inländischem Anbau	Rapsöl (und Rüböl)	98.118	98.824	101.421	104.009	110.249	111.260
	Sonnenblumenöl	10.701	12.700	13.747	14.022	17.093	20.836
	Leinöl	3.069	3.300	3.572	3.643	4.441	5.414
	Insgesamt aus inländischem Anbau	111.888	114.824	118.740	121.674	131.783	137.509
2.1.2. Schmier- und Verfahrensstoffe:							
Nawaro aus deutschem Anbau	hauptsächlich Raps	5.882	6.176	6.421	7.333	10.387	14.712
2.1. Anbaufläche im Inland Insgesamt		117.771	121.000	125.161	129.007	142.170	152.221
		2.2. darunter: Anbaufläche im Ausland in Hektar					
2.2.1. Pflanzliche Öle für die stoffliche Nutzung in der chemisch-technischen Industrie:							
aus ausländischem Anbau	Rapsöl (und Rüböl)						
	Sonnenblumenöl	45.968	45.386	46.346	50.094	57.343	61.436
	Leinöl	94.944	97.163	99.632	109.456	132.061	151.434
	Insgesamt aus ausländischem Anbau	140.911	142.549	145.978	159.550	189.404	212.870
Weitere importierte pflanzliche Öle	unbestimmte Rohstoffbasis; hier Importmix für D aus Soja, Palm, Kokos, Rizinus	196.993	199.919	204.162	210.409	223.033	225.077
Insgesamt pflanzliche Öle aus ausländischem Anbau		337.905	342.468	350.140	369.959	412.436	437.947
2.2.2. Schmier- und Verfahrensstoffe:							
Nawaro aus ausländischem Anbau	unbestimmt; Sojaöl, Palmöl, Andere	0	0	0	0	0	0
2.2. Anbaufläche im Ausland Insgesamt		337.905	342.468	350.140	369.959	412.436	437.947

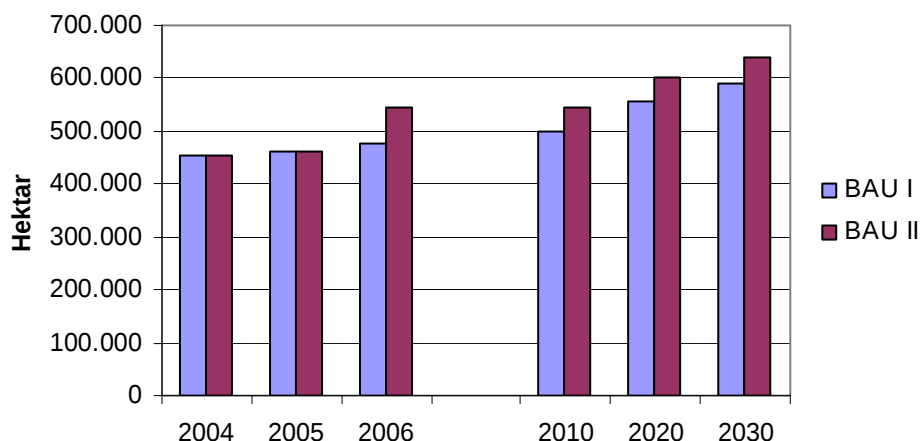
Quelle: FNR, 2006a; Meó et al., 2006; UMSICHT, 2006; diese Studie.

Anmerkung: Die markierten Zahlen entsprechen dokumentierten Werten, die nicht markierten Zahlen wurden selbst gerechnet auf Basis der im Text genannten Daten und Annahmen.

Globale Flächenbelegung für Öle und Fette unter BAU II Bedingungen

Ein gegenüber BAU I um 15% erhöhter Bedarf von Ölen und Fetten führt bis 2030 zu einem globalen Flächenbedarf von insgesamt ca. 638.000 Hektar (Abbildung 6). Ähnlich wie unter BAU I Bedingungen würde diese globale Fläche in BAU II zu ca. 75% im Ausland lokalisiert sein (74% bei BAU I).

Abbildung 6: Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Ölen und Fetten (in Hektar) – BAU I und BAU II



Quelle: FNR, 2006a; diese Studie.

Extremvarianten für Öle und Fette

In 2004 bestanden 10,4% des Einsatzes organischer Rohstoffe in der chemischen Industrie in Deutschland aus pflanzlichen nachwachsenden Rohstoffen, das entsprach ca. 2 Mio. t pflanzliche Nawaro. Die pflanzlichen Nawaro verteilten sich auf 800.000 Tonnen Fette und Öle, 640.000 Tonnen Stärke, 240.000 Tonnen Zucker und 320.000 Tonnen Cellulose. Für Fette/Öle und Stärke/Zucker zusammen ergab sich in 2004 ein globaler Flächenbedarf von insgesamt 600.000 Hektar. Wollte man – theoretisch - alle organischen Rohstoffe in der chemischen Industrie bei gleichen Anteilen der Rohstoffgruppen komplett durch pflanzliche Nawaro ersetzen, müsste der Einsatz pflanzlicher Nawaro rechnerisch um den Faktor 10 gesteigert werden. Dies ergäbe insgesamt 5,8 Mio. Hektar globaler LW-Fläche. Dies entspräche annähernd dem Vierfachen der Anbaufläche für Nawaro in Deutschland in 2005, oder ca. 48% des gesamten Ackerlandes in Deutschland in 2005, oder ca. einem Drittel der LW-Nutzfläche in Deutschland in 2005.

Von den dann zu 100% durch Nawaro aus Anbaubiomasse substituierten organischen Rohstoffen der chemischen Industrie³ waren etwa 88% fossil basiert (Erdöl basiert und Erdgas). Damit hätte man aber nur weniger als 5% des fossilen Rohstoffverbrauchs in Deutschland durch pflanzliche Nawaro substituiert und dafür eine Fläche benötigt, die etwa der Hälfte des Ackerlandes in Deutschland in 2005 entspricht.

Der Gesamtmarkt für Schmierstoffe in Deutschland betrug in 2003 etwa 1,1 Millionen Tonnen. Davon waren 7.100 t Bioschmierstoffe aus pflanzlichem Öl, hauptsächlich Rapsöl (Meó et al., 2006). Wollte man den Gesamtmarkt für Schmierstoffe mit Bioschmierstoffen aus Rapsöl versorgen, so würden hierzu etwa 900.000 Hektar Rapsanbaufläche benötigt. Dies entspricht ca. 68% der Anbaufläche für Raps und Rüben in Deutschland in 2005, oder ca. 11% des gesamten Ackerlandes in Deutschland in 2005.

2.1.3. Faserpflanzen

Nach Angaben der FNR, 2006a, werden aktuell (2005) in Deutschland ca. 204.000 Tonnen Naturfasern im Autobau, in der Textilbranche sowie in anderen Einsatzbereichen verwendet (Tabelle 6). Zum Vergleich: Die Menge der in Deutschland produzierten Chemiefasern lag in 2005 bei 926.000 t⁴. Naturfasern als Strukturelemente in Verbundwerkstoffen oder in Textilien sind dazu geeignet, synthetische Polymere zu ersetzen.

³ Dies bezieht sich hier nur auf pflanzliche Öle, Faserpflanzen gehen in andere Anwendungsbereiche (FNR, 2006).

⁴ Industrievereinigung Chemiefaser e.V.: http://www.ivc-ev.de/live/index.php?page_id=43

Tabelle 6: Verwendung von Naturfasern in Deutschland 2005 (in Tonnen).

	TOTAL	Autobau	Textil	Andere
naturfaserverstärkte Werkstoffe	19000			19000
Holzfasern	25000	25000		
Baumwollfasern	120000	45000	75000	
Flachsfasern	9400	9400		
Hanffasern	2300	2300		
exotische Fasern	6300	6300		
Leinen	16000		16000	
Andere	6000			6000
SUMME	204000	88000	91000	25000
Summe ohne Holzfasern	179000	63000	91000	25000

Quelle: FNR, 2006a.

Ohne Holzfasern wurden demnach insgesamt 179.000 Tonnen Naturfasern⁵ in Deutschland im Jahr 2005 in den genannten Bereichen verarbeitet.

Eine eigene Materialflussanalyse (MFA) des WI erweitert diesen Rahmen und betrachtet die in 2004 insgesamt importierten und im Inland erzeugten Naturfasern abzüglich der insgesamt exportierten Naturfasern, also das inländische Gesamtaufkommen von Naturfasern in Rohstoffen, Halbwaren und Fertigwaren das sich auf insgesamt 273.000 Tonnen in 2004 beläuft⁶, also etwa die Hälfte mehr als das Aufkommen an Naturfasern alleine (nach FNR für 2005).

Ein direkter Vergleich der durch die Verwendung von Naturfasern ersetzten Chemiefasern ist aufgrund spezifischer Materialeigenschaften nicht möglich. Der gesamten Naturfasermenge von ca. 273.000 Tonnen steht jedoch mehr als das Dreifache an in Deutschland produzierten Chemiefasern (926.000 Tonnen – siehe oben) gegenüber, was einen groben Anhaltspunkt für die nicht unerhebliche Relevanz von Naturfasern liefert.

Die vorliegende Studie betrachtet im Folgenden die Verwendung von Flachs und Hanf als einheimische Faserrohstoffe mit möglichem Ausbaupotenzial. Diese Rohstoffe werden in Deutschland vor allem im Automobilbau, als Dämmstoffe und als Textilien verarbeitet. Zunächst wird in der folgenden Box die Herleitung der Szenarien beschrieben, und daran anschließend Ergebnisse der darauf basierenden globalen Flächenberechnung.

⁵ Bei den Baumwollfasern ist auch Reißbaumwolle, ein Recyclingprodukt, enthalten (Broschüre Naturfaserverstärkte Kunststoffe, FNR, 2005). Diese machten in 2004 etwa 47.000 Tonnen oder ca. ein Drittel der Baumwollfasern als Rohstoffe aus.

⁶ Nach Daten aus Eurostat Comext 2005 für Importe und Exporte plus eigener Schätzung für im Inland erzeugte Naturfasern.

Herleitung der BAU-Szenarien: Flachs und Hanf

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die Konstruktion dieses Nawaro-Segmentes gegeben, die ausführliche Herleitung schließt sich an.

1. Flachsfasern im Autobau

1.1. Rohstoffe: Flachsfasern

1.2. Produkte: verschiedene Formteile, aktuell vor allem im Interieur; zukünftig verstärkt auch in anderen Bereichen im Autobau (z.B. Karosserien) und in anderen Branchen (z.B. Sportwaren)

1.3. Verwendung: Autobau im Inland

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	Verdopplung der Verwendung von 2004 bis 2010	weitere Verdopplung in 6 Jahresschritten	weitere Verdopplung in 6 Jahresschritten	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I
im Inland	ergeben sich durch Berechnung aus Fläche im Inland mal Ertrag im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					
im Ausland	ergeben sich durch Berechnung aus Gesamtmengen minus Mengen im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					
ha-Produktivitäten						
im Inland	es wird keine Ertragssteigerung angenommen					
im Ausland	wie für Inland					
Flächen	Globaler Flächenbedarf ergibt sich aus Mengen geteilt durch ha-Produktivitäten					
im Inland	Verlauf analog zu Mengen aller Faserverwendungen n 1 bis 4 insgesamt mit vorgegebenem Maximalpotenzial in 2030	Verlauf analog zu Mengen aller Faserverwendungen n 1 bis 4 insgesamt mit vorgegebenem Maximalpotenzial in 2030	Gesamtpotenzial für alle Faserpflanzenverwendungen 1 bis 4 in 2030 vorgegeben	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I
im Ausland	Globaler Flächenbedarf minus verfügbare Fläche im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					

2. Flachsfasern für Textilien

2.1. Rohstoffe: Flachsfasern

2.2. Produkte: Textilien (z.B. Leinen)

2.3. Verwendung: Textilindustrie

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	lineare Steigerung der Verwendung von 2004 bis 2030	lineare Steigerung der Verwendung von 2004 bis 2030	Zielwert in 2030 vorgegeben, lineare Steigerung seit 2004 angenommen	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I
im Inland	ergeben sich durch Berechnung aus Fläche im Inland mal Ertrag im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					
im Ausland	ergeben sich durch Berechnung aus Gesamtmengen minus Mengen im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					
ha-Produktivitäten						
im Inland	es wird keine Ertragssteigerung angenommen					
im Ausland	wie für Inland					
Flächen	Globaler Flächenbedarf ergibt sich aus Mengen geteilt durch ha-Produktivitäten					
im Inland	Verlauf analog zu Mengen aller Faserverwendungen n 1 bis 4 insgesamt mit vorgegebenem Maximalpotenzial in 2030	Verlauf analog zu Mengen aller Faserverwendungen n 1 bis 4 insgesamt mit vorgegebenem Maximalpotenzial in 2030	Gesamtpotenzial für alle Faserpflanzenverwendungen 1 bis 4 in 2030 vorgegeben	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I
im Ausland	Globaler Flächenbedarf minus verfügbare Fläche im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					

3. Hanffasern im Autobau

3.1. Rohstoffe: Hanffasern

3.2. Produkte: verschiedene Formteile, aktuell vor allem im Interieur; zukünftig verstärkt auch in anderen Bereichen im Autobau wie Karosserien und anderen Branchen (z.B. Sportwaren)

3.3. Verwendung: Autobau im Inland

Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe BAU-Szenarien, Varianten und Sensitivitäten

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	Verdopplung der Verwendung von 2004 bis 2010	weitere Verdopplung in 6 Jahresschritten	weitere Verdopplung in 6 Jahresschritten	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I
im Inland	ergeben sich durch Berechnung aus Fläche im Inland mal Ertrag im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					
im Ausland	ergeben sich durch Berechnung aus Gesamtmengen minus Mengen im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					
ha-Produktivitäten						
im Inland	es wird keine Ertragssteigerung angenommen					
im Ausland	wie für Inland					
Flächen	Globaler Flächenbedarf ergibt sich aus Mengen geteilt durch ha-Produktivitäten					
im Inland	Verlauf analog zu Mengen aller Faserverwendungen n 1 bis 4 insgesamt mit vorgegebenem Maximalpotenzial in 2030	Verlauf analog zu Mengen aller Faserverwendungen n 1 bis 4 insgesamt mit vorgegebenem Maximalpotenzial in 2030	Gesamtpotenzial für alle Faserpflanzenverwendungen 1 bis 4 in 2030 vorgegeben	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I
im Ausland	Globaler Flächenbedarf minus verfügbare Fläche im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					

4. Flachs- und/oder Hanffasern als Dämmstoffe

4.1. Rohstoffe: Flachs- und/oder Hanffasern

4.2. Produkte: Dämmstoffe

4.3. Verwendung: Hochbau

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	lineare Steigerung der Verwendung von 2004 bis 2020	Zielwert in 2020 vorgegeben, lineare Steigerung seit 2004	gleiche Steigerungsrate wie im vorherigen Zeitraum	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I
im Inland	ergeben sich durch Berechnung aus Fläche im Inland mal Ertrag im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					
im Ausland	ergeben sich durch Berechnung aus Gesamtmengen minus Mengen im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					
ha-Produktivitäten						
im Inland	es wird keine Ertragssteigerung angenommen					
im Ausland	wie für Inland					
Flächen	Globaler Flächenbedarf ergibt sich aus Mengen geteilt durch ha-Produktivitäten					
im Inland	Verlauf analog zu Mengen aller Faserverwendungen n 1 bis 4 insgesamt mit vorgegebenem Maximalpotenzial in 2030	Verlauf analog zu Mengen aller Faserverwendungen n 1 bis 4 insgesamt mit vorgegebenem Maximalpotenzial in 2030	Gesamtpotenzial für alle Faserpflanzenverwendungen 1 bis 4 in 2030 vorgegeben	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I
im Ausland	Globaler Flächenbedarf minus verfügbare Fläche im Inland (berechnet für alle Faserpflanzenanwendungen 1 bis 4)					

1. Gesamtaufkommen bzw. Gesamtabatz in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

1.a. Automobilindustrie:

- In 2004 verarbeitete die deutsche Automobilindustrie 9.400 t Flachs- und 2.300 t Hanffasern (FNR, 2006a), fast ausschließlich im Interieur in Form von Naturfaserverbundwerkstoffen (NFK) (Meó et al., 2006); (Tabelle 7)

- Bis 2010 wird von einer Verdopplung des Einsatzes von NFK im Automobilbau ausgegangen (FNR, 2005a)⁷.

- Die Wachstumspotenziale nach 2010 sind nicht belegt. Die Studie von Meó et al., 2006, geht in den bislang vernachlässigbar kleinen Segmenten „Exterieur und Struktur“, „Gehäuse“ und „Sport, Freizeit, Spielwaren“ bis 2020 von teilweise hohen Wachstumspotenzialen für NFK aus, ohne diese jedoch quantitativ einzuschätzen. Würde man davon ausgehen, dass sich im Zeitraum von 2010 bis

⁷ Dabei kann es verstärkt zur Substitution von Flachs- und Hanffasern durch importierte Sisal-, Jute- u.ä. Fasern kommen, zu denen die Automobilindustrie F+E-Projekte durchführt. Wenn die Flächenenerträge vergleichbar sind, wäre der mögliche Fehler bezogen auf die globale Flächenbelegung tolerabel, dies müsste jedoch weiter untersucht werden.

2030 aufgrund der erwarteten hohen Marktpotenziale die eingeschätzte Entwicklung von 2004 bis 2010 fortsetzt, d.h. grob geschätzt, dass in 6 Jahresschritten jeweils eine Verdopplung des Einsatzes von Flachs und Hanf im Automobilbau stattfinden, dann ergäbe sich für 2030 ein potenzielles Absatzvolumen von etwa 200.000 t Flachs und 50.000 t Hanf im Automobilbau⁸. Eine Vergleichsrechnung zeigt, dass in 2005 rechnerisch durchschnittlich 2,5 kg Flachs und Hanf pro im Inland produziertem PKW⁹ eingesetzt wurden. Unter BAU I Annahmen würde dieser Anteil auf 47 kg pro PKW in 2030 steigen¹⁰ (auf ca. 54 kg pro PKW bei BAU II). Dies erscheint angesichts der noch nicht erschlossenen Potenziale im Automobilbau (Exterieur, Gehäuse) und einem Gesamtgewicht für einen PKW-Mittelklassewagen von etwa 1.150 kg mit ca. 150 kg Kunststoffanteil bei Naturfaseranteilen von 40% bis 70% in Verbundwerkstoffen (FNR, 2005a) realistisch¹¹. Das Substitutionspotenzial von Naturfasern wird hauptsächlich im Bereich Naturfaser verstärkter Kunststoffe gesehen (Meó et al., 2006).

1.b. Textilindustrie:

- Die deutsche Textilindustrie verarbeitete in 2004 16.000 t Flachsfasern (FNR, 2006a). Bis 2030 wird ein Marktvolumen von 48.000 t Flachsfasern erwartet (Quelle: www.flachs.de unter Produkte ->Nebenprodukte ->Marktchancen). Für den gesamten Zeitraum gehen wir vereinfachend von einer linear verlaufenden Zunahme aus (Tabelle 7). Das Substitutionspotenzial von Naturfasern wird hauptsächlich im Bereich Chemiefasern gesehen (Meó et al., 2006).

1.c. Dämmstoffe:

- Für die Herstellung von Dämmstoffen wurden in 2004 ca. 3.510 t Flachs und/oder Hanf verarbeitet. Bis 2020 wird ein Anstieg auf dann ca. 20.400 t erwartet (Quelle: www.adnr.info unter Daten). Dies entspricht in der Tendenz den Einschätzungen von Meó et al., 2006, die von deutlichen Wachstumspotenzialen bis 2020 ausgehen. In der vorliegenden Studie gehen wir im Sinne von BAU davon aus, dass sich dieses Wachstum über 2020 hinaus fortsetzt und mit der gleichen jährlichen Zuwachsrate bis 2030 andauert (Tabelle 7).

1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion

Grundsätzlich wird hier nur der Flachs- und Hanfbedarf für die inländische Produktion in Deutschland betrachtet, und zwar für die Produktion von Automobilen, von Textilien und von Dämmstoffen.

1.1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland

Dieses ergibt sich aus der im Inland zur Verfügung stehenden Fläche (siehe 3.1.), mal dem Ertrag (siehe 2.1.).

1.1.2. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Ausland

Dieses ergibt sich als Differenz von Gesamtaufkommen (siehe 1.1.) und Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland (siehe 1.1.1.).

⁸ Meó et al., 2006, schätzen das Marktpotenzial an Naturfasern alleine für Formpressteile im westeuropäischen Automobilbau bei 16 Mio. Fahrzeugen auf 80.000 bis 160.000 Tonnen, davon dürfte nach PKW-Produktionszahlen von 5,35 Millionen etwa ein Drittel auf Deutschland entfallen. Der im deutschen Autobau verwendete Kunststoffanteil dürfte nach Angaben von Meó et al., 2006, bei ca. 802.500 Tonnen liegen. Das hier für 2030 geschätzte Einsatzpotenzial von Naturfasern im Automobilbau von ca. 250.000 Tonnen entspräche damit einem Anteil von etwa 31% des Kunststoffanteils. Zum Vergleich: in Verbundwerkstoffen im Automobilbau werden Naturfaseranteile von 40% bis 70% berichtet (FNR, 2005a).

⁹ Bei einer PKW Produktionszahl von ca. 5,35 Millionen Stück nach Jahresbericht 2006 des VDA.

¹⁰ Bei gleicher PKW Produktionszahl wie in 2005.

¹¹ Tatsächlich betrug in 2003 der Einsatz in den Automodellen, in denen Naturfasern für Formpressteile eingesetzt wurden, bereits zwischen 5 und 10 kg.

1.2. Direktimporte

Direktimporte von Waren aus Naturfasern werden hier nicht weiter betrachtet. Diese sind jedoch Teil der globalen Flächenbedarfsrechnung für den Verbrauch landwirtschaftlich basierter Waren (siehe Kapitel 2.6 und 2.7).

Tabelle 7: Verwendung von Flachs und Hanf (in Tonnen) – BAU I

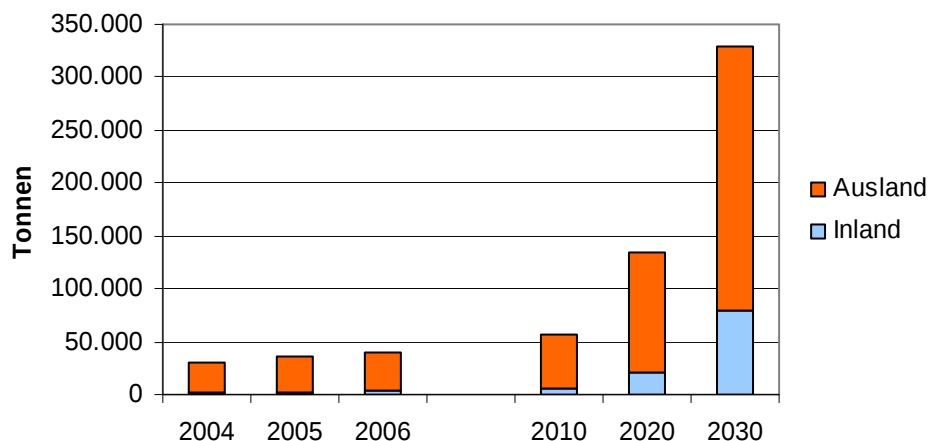
		2004	2005	2006	2010	2020	2030
		1. Verwendung in Tonnen					
Flachs	Autobau	9.400	10.967	12.533	18.800	62.667	200.533
	Textilien	16.000	17.231	18.462	23.385	35.692	48.000
Hanf	Autobau	2.300	2.683	3.067	4.600	15.333	49.067
Flachs und/oder Hanf	Dämmstoffe	3.510	4.566	5.621	9.844	20.400	30.956
Flachs und Hanf	INSGESAMT	31.210	35.446	39.683	56.628	134.092	328.556
	darunter: aus inländischem Anbau	2.400	2.746	3.272	5.380	20.655	80.000
	darunter: aus ausländischem Anbau	28.810	32.701	36.410	51.249	113.437	248.556

Quelle: FNR, 2006a; für Dämmstoffe: www.adnr.info; und diese Studie.

Anmerkung: Die markierten Zahlen entsprechen dokumentierten Werten, die nicht markierten Zahlen wurden selbst geschätzt. Erläuterungen hierzu im Text. Flachs in Textilien sollte dabei Chemiefasern ersetzen.

Die folgende Abbildung 7 zeigt die zeitliche Entwicklung des Aufkommens von Flachs- und Hanffasern (in Tonnen) in Deutschland von 2004 bis 2030, differenziert nach Herkunft aus inländischem Anbau oder über Importe, wie sie sich aus den zuvor beschriebenen Daten und Annahmen ergibt.

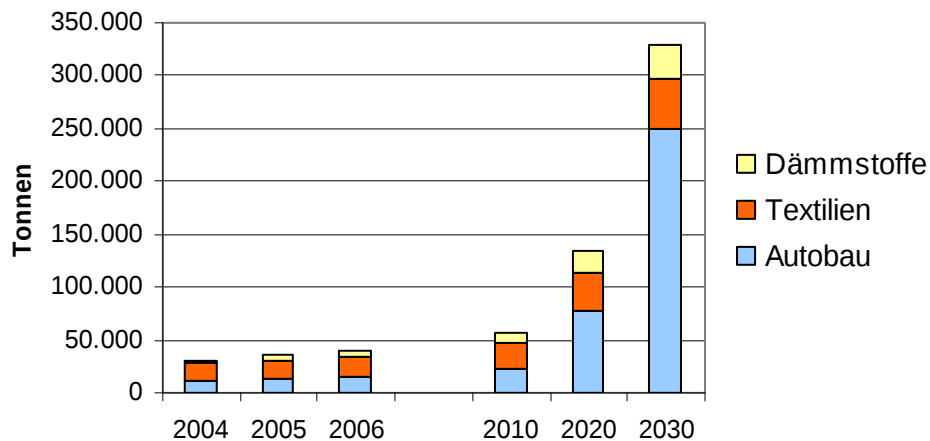
Abbildung 7: Aufkommen von Flachs- und Hanffasern in Deutschland aus inländischem Anbau sowie Importen, 2004 bis 2030. BAU I



Quelle: diese Studie.

Abbildung 8 verdeutlicht, dass vor allem der Automobilbau die treibende Kraft für die erwartete Zunahme der Verwendung von Flachs und Hanf ist.

Abbildung 8: Verwendung von Flachs- und Hanffasern in Deutschland, 2004 bis 2030. BAU I



Quelle: diese Studie.

2. Hektarproduktivitäten

2.1. Bei Anbau im Inland

Die inländischen Erträge für Flachs werden im Mittel mit 1,4 Tonnen pro Hektar angegeben (www.flachs.de unter Produkte->Nebenprodukte->Marktchancen), die für Hanf mit 1,75 t/ha (FNR, 2005a). Für einen Mix von Hanf- und Flachsfasern wurde in dieser Studie ein Mittelwert von 1,6 t/ha angenommen. Für den betrachteten Zeitraum von 2004 bis 2030 wurde auf Basis einer eigenen Expertenbefragung (UFOP) angenommen, dass es zu keinen Ertragsteigerungen kommen wird. Diese Einschätzung beruht darauf, dass in Deutschland keine Züchtung stattfindet und keine Pestizide eingesetzt werden dürfen.

2.2. Bei Anbau im Ausland

Aufgrund fehlender spezifischer Daten für Importe werden hier dieselben Erträge angenommen wie für den inländischen Anbau.

3. Globale Belegung landwirtschaftlicher Flächen

3.1. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Inland

Die Anbaufläche in Deutschland für Flachs und Hanf betrug in 2004 ca. 1.500 Hektar (FNR, 2006a). Bis 2030 wird, wenn die zuvor genannten Potenziale realisiert werden, ein Anstieg der Anbaufläche für Faserpflanzen in Deutschland auf 50.000 ha erwartet (Quelle: www.flachs.de unter Produkte -> Nebenprodukte -> Marktchancen).

3.2. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Ausland

Diese ergibt sich als Differenz von der insgesamt weltweit beanspruchten Fläche für Flachs und Hanf (berechnet als Gesamtaufkommen geteilt durch Ertrag) minus der im Inland belegten Fläche (siehe 3.1.).

4. BAU II

Gegenüber BAU I wird in BAU II pauschal eine Steigerung des Aufkommens um 15% angenommen.

5. Unsicherheiten und offene Punkte

- Es bleibt offen, inwieweit die technischen Schwierigkeiten bei der Produktion im Inland tatsächlich überwunden werden (bei der maschinellen Ernte und Aufbereitung).
- Es bleibt zu eruieren, welcher zukünftige Bedarf für Flachs und Hanf durch bislang nicht betrachtete Verwendungsbereiche wie Sportwaren hervorgerufen werden könnte.
- Es wäre zu untersuchen, welchen zukünftigen Beitrag Holzfasern leisten könnten, und wie sich dies evt. auf die Verwendung anderer Fasermaterialien auswirken könnte: Dies kann im vorliegenden Projekt jedoch nicht geleistet werden.

6. Varianten

Folgearbeiten könnten versuchen, weitere Maximalvarianten mit höchstmöglichem Substitutionspotenzial für nicht nachwachsende Materialien durch Nawaro in den genannten Verwendungsbereichen zu ermitteln und den dafür erforderlichen globalen Flächenbedarf zu schätzen.

Globale Flächenbelegung für Flachs und Hanf unter BAU I Bedingungen

Die Anbaufläche für Flachs und Hanf in Deutschland betrug in 2004 ca. 1.500 Hektar (FNR, 2006a). Bis 2030 wird, falls die zuvor genannten Potenziale realisiert werden, ein Anstieg der Anbaufläche für Faserpflanzen in Deutschland auf 50.000 ha erwartet (siehe Box).

Insgesamt ergab sich für die Verwendung von Flachs und Hanf in 2004 ein globaler Flächenbedarf von 21.651 ha (Tabelle 8). Da im Inland eben nur 1.500 ha zur Verfügung standen, musste somit der überwiegende Anteil (93%) des Bedarfs durch Importe gedeckt worden sein, welche zu einer geschätzten Flächenbelegung von 20.151 ha im Ausland führte. Bis 2030 würde der globale Flächenbedarf bei Realisierung der o.g. vorläufig geschätzten Potenziale um ca. das 10-fache gegenüber 2004 auf dann 224.910 ha ansteigen. Der hierfür im Ausland belegte Flächenanteil sänke jedoch auf 78% (von 93% in 2004), aufgrund der genannten Ausweitung der Inlandfläche (siehe Box). Dennoch stiege die ausländische Flächeninanspruchnahme absolut gesehen um das 8,7-fache gegenüber 2004 an und überträfe in 2030 mit 174.910 ha die inländische Anbaufläche immer noch um das 3,5-fache.

Tabelle 8: Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Flachs und Hanf (in Hektar) – BAU I

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
2. Globaler Flächenbedarf in Hektar							
Flachs	Autobau	6.714	7.833	8.952	13.429	44.762	143.238
	Textilien	11.429	12.308	13.187	16.703	25.495	34.286
Hanf	Autobau	1.314	1.533	1.752	2.629	8.762	28.038
Flachs und/oder Hanf	Dämmstoffe	2.194	2.854	3.513	6.152	12.750	19.348
Flachs und Hanf	INSGESAMT	21.651	24.528	27.405	38.913	91.768	224.910
2.1. darunter: Anbaufläche in Deutschland in Hektar							
Flachs und Hanf	INSGESAMT	1.500	1.716	2.045	3.362	12.909	50.000
2.2. darunter: Anbaufläche im Ausland in Hektar							
Flachs und Hanf	INSGESAMT	20.151	22.812	25.360	35.550	78.859	174.910

Quelle: FNR, 2006a und diese Studie.

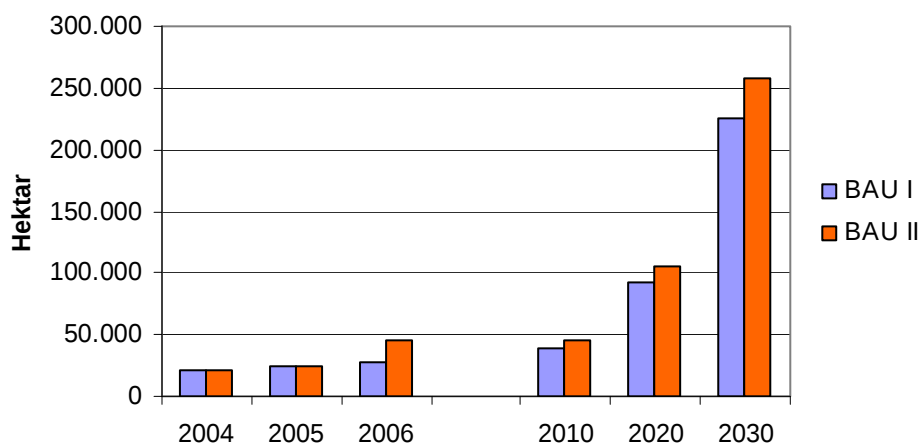
Anmerkung: Die markierten Zahlen entsprechen dokumentierten Werten, die nicht markierten Zahlen wurden selbst gerechnet auf Basis der im Text genannten Daten und Annahmen.

Basierend auf der Materialflussanalyse (MFA) des WI zum inländischen Gesamtaufkommen von Naturfasern in Rohstoffen, Halbwaren und Fertigwaren in 2004 wurde ein globaler Flächenbedarf von ca. 103.000 Hektar berechnet, das sind etwa 4,7 mal soviel Fläche wie alleine für den Bedarf an Flachs und Hanf weltweit in 2004 beansprucht wurden.

Globale Flächenbelegung für Flachs und Hanf unter BAU II Bedingungen

Ein gegenüber BAU I um 15% erhöhter Bedarf von Flachs und Hanf führt bis 2030 zu einem globalen Flächenbedarf von ca. 259.000 Hektar (Abbildung 9). Da die im Inland verfügbare Fläche in 2030 mit 50.000 Hektar vorgegeben ist, muss der Mehrbedarf gegenüber BAU I vollständig durch Flächenbelegung im Ausland gedeckt werden.

Abbildung 9: Globaler Flächenbedarf für die Verwendung von Flachs und Hanf (in Hektar) – BAU I und BAU II



Quelle: FNR, 2006a und diese Studie.

2.1.4. Arznei- und Färber-Pflanzen

Arzneipflanzen

Der feldmäßige Anbau von Arzneipflanzen stellt in Deutschland einen kleinen, aber durchaus interessanten Bereich der Landwirtschaft dar. Der Begriff umfasst Arznei- und Gewürzpflanzen, die in der Statistik gemeinsam aufgeführt werden, eine Trennung ist nicht möglich. Der reine Gewürzpflanzenanbau in Deutschland wird für das Jahr 2004 auf etwa ein Drittel der Gesamtfläche geschätzt - bei rückläufiger Tendenz (Meó et al., 2006).

Nur ein kleiner Anteil (weniger als ein Fünftel) der in Deutschland verwendeten Arzneipflanzen kommt aus heimischem Anbau auf ca. 3,7% der inländischen Anbaufläche von Nawaro zur stofflichen Nutzung (Daten für 2005 nach FNR, 2006a). Der Großteil wird nach wie vor importiert, in 1998 lag der Importanteil bei 90% (Czygan, 1998), in 2004 bei mehr als 80% (Meó et al., 2006). Ein Vertragsanbau für Arzneipflanzen könnte zur Sicherung des Angebots durchaus attraktiv sein, das theoretische Marktpotenzial für deutsche Landwirte wird von Meó et al., 2006, sogar bei ca. 77% gesehen. Allerdings ist

davon auszugehen, dass der Importdruck in Zukunft noch weiter wachsen wird (Meó et al., 2006). Insgesamt wächst die Nachfrage nach pflanzlichen Arzneimitteln. Der Marktanteil von Phytopharmaka im Humanbereich in Deutschland, dem bei weitem wichtigsten Marktsegment für Arzneipflanzen, liegt bereits bei ca. 30% aller in Apotheken frei verkäuflichen Mittel, der Trend ist stark zunehmend.

Färberpflanzen

Da die Industrie seit Ende des 19. Jahrhunderts die meisten Farbstoffe preiswert synthetisch erzeugte, wurde der Anbau von Färberpflanzen fast völlig eingestellt. Einige Pflanzen werden heute auf Versuchsflächen wieder angebaut. Die größte Bedeutung für einen feldmäßigen Anbau in Deutschland haben neben dem Färbeknöterich (blau färbend) die Pflanzenarten Färberröte (Krapp, rot färbend), Färberwau (Reseda), Färberhundskamille und Kanadische Goldrute (alle gelb färbend). Umfangreiche Praxisversuche in Thüringen und in Brandenburg haben gezeigt, dass es derzeit möglich ist, in Deutschland Färberpflanzen wie Kanadische Goldrute, Färberwau, Färberhundskamille und Krapp in hoher Qualität und zu Weltmarktpreisen zu produzieren. Dabei wird von Experten eingeschätzt, dass noch erhebliches Optimierungspotenzial, beispielsweise durch den Einsatz von züchterisch verbessertem Pflanzenmaterial sowie durch Ausdehnung des Anbauumfangs, erschlossen werden kann, wenn sich die Nachfrage entsprechend erhöht (FNR, 2004b). Die Studie „Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe“ (Meó et al., 2006) kommt jedoch zu der Einschätzung, dass der industrielle Einsatz von Naturfarben bei farbstoffintensiver Fertigung in Deutschland gegen Null geht, und dass auch kein nennenswertes Marktpotenzial für die Zukunft abzusehen ist.

Herleitung der BAU-Szenarien: Arznei- und Färberpflanzen

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die Konstruktion dieses Nawarosegmentes gegeben, die ausführliche Herleitung schließt sich an.

1. Arzneipflanzen

1.1. Rohstoffe: diverse Arzneipflanzen wie Kamille, Johanniskraut etc.

1.2. Produkte: Phytopharmaka

1.3. Verwendung: chemisch-pharmazeutische Industrie; Lebensmittelindustrie

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	Wachstum der Verwendung von 11% p.a. seit 2005	Wachstum der Verwendung von 9% p.a. seit 2010	Wachstum der Verwendung von 5% p.a. seit 2020	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I	15% Steigerung gegenüber BAU I
im Inland	Der Anteil aus Anbau im Inland wird berechnet aus Fläche mal Ertrag (s.u.).			15% Steigerung gegenüber BAU I		
im Ausland	Der Anteil aus Anbau im Ausland wird berechnet aus Gesamtaufkommen minus Aufkommen aus Anbau im Inland.					
ha-Produktivitäten						
im Inland	Es wird keine Ertragssteigerung angenommen, die Komplexität der Pflanzengruppe und deren Erträge einzelner Pflanzenarten lassen keine sinnvolle Einschätzung der Ertragsentwicklung zu.					
im Ausland	es werden gleiche Flächenerträge wie im Inland angenommen					
Flächen	Globaler Flächenbedarf entspricht hier der Summe von Anbaufläche im Inland und Flächenbedarf im Ausland für Importe					
im Inland	Ab 2005 jährliche Steigerungsrate von 600 ha pro Jahr bis 2030: dies entspricht der mittleren jährlichen Steigerung im Zeitraum 1998 bis 2005			berechnet aus Mengen aus Anbau im Inland geteilt durch Ertrag		
im Ausland	Wird hier berechnet aus Mengen im Ausland geteilt durch ha-Produktivitäten im Ausland					

1. Gesamtaufkommen bzw. Gesamtabatz in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

Arzneipflanzen:

- Der Gesamtabatz von Arzneipflanzen in Deutschland lag in 2004 bei etwa 22.000 Tonnen (Tabelle 9).
- Für den Zeitraum 2005 bis 2010 sehen Meó et al., 2006, ein starkes Marktwachstum von durchschnittlich ca. 11%; für den Zeitraum von 2011 bis 2020 ebenfalls ein starkes Wachstum, welches auf Basis monetärer Angaben bei ca. 9% p.a. liegen könnte. Wir gehen für den Zeitraum von 2021 bis 2030 von einem fortgesetzten Wachstum von 5% p.a. aus. Danach läge das Gesamtaufkommen von Arzneipflanzen in 2030 mit ca. 159.000 Tonnen etwa 7,2-mal so hoch wie in 2004. Dabei kann grundsätzlich sowohl eine verstärkte Inlandsnachfrage einer dann deutlich im Schnitt gealterten Bevölkerung, als auch eine verstärkte Exportorientierung der deutschen pharmazeutischen Industrie unterstellt werden.

Färberpflanzen:

- Für Aufkommen bzw. Marktabatz in Deutschland von Färberpflanzen liegen lediglich Daten für den Anbau im Inland vor, wonach in 2004 ca. 16 Tonnen Trockenmasse produziert wurden (Meó et al., 2006).
- Es kann davon ausgegangen werden, dass Färberpflanzen im Gesamtkontext nachwachsender Rohstoffe für die stoffliche Verwendung auch in Zukunft absolut marginal bleiben, konkretere Einschätzungen liegen jedoch nicht vor. Wir betrachten diese Produktgruppe hier nicht weiter, da die Menge des Aufkommens vernachlässigbar gering ist.

1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion

Dies wird hier nicht betrachtet.

1.1.1. Gesamtaufkommen aus Anbau im Inland

Arzneipflanzen:

- Für 2004 wurde die inländische Ernte von Arzneipflanzen nach Angaben in Meó et al., 2006, selbst eingeschätzt mit im Mittel ca. 8.050 Tonnen (zur Plausibilität siehe 2.1.).
- Für 2005 bis 2030 ergibt sich der Anbau im Inland aus Anbaufläche im Inland (siehe 3.1.), mal Ertrag (siehe 2.1.).

1.1.2. Gesamtaufkommen aus Anbau im Ausland

Dies wird hier nicht betrachtet.

1.2. Direktimporte

Arzneipflanzen:

- Diese ergeben sich als Differenz von Gesamtaufkommen (siehe 1.) und Aufkommen aus Anbau im Inland (siehe 1.1.1.).

Tabelle 9: Gesamtabsatz von Arzneipflanzen (in Tonnen) – BAU I

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
		1. Verwendung in Tonnen					
aus inländischem Anbau							
	Arzneipflanzen	8.050	18.390	19.471	23.798	34.616	45.433
	Färberpflanzen	16	16	17	19	24	30
	Insgesamt	8.066	18.406	19.488	23.817	34.640	45.464
aus Importen							
	Arzneipflanzen	13.950	11.610	12.758	17.351	62.799	113.245
	Färberpflanzen						
	Insgesamt	13.950	11.610	12.758	17.351	62.799	113.245
INSGESAMT							
	Arzneipflanzen	22.000	30.000	32.230	41.149	97.415	158.679
	Färberpflanzen	16	16	17	19	24	30
	Insgesamt	22.016	30.016	32.246	41.168	97.439	158.709

Quelle: Meó et al., 2006; diese Studie.

Anmerkung: Die markierten Zahlen entsprechen dokumentierten Werten, die nicht markierten Zahlen wurden selbst geschätzt. Erläuterungen hierzu im Text.

Die folgende Abbildung 10 zeigt die zeitliche Entwicklung des Aufkommens von Arzneipflanzen (in Tonnen) in Deutschland von 2004 bis 2030, differenziert nach Herkunft aus inländischem Anbau und über Importe, wie sie sich aus den zuvor beschriebenen Daten und Annahmen ergibt.

2. Hektarproduktivitäten

2.1. bei Anbau im Inland

Arzneipflanzen:

- Für 2004 ergibt sich nach Angaben von Meó et al., 2006, ein Ertrag von ca. 1,8 Tonnen pro Hektar. Dieser mittlere Ertrag für Arzneipflanzen liegt im Bereich dokumentierter Werte von 2,5 bis 4,5 Tonnen pro Hektar für Pfefferminze, 0,3 bis 0,9 t/ha für Kamille, den in Deutschland am häufigsten angebauten Arten. Für andere Arzneipflanzen werden ähnliche Ertragsvariationen berichtet (Meó et al. 2006).

- Für den Zeitraum von 2005 bis 2030 nehmen wir denselben Ertrag wie für 2004 an; da die gegebene Spanne von Erträgen einzelner Arzneipflanzen und ein nicht absehbares zukünftiges Spektrum von Arzneipflanzen keine plausible Einschätzung zukünftiger Erträge ermöglichen.

2.2. bei Anbau im Ausland

Arzneipflanzen: Für Importe wurden dieselben Erträge wie im Inland angenommen.

3. Globale Belegung landwirtschaftlicher Flächen

3.1. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Inland

Arzneipflanzen:

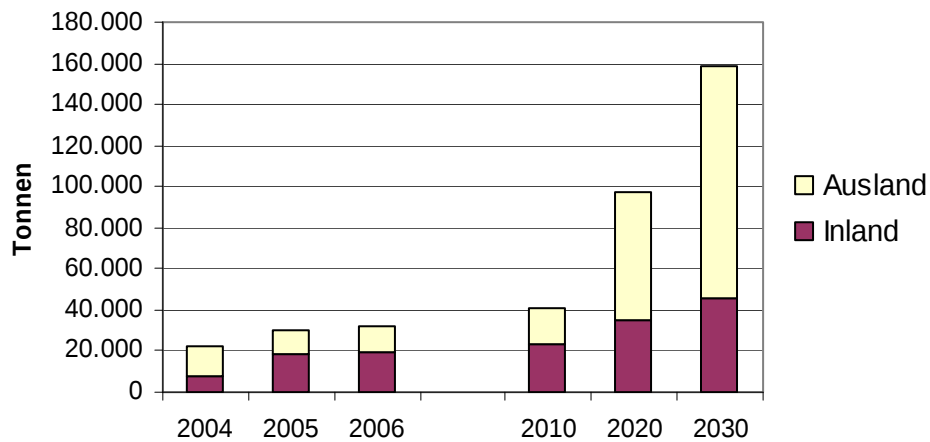
- Für 2004 und 2005 wurden die Anbauflächen im Inland ausgewiesen (FNR, 2006a);

- Für den Zeitraum von 2006 bis 2030 wurde eine jährliche Steigerungsrate von 600 ha pro Jahr angenommen, dies entspricht der mittleren jährlichen Steigerung im Zeitraum von 1998 bis 2005.

3.2. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Ausland

Arzneipflanzen: Diese wurde berechnet aus Direktimportmengen (siehe 1.2) geteilt durch Erträge (siehe 2.2).

Abbildung 10: Aufkommen von Arzneipflanzen in Deutschland aus inländischem Anbau sowie Importen (Ausland), 2004 bis 2030. BAU I



Quelle: Meó et al., 2006; diese Studie.

4. BAU II

Arzneipflanzen:

Gegenüber BAU I wird in BAU II pauschal eine Steigerung des Aufkommens um 15% angenommen.

5. Unsicherheiten und offene Punkte

- Die Szenarien für Arzneipflanzen leiden unter der mangelhaften Datenverfügbarkeit, die sich zum Teil nur auf unvollständige Angaben z.B. für das Aufkommen aus Anbau im Inland stützen kann. Hier ist angesichts eines doch interessanten Marktes mit ausgeprägten Entwicklungspotenzialen die Schaffung einer besseren Daten- und Informationsbasis wünschenswert.
- Die Datenlage für Färberpflanzen ist gar als ungenügend zu bezeichnen. Es ist lediglich bekannt, in welchem Umfang in 2004 der Anbau in Deutschland auf Versuchsflächen stattfand. Informationen über Importe fehlen, was vermutlich auf ihre vernachlässigbare Größe zurückzuführen ist.

Globale Flächenbelegung für Arzneipflanzen unter BAU I Bedingungen

Auf Basis der zuvor beschriebenen Daten und Annahmen wurde der globale Flächenbedarf für das Gesamtaufkommen von Arzneipflanzen geschätzt (Tabelle 10). Dieser lag bei 12.000 ha in 2004 und 17.000 ha in 2005. Bis 2030 würde der Flächenbedarf für Arzneipflanzen unter BAU I Bedingungen auf 88.000 ha ansteigen. Der Flächenbedarf für Färberpflanzen spielt dabei kaum eine Rolle. Er lag bei 40 Hektar in 2004 und wird als insgesamt vernachlässigbar angesehen.

In 2004 wurde der globale Flächenbedarf für Arzneipflanzen zu ca. 63% im Ausland gedeckt. Aufgrund der real stark ausgeweiteten Anbaufläche in 2005 im Inland wurde der globale Flächenbedarf in 2005 nur noch zu ca. 39% im Ausland gedeckt. Zukünftig ist jedoch mit verstärkten Importen zu rechnen (siehe Box). Der durch den starken

Marktzuwachs für Arzneipflanzen insgesamt steigende globale Flächenbedarf in 2010, 2020 und 2030 wird unter BAU I Bedingungen demzufolge durch zunehmende Flächenbelegung im Ausland gedeckt werden. Dann würde der Anteil der im Ausland belegten Fläche bis 2030 auf ca. 71% steigen.

Tabelle 10: Globaler Flächenbedarf für Arzneipflanzen (in Hektar) – BAU I.

	2004	2005	2006	2010	2020	2030
2. Globaler Flächenbedarf in Hektar						
im Inland	4.505	10.240	10.841	13.246	19.259	25.276
im Ausland	7.737	6.440	7.077	9.624	34.832	62.812
Insgesamt	12.242	16.680	17.918	22.870	54.091	88.088
2.1. darunter: Anbaufläche in Deutschland in Hektar						
Arzneipflanzen	4.465	10.200	10.800	13.200	19.200	25.200
Färberpflanzen	40	40	41	46	59	76
Insgesamt	4.505	10.240	10.841	13.246	19.259	25.276
2.2. darunter: Anbaufläche im Ausland in Hektar						
Arzneipflanzen	7.737	6.440	7.077	9.624	34.832	62.812
Färberpflanzen						
Insgesamt	7.737	6.440	7.077	9.624	34.832	62.812

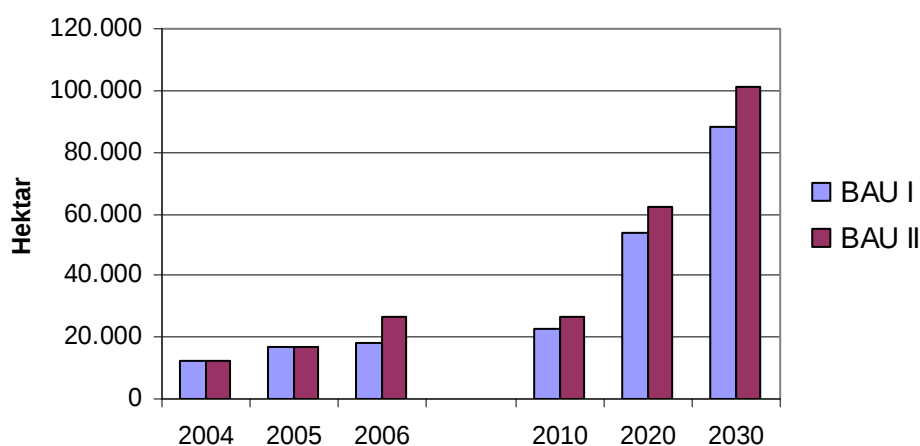
Quelle: FNR, 2006a; Meó et al., 2006; diese Studie.

Anmerkung: Die markierten Zahlen entsprechen dokumentierten Werten, die nicht markierten Zahlen wurden selbst gerechnet auf Basis der im Text genannten Daten und Annahmen.

Globale Flächenbelegung für Arzneipflanzen unter BAU II Bedingungen

Ein gegenüber BAU I um 15% erhöhter Bedarf von Arzneipflanzen führt bis zum Jahr 2030 zu einem globalen Flächenbedarf von insgesamt ca. 101.000 Hektar (Abbildung 11). Wie unter BAU I Bedingungen würde diese globale Fläche in BAU II zu ca. 71% im Ausland lokalisiert sein.

Abbildung 11: Globaler Flächenbedarf für Arzneipflanzen (in Hektar) – BAU I und BAU II.



Quelle: FNR, 2006a; Meó et al., 2006; diese Studie.

2.2. Holz für die stoffliche und energetische Nutzung

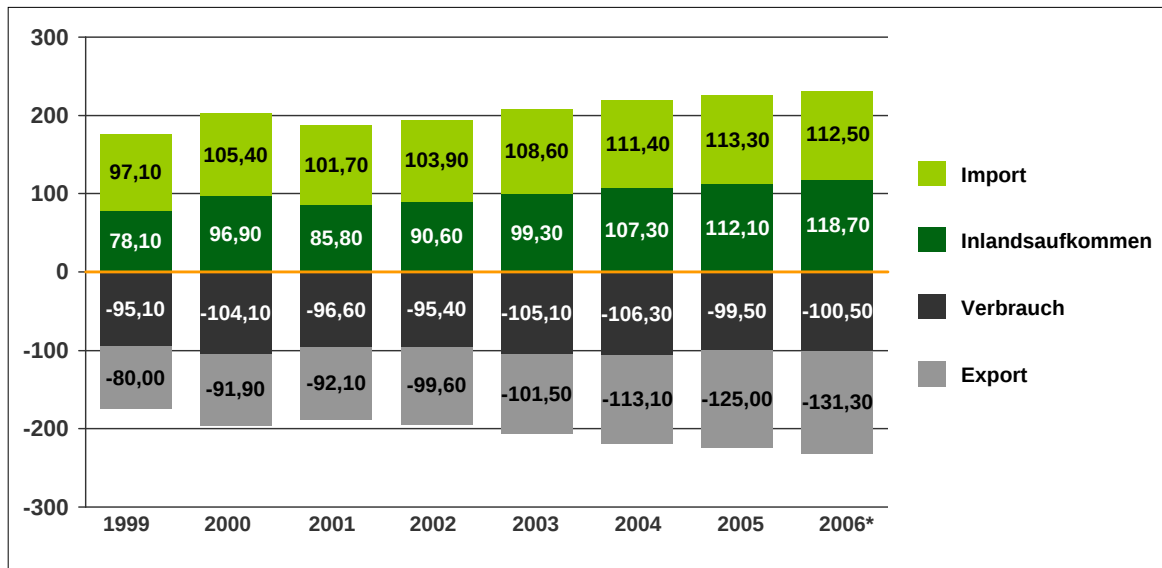
Im Folgenden werden die Ergebnisse zum Nawaro-Segment Holz dargestellt. Zunächst wird ein Überblick über das Aufkommen und den Verbrauch von Holz in Deutschland (incl. Im- und Exporten) gegeben und die Potenziale einer erhöhten Rohstoffmobilisierung aufgezeigt. Zur Erläuterung der Holznutzung in Deutschland wird im weiteren auf die drei hauptsächlichen Verwendungsfelder näher eingegangen, diese sind (1) Holzprodukte, (2) Papier, Pappe, Karton und Chemiezellulose sowie (3) energetische Nutzung. Anschließend werden die Importmengen und Herkunftsländer von Holz und holz basierten Produkten genauer beschrieben und abschließend die globalen Flächenbedarfe für den Holzverbrauch in Deutschland geschätzt.

Berücksichtigt wird im Folgenden eine Besonderheit der Erfassungsmethodik der Holzströme. In **Holzbilanzen** werden der in der offiziellen Statistik erfasste Einschlag, Lager-/Bestandsveränderungen und Außenhandel mit **Holzwaren** gegenübergestellt. Der Verbrauch ergibt sich als rechnerische Restgröße. Demgegenüber gibt es **Holzrohstoffbilanzen**, in denen alle Aufkommens- und Verwendungsformen von **Holzrohstoffen** erfasst und gegenübergestellt werden (inkl. Altholz, Industrierestholz, Landschaftspflegematerial, energetische Verwendung). Die Erfassung von **Holzrohstoffen** erfordert einen großen Umfang von Datenerhebungen, da diese nicht in der offiziellen Statistik erfasst werden (siehe Mantau/Sörgel, 2006b), und steht nur für einzelne Jahre zur Verfügung. Somit stehen die Angaben zu den Holzrohstoffen und den Holzwaren jeweils für sich und lassen sich nicht direkt miteinander vergleichen oder integrieren. Um eine gewisse Vergleichbarkeit einzelner Positionen aus den verschiedenen Quellen zu fördern, wird insbesondere auf das Jahr 2004 Bezug genommen und, wenn möglich, durch aktuellere Zahlen ergänzt. Für die Flächenbedarfsabschätzung sind Angaben nur für die Jahre 2000-2002 vorhanden. Erfasst werden die Mengen von Holzwaren und Holzrohstoffen in der Regel in Rohholzäquivalenten. Das Maß Rohholzäquivalent [m^3 (r)] (im Folgenden verkürzt als m^3 dargestellt) bezeichnet die Menge Rohholz, „die zur Herstellung einer Einheit einer speziellen Ware eingesetzt werden muss“ (Dieter, 2006).

2.2.1. Holzströme und Mobilisierungspotenziale

Die Gesamtholzbilanz für Holzwaren in Deutschland ist in Abbildung 12 dargestellt. Sie gibt einen Überblick über die Bilanz vom statistisch erfassten Holzaufkommen und der Holzverwendung der Jahre 1999 bis 2006. Die Tabelle 11 stellt weitere Details zu den Aufkommens- und Verbrauchsstrukturen im selben Zeitraum dar.

Abbildung 12: Überblick über Aufkommen und Verbrauch von Holzwaren (inkl. Im- und Exporte) in Deutschland 1999 bis 2006 [in Mio. m³ (r)].



Quelle: Wuppertal Institut basierend auf Dieter, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007.

* Zahlen für 2006 sind vorläufig.

Das Gesamtholzaufkommen setzt sich aus dem heimischen Holzeinschlag, dem Holzimport, dem inländischen Altpapier und dem Altholzaufkommen zusammen. Der Holzwarenverbrauch in Deutschland ergibt sich rechnerisch aus der Differenz von Gesamtaufkommen und Export. Es wird deutlich, dass das Gesamtholzaufkommen, in den letzten Jahren relativ kontinuierlich angewachsen ist. Im Jahr 2004 lag es bei etwa 219 Mio. m³ Rohholzäquivalenten (r), im Jahr 2006 bei 231,8 m³ (r) (siehe Tabelle 11).

Die obige Abbildung 12 und Tabelle 11 machen deutlich, dass Deutschland im Jahr 2004 in der mengenmäßigen Bilanz für das statistisch erfasste inländische Aufkommen (ca. 107,3 Mio. m³ im Jahr 2004 inklusive Altpapier) und den rechnerischen Verbrauch (Inlandsaufkommen plus Importe minus Exporte) (ca. 106,3 Mio. m³ im Jahr 2004) von Holz, Restholz und Holzwaren (Halb- und Fertigwaren) in etwa Selbstversorger ist. Allerdings kommen zu dem inländischen Holzaufkommen in Deutschland (54,5 Mio. m³ Einschlag im Inland, 41,5 Mio. m³ an Altpapier, 11,3 Mio. m³ statistisch erfasstes Altholz) noch erhebliche Importmengen dazu, denn Deutschland importiert in großem Umfang insbesondere Holzhalf- und Holzfertigwaren (insgesamt ca. 111,4 Mio. m³ im Jahr 2004). Auch die für den Export bestimmten Holzmengen (ca. 113,1 Mio. m³ im Jahr 2004) steigen und sind seit dem Jahr 2004 sogar größer als die Mengen für den inländischen Verbrauch. Folglich sind auch die Importe in den letzten Jahren gestiegen. Dies zeigt die Bedeutung der deutschen Wirtschaft als Produzent und Verarbeiter von Holzprodukten (vgl. auch Mrosek/Kies/Schulte, 2005; Ochs/Duschl/Seintsch, 2007).

Den in den letzten Jahren beobachtbaren **Steigerungen des Inlandsaufkommens** (inländische Rohholzmobilisierung) **sind jedoch Grenzen gesetzt**. Der gesamte Holzvorrat in deutschen Wäldern wird auf ca. 3,5 Milliarden m³ für 2004 geschätzt (BFH/StBA, 2006). Das nachhaltig nutzbare potenzielle Rohholzaufkommen liegt nach

Schätzungen der zweiten Bundeswaldinventur aktuell bei ca. 71 Millionen m³ pro Jahr. Bis zum Jahr 2030 werden ca. 81 Mio. m³ pro Jahr erwartet (BMELV, 2004). Die amtliche Holzeinschlagsstatistik und andere Untersuchungen zum inländischen Rohholzaufkommen und damit zu den Mobilisierungspotenzialen variieren stark (vgl. BMELV, 2007; Mantau/Sörgel, 2006). Nach Erhebungen des Zentrums für Holzwirtschaft an der Universität Hamburg für das Jahr 2004 (und 2005) liegt das tatsächliche Rohholzaufkommen in Deutschland von 64,8 Mio. m³ (68,5 Mio. m³) deutlich höher als der in der amtlichen Statistik angegebene Einschlag von 54,5 Mio. m³ (56,9 Mio. m³) (Holz-Zentralblatt, 2007: 363), so dass sich daraus geringere Potenziale der zusätzlichen Holznutzung ergeben (vgl. Mantau/Sörgel, 2006). Die Differenz erklärt sich u.a. durch einen offiziell nicht erfassten Einschlag im Kleinprivatwald (Holz für den Eigenbedarf z.B. als Brennholz) oder kleinere Mengen an gehandeltem Holz, die ebenfalls nicht erfasst werden (Mantau/Sörgel, 2006) (siehe Kapitel 2.2.2).

Tabelle 11: Holzwarenströme in Deutschland [in Mio. m³ Rohholzäquivalente (r)].

		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006 ⁴
Gesamtholzaufkommen		175,2	202,3	188,7	195,0	207,8	219,4	225,4	231,8
Inlandsaufkommen		78,1	96,9	85,8	90,6	99,3	107,3	112,1	118,7
	Einschlag ¹	37,6	53,7	39,5	42,4	51,2	54,5	56,9	62,3
	Altpapier	37,5	39,7	40,1	39,7	39,6	41,5	43,9	45,1
	Altholz	3,0	3,5	6,2	8,5	8,5°	11,3	11,3°	11,3 ⁵
Import		97,1	105,4	101,7	103,9	108,6	111,4	113,3	112,5
	Rohholz	2,9	3,6	3,6	2,7	2,6	2,4	3,4	3,5
	Restholz	1,2	1,5	1,4	1,2	1,0	1,6	1,5	1,5
	Halbwaren ²	70,3	74,6	71,5	75,7	79,2	82,7	84,3	84,7
	Fertigwaren ³	22,8	25,8	25,3	24,3	25,8	24,7	24,1	22,8
Verbrauch		95,1	104,1	96,6	95,4	105,1	106,3	99,5	100,5
Export		80,0	91,9	92,1	99,6	101,5	113,1	125,0	131,3
	Rohholz	4,6	5,6	3,6	4,9	4,6	5,6	6,9	6,8
	Restholz	3,3	3,0	3,0	3,0	2,9	3,5	3,5	2,9
	Halbwaren ²	55,5	63,7	71,5	70,5	72,2	81,1	89,1	91,6
	Fertigwaren ³	16,6	19,6	25,3	21,2	21,8	22,9	25,5	29,1
Netto-Import (Import-Export)		17,1	13,5	9,6	4,3	7,1	-1,7	-11,7	-18,8

Quellen: Dieter, 2002, 2003, 2005, 2006, 2007.

¹Es wird hier nur der in der offiziellen Statistik erfasste Wert angegeben, vgl. im Text. Die Zahlen in Tabelle 23 umfassen im Gegensatz dazu u.a. auch den nicht erfassten Einschlag und weichen von den hier dargestellten Zahlen ab. Beide Tabellen sind damit nicht vergleichbar.

² Halbwaren: Schnittholz, Platten, sonst. Holzhalbwaren, Holzschliff, Zellstoff, Altpapier, Papier, Pappe

³ Fertigwaren: Holzwaren incl. Möbel, Papierwaren, Druckerzeugnisse, Sonstiges
Rechnerische Differenzen ergeben sich durch Lagerbestände, die nicht in der Tabelle aufgeführt sind.

⁴ vorläufige Daten

⁵ Wert fortgeschrieben

Insbesondere in den Waldeigentumsformen Staatswald, Landeswald und in größeren Privatwaldgebieten sind die **Potenziale** einer erhöhten Nutzung des Wirtschaftswaldes weitgehend ausgeschöpft (Polley/Kroiher, 2006). Hier können in Abhängigkeit der Baumart und Altersklasse nur kleinere Steigerungen erfolgen. Die Potenziale für eine erhöhte Mobilisierung liegen hauptsächlich in den kleineren Privatforsten und in bestimmten Waldholzsortimenten. Diese Potenziale sind allerdings schwierig zu mobilisieren, da sich hier ca. 2 Mio. Waldbesitzer eine Fläche von 5 Mio. ha teilen (Mrosek et al., 2005). Fast 60 Prozent der Privatwaldbesitzer haben kleinere Flächen als 20 ha (BMELV, 2004). Durch Zusammenschlüsse von Privatwaldbesitzern zu Forstbetriebsgemeinschaften soll eine Holzmobilisierung in Kleinprivatwäldern bewirkt werden.

Die größten Potenziale sind im Bereich des Waldrestholzes (nicht genutztes Derbholz) zu finden, allerdings mit geminderten Nutzungsanteilen auf Grund ökonomischer und ökologischer Nachteile (Mantau, 2006; Kändler, 2006). Das Öko Institut geht in einer Studie zu nachhaltiger Biomasse von einem energetisch nutzbaren Waldrest- und Schwachholzpotenzial in 2005 von insgesamt 16,59 Millionen t_{atro} pro Jahr aus (Eiche 0,94; Buche 4,65; Fichte 7,25; Kiefer 3,75). Das Aufkommen ist abhängig von den Baumarten, dem Rohholzaufkommen und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, da Rest- und Schwachholz nur in Abhängigkeit zum Einschlag anfallen, der Wirtschaftlichkeitskriterien unterliegt (Fritsche et al., 2004). Einen hohen Einfluss auf eine erhöhte Rohholzmobilisierung haben neben den regional unterschiedlichen Rohholzaufkommen (siehe Polley/Kroiher, 2006) die forstpolitische Situation und gesellschaftliche Strukturen einer Region (siehe u.a. UNI Göttingen, 2006).

Im Jahr 2003 wurden ca. 2 Mio. t Energieholz aus landwirtschaftlichen Flächen genutzt (Kurzumtriebsplantagen) (KOM, 2005). Für eine erhöhte Nutzung bestehen gewisse Potenziale (vgl. EEA, 2006; Knoll/Rupp, 2007), allerdings stehen dem auch hier Mobilisierungshemmnisse wie z.B. Mentalitäts- und Rentabilitätsbarrieren bei Landwirten (aufgrund eines mehrjährigen Vorlaufs von mind. 4 Jahren und einer mehrjährigen Festlegung auf diese Nutzung), hinreichende Bereitstellung von Pflänzlingen oder der Nachholbedarf in der Züchtungsforschung entgegen (Knoll/Rupp, 2007; Große, 2006).

Im Folgenden wird genauer auf die Struktur der Holzverwendung in Deutschland eingegangen.

2.2.2. Holzrohstoffverwendung

Holzrohstoffe werden zur Herstellung von Halb- und Fertigwaren (Holzwaren) verwendet, bei deren Produktion Reststoffe anfallen, die ebenso wie die Holzwaren wiederum stofflich verwendet oder schließlich energetisch verwertet werden können. Aus Rohholz (Stamm- und Industrieholz), Industrierestholz, weiteren Waldholzaufkommen (Rinde, Schwachholz, Landschaftspflegematerial) und anderen Rohstoffen wie Altholz werden Halbwaren wie Schnittholz, Holzwerkstoffe (Platten, Furnier, Sperrholz), Holz- und Zellstoff sowie weitere Halbwaren hergestellt. Halbwaren, anfallende Reststoffe (Sägenebenprodukte) werden zu Fertigwaren im Baubereich, der Möbelindustrie, für Verpackungen und Transport sowie in sonstigen Bereichen weiter verarbeitet (Mantau/Sörgel, 2006).

Einen Überblick über die Verwendung der in Deutschland verfügbaren Holzrohstoffe für die Herstellung von Halbwaren in Deutschland im Jahr 2004 geben Mantau/Sörgel, 2006. In der Holzrohstoffbilanz 2004 wird die Verwendung der Holzrohstoffe dem Holzrohstoffaufkommen, das das Inlandsaufkommen, den nicht erfassten Einschlag sowie die Im- und Exporte der jeweiligen Rohstoffsortimente umfasst, gegenüberstellt (siehe Tabelle 12). So ergibt sich z.B. ein verfügbares Stammholzaufkommen von 33,6 Mio. m³ im Jahr 2004 aus dem erfassten Einschlag von 32,2 Mio. m³, dem nicht erfassten Einschlag von 3,2 Mio. m³ (Schätzung), Importen von 1,6 und Exporten von 3,5 Mio. m³ (Mantau/Sörgel, 2006).

Einschließlich nicht erfasstem Einschlag, der sich als Berechnungsgröße aus Verwendungsstatistik und Aufkommensstatistik ergibt, und dem Aussenhandel ergeben sich z.B. für das Jahr 2004 54,6 Mio. FM Stamm- und Industrieholzaufkommen (gemäss Mantau / Sörgel 2006). Diese Zahl ähnelt zwar dem Wert für den statistisch erfassten Einschlag von 54,5 Mio. FM in Tabelle 12 zu den Holzwarenströmen (Dieter 2006), ergibt sich aber aus anderen Größen. Die Herleitung ist im vorherigen Absatz mit einem Rechenbeispiel für das Stammholz erläutert. Alle Zahlen für das Jahr 2004 und deren Herleitung finden sich im Bericht zur Holzrohstoffbilanz 2004 bei Mantau / Sörgel 2006.

Tabelle 12: Aufkommen und Verwendung von Holzrohstoffen 2004 in Deutschland [in Mio. m³].

Holzrohstoffsortimente	Σ Rohstoff- aufkommen*	Stoffliche Verwendung				Energetische Verwendung		
		HuZ	HWS	SÄG	SsV	>1MW	<1MW	HBR
Stammholz	33,6	-	-	33,3	0,3	-	-	-
Industrieholz	21,0	5,2	10,0	0,1	0,2	0,2	-	5,4
Wald- Restholz/Schwachholz	7,1	-	-	-	-	-	1,2	5,4
Sägenebenprodukte	11,8	3,3	5,9	0,2	0,3	1,3	0,4	0,4
Rinde	2,4	-	-	-	1,6	0,5	0,3	-
Sonst. Ind.-Restholz	4,1	-	0,9	-	0,1	2,8	0,4	-
Altholz	11,0	-	2,6	-	0,3	5,8	1,2	1,2
Landschaftspflegeholz	0,3	-	-	-	-	0,2	0,1	-
Summe		8,5	19,4	33,6	2,7	11,3	3,6	12,3
Gesamtsumme	91,4	64,2				27,2		

Quelle: Mantau/Sörgel, 2006.

HuZ = Holzstoff und Zellstoff; HWS = Holzwerkstoffe; SÄG = Sägeindustrie; SsV = Sonstige stoffliche Verwendung; > 1 MW = Anlagen größer 1 MW; < 1 MW = Anlagen kleiner 1 MW; HBR = Hausbrand.

*) Das Aufkommen umfasst den statistisch erfassten Einschlag, den nicht erfassten Einschlag sowie die Im- und Exporte der jeweiligen Rohstoffsortimente. Altpapier ist nicht aufgeführt, da es Holzware aber kein Rohholz ist.

Das Rohstoffaufkommen betrug im Jahr 2004 insgesamt 91,4 Mio. m³.¹² Davon wurden ca. 70% stofflich (64,2 Mio. m³) und ca. 30% energetisch (27,2 Mio. m³) genutzt (siehe

¹² Im Vergleich zum inländischen **Holz**aufkommen (siehe Tabelle 11) ergibt sich ein geringeres Inlandsaufkommen für Holz**roh**stoffe (siehe Tabelle 12), da - trotz zusätzlich erfasster Aufkommen (nicht

Tabelle 12) (Mantau/Sörgel, 2006). Im Jahr 2005 hat sich das Verhältnis in Richtung einer erhöhten energetischen Nutzung verschoben (Mantau et al., 2007).

In der stofflichen Verwendung hat die Sägeindustrie den größten Anteil mit 36% (33,6 Mio. m³). In der Holzwerkstoffindustrie werden 19,4 Mio. m³ (21%) überwiegend für die Möbelproduktion eingesetzt und in der Papier- und Zellstoffindustrie werden 8,5 Mio. m³ Holzrohstoffe (10%) verwendet (Mantau/Sörgel, 2006), in der darüber hinaus ein hoher Anteil Altpapier eingesetzt wird. Von den 41,5 Mio. m³ Altpapier im Jahr 2004 (Inlandsaufkommen, wird in Tabelle 12 nicht dargestellt) wurden 11,8 Mio. m³ exportiert, d.h. 29,7 Mio. m³ inländisches Altpapier wurden in der Papierindustrie verwendet (Dieter, 2006).

Der energetische Rohholzbedarf großer und mittlerer Heiz- und Kraftwerke (> 1MW) betrug im Jahr 2004 ca. 11,3 Mio. m³, in denen auch Altholz im Umfang von 5,8 Mio. m³ energetisch verwertet wurde. Der Rohholzbedarf kleiner Heiz- und Kraftwerke (< 1MW) betrug 3,6 Mio. m³. Der private Rohholzbedarf von Haushalten zur energetischen Nutzung betrug insgesamt 12,3 Mio. m³ pro Jahr. Den größten Anteil hat hier das Waldscheitholz. Der private Pelletverbrauch hat einen geringen Anteil (Mantau/Sörgel, 2006).

Im Folgenden wird genauer auf die drei Hauptfelder der Holzrohstoffverwendung in Deutschland eingegangen:

- Holzprodukte (Halb- und Fertigwaren ohne Papier),
- Papier, Pappe, Karton, Chemiezellulose,
- Energie.

2.2.2.1. Holzprodukte

Durch eine Vielfalt an Gütern und einem hohen intersektoralen Güteraustausch der Holzhalbwaren zur Fertigwarenproduktion erweist sich die weitere Betrachtung der Stoffströme als schwierig. Mantau/Bilitewski, 2005, haben in einer methodischen Studie die Bedingungen eines „Stoffstrom-Modell-Holz“ für den Kreislauf von Holzprodukten untersucht und für das Jahr 2002 beispielhaft die Verknüpfung von Holzrohstoffaufkommen, Holzhalbwarenproduktion, Produktion von Holzfertigwaren sowie Einfuhr, Entsorgung inkl. Abfallstatistik für Altholz erarbeitet (siehe Tabelle 13).

erfasster Einschlag, Sägenebenprodukte, Rinde und Landschaftspflegematerial) - Altpapier als wichtiger Holzstrom nicht als Holzrohstoff aufgeführt wird.

Tabelle 13: Verwendung von Halbwaren im Jahr 2002 in Deutschland
[in Mio. m³].

2002	Schnittholz		Furniere und Sperrholz		Platten		Halbwaren gesamt	
	in Mio. m ³	In %	in Mio.m ³	In %	in Mio. m ³	In %	in Mio. m ³	In %
Baubereich	14,309	62,3	0,553	45,1	2,687	23,1	17,548	49,0
Möbel	2,362	10,3	0,440	35,9	8,647	74,3	11,449	32,0
Verpackung	4,938	21,5	0,211	17,2	0,136	1,2	5,285	14,8
Sonstiges	1,351	5,9	0,022	1,8	0,168	1,4	1,541	4,3
Summe	22,959	100,0	1,226	100,0	11,638	100,0	35,823	100,0
Summenanteil		64,1		3,4		32,5		100,0

Quelle: Mantau/Bilitewski, 2005.

Insgesamt wurden im Jahr 2002 35,8 Mio. m³ Halbwaren für die Produktion von Fertigwaren verwendet (Mantau/Bilitewski, 2005) (siehe Tabelle 13).¹³ Holzhalbwaren verteilen sich im Jahr 2002 in Deutschland im Wesentlichen, d.h. zu ca. 96%, in die folgenden Bereiche (Mantau/Bilitewski, 2005):

- Den Baubereich (u.a. Innenausbau, Konstruktion, inkl. Naturdämmstoffe),
- die Möbelfertigung und
- Verpackungsmaterialien (u.a. Kisten und Paletten).

Insgesamt stabilisiert sich für die Holzhalbwarenverwendung laut Angaben des Hauptverbandes der Deutschen Holz und Kunststoffe verarbeitenden Industrie und verwandter Industriezweige e.V. (HDH) die Lage der Holz- und Möbelindustrie in Deutschland nach jahrelangem Rückgang der Umsatz-, Beschäftigten- und Betriebszahlen (Gesamtumsatz 37 Mrd. Euro und 224.000 Beschäftigte in 2005). Im Jahr 2005 verzeichnete die Holz- und Möbelindustrie insgesamt steigenden Umsatz (plus zwei Prozent), wobei einzelne Bereiche (baunaher Bereich minus 8,5 Prozent) auch einen sinkenden Umsatz verzeichneten (HDH/VDM, 2005).

Holz ist unter den nachwachsenden Rohstoffen der im **Baubereich** am stärksten eingesetzte Rohstoff (Deimling/Vetter, 2000: 1). Es wird knapp die Hälfte der Halbwaren im Bausektor verarbeitet. Im Jahr 2002 entsprach dies einer Menge von 17,6 Mio. m³, wobei Schnittholz mit über 62% den größten Anteil hat (siehe Tabelle 13). Die Verwendung von Schnittholz im Baubereich lässt sich beispielhaft für das Jahr 2003 verdeutlichen (Mantau, 2005b). Hier wurden ca. 75% für den Wohnungsbau genutzt (9,7 Mio. m³). Darunter wurden für den Wohnungsneubau 4,25 Mio. m³ und für die Wohnungsmodernisierung 5,43 Mio. m³ verwendet (ebd.). Die weiteren Schnittholzverwendungen bestehen im Nichtwohnbau (3,3 Mio. m³) und im Tiefbau (2,0 Mio. m³ (ebd.).

¹³ Die Menge produzierter Holzfertigwaren resultiert aus der eingesetzten Rohstoffmenge, Halbwaren-Nettoimporten und Fertigwarenimporten abzüglich anfallender Reststoffe, Verdichtungs-faktoren sowie Produktionsverlusten. Zu den Rohstoffen zählen Stamm- und Industrieholz, Sägenebenprodukte, Industrierestholz und Gebrauchtholz (Mantau/Bilitewski, 2005).

Umweltverträglichkeit von Nawaro-Dämmstoffen

Nach den von Katalyse 2003 untersuchten Ökobilanzkriterien zeigt sich kein maßgeblicher Unterschied hinsichtlich der Umweltverträglichkeit von Dämmstoffen aus Holzfasern und denen aus Flachs oder Hanf bzgl. der ökologischen Kriterien (siehe Tabelle 14). Dazu gehören der Primärenergiegehalt, das Treibhauspotenzial und das Versauerungspotenzial eines Dämmstoffes. Die Umweltverträglichkeit bzgl. der weiteren Kriterien wie Recyclingfähigkeit (Rückbauaufwand) und Kompostierbarkeit ist eng an die Verarbeitung der Dämmstoffe geknüpft.

Neben dem allgemeinen Einfluss von Technologienentwicklungen und Vermarktung für die Verwendung von Holz, haben im Baubereich spezifische Marktanreizprogramme und vor allem die Baukonjunktur einen Einfluss auf die Verwendung von Holzwerkstoffen. Im Kontext der schlechten Konjunktur im Bausektor in den letzten Jahren ergaben sich steigende Absatzpotenziale insbesondere nur für Hölzer mit höheren Querschnitten und veredelte Produkte wie Duo-Triobalken, Thermoholz oder Brettschichtholz (Fornfeld et al., 2004: 54). 2005 entstand eine zunehmende Nachfrage nach Holzprodukten im Holzfertigbau (plus 7,5 Prozent) bedingt durch die starke Position der Energiesparhäuser (Bauzentrale 2006). Für die Jahre 2005 und 2006 haben auch die angekündigte Abschaffung der Eigenheimzulage sowie Vorzieheffekte der MWSt-Erhöhung 2007 eine steigende Nachfrage bewirkt.

Eine weitere Verwendung von Holz im Baubereich sind **Naturdämmstoffe**, die aus Holzabfällen oder Altpapier oder aus pflanzlichen Fasern hergestellt werden (siehe Tabelle 14 und folgende Box zur Umweltverträglichkeit von Nawaro-Dämmstoffen). Naturdämmstoffe tragen aktuell mit einem Volumen von 1,3 Mio. m³ pro Jahr zu fünf Prozent zum gesamten deutschen Dämmstoff-Markt bei. Zellulose-Dämmstoffe tragen 32 Prozent und Holz-Dämmstoffe 48 Prozent Anteil an Naturdämmstoffen in Deutschland im Jahr 2004. Die restlichen 20 Prozent entfallen auf andere Naturmaterialien wie Flachs- und Hanf-Dämmstoffe (siehe Kapitel 2.1.3).

Tabelle 14: Vergleich der Umweltverträglichkeit von Dämmstoffen aus Holzfasern, Flachs und Hanf.

Dämmstoffe aus	Holzfasern	Flachs	Hanf
Kriterien			
Primärenergiegehalt	gering	sehr gering	sehr gering
Treibhauspotenzial	gering-mittel	mittel	gering
Versauerungspotenzial	sehr gering	sehr gering	sehr gering
Rückbauaufwand	gering - nicht möglich	gering	gering
Kompostierung	möglich	möglich	nicht möglich

Quelle: Katalyse, 2003.

Der Bedarf an Holzhalbwaren in der **Möbelfertigung** in Deutschland lag im Jahr 2002 bei 11,5 Mio. m³. Dies sind 32% der verwendeten Holzhalbwaren (siehe Tabelle 13). Die

Möbelindustrie hat 2005 ihren Umsatz gegenüber dem Vorjahr um 1,5 Prozent auf 20,37 Mrd. Euro gesteigert (HDH, 2006). Gemessen an den Umsatzzahlen (20,37 Mrd. Euro in 2005) und Beschäftigtenzahlen (130.000 Beschäftigte in 2005) ist die Möbelindustrie das wichtigste Standbein der gesamten Holz- und Möbelindustrie (HDH, 2006).

Der Bedarf an Holzhalbwaren für die Herstellung von **Verpackungen** (wie z.B. Paletten, Kisten, Kabeltrommeln) lag im Jahr 2002 bei 5,3 Mio. m³. Die Palettenproduktion legte 2005 mengenmäßig im Vergleich zum Vorjahr um 1,8 Prozent zu. Die Hersteller von Kisten und anderen Holzverpackungen verzeichneten in 2005 ein Produktionsplus von 8,6 Prozent. Im Bereich Verpackungen wurde in 2005 ein Umsatzzuwachs von 6,9 Prozent auf 898 Mio. Euro erzielt, von denen 804 Mio. Euro (+ 7,3 Prozent) auf den Inlandsumsatz und 94 Mio. Euro (+ 3,1 Prozent) auf den Umsatz mit dem Ausland entfielen. Parallel zeigte die Zahl der Beschäftigten um 3,9 Prozent auf knapp 5.800 ebenfalls aufwärts. Die positive Entwicklung ist in erster Linie in der Exportkonjunktur der deutschen Wirtschaft und der daraus resultierenden Nachfrage nach Holzpackmitteln und Verpackungsdienstleistungen begründet (HPE, 2006).

2.2.2.2. *Papier, Pappe, Karton, Chemiezellulose*

Materialinputs für die Herstellung von Papier, Pappe, Karton umfassten inländisches Holz und Sägenebenprodukte für die inländische Zellstoff- und Holzstoffproduktion, den Netto-Außenhandel mit Zellstoff und Holzstoff, sowie den quantitativ dominierenden Inlandsverbrauch von Altpapier mit ca. 13 Mio. t im Jahr 2004. Chemiezellulose hat im Vergleich einen mengenmäßig geringen Umfang von ca. 0,3 Mio. t.

Zellulose und Holzstoff

Der Zellstoffverbrauch Deutschlands lag in 2004 bei 4,8 Mio. t. Der Holzstoffverbrauch lag im Jahr 2004 bei 1,5 Mio. t. Haupteinflussfaktoren sind die Energiekosten und der Papierverbrauch in Abhängigkeit von der konjunkturellen Entwicklung. Hauptrohstoff für die Zellstoffindustrie ist zu 73% Altpapier (Statistisches Bundesamt, 2006).

Die Verfahren für Holz- und Zellstoffherstellung, Altpapieraufbereitung und Papierherstellung sind etabliert. Bei der Papierherstellung ist Deutschland Marktführer in der EU-25. Technologisch sind in diesem Bereich keine signifikanten Entwicklungen zu erwarten.

In der Zellstoff- und Papierindustrie Deutschlands gab es im Jahr 2004 ca. 45.000 Beschäftigte (VDP, 2006). Mit der Holzbereitstellung für Holz- und Zellstoffe sind ca. 2.500 weitere Arbeitsplätze verbunden (Meó et al., 2006).

Die Faserstoffproduktion in Deutschland basiert auf relativ hohen Rohstoffimporten. Insgesamt wurden 2004 ca. 60 Prozent der Faserstoffe importiert. Rund 90 Prozent des Holzstoffs für die Faserproduktion stammt aus einheimischer Produktion. Der Anteil des einheimischen Zellstoffs beträgt hingegen nur 25 Prozent (Meó et al., 2006).

Mit der Faserstoffproduktion sind vielfältige Umweltbelastungen verbunden, wobei die Zellstoffherstellung höhere Belastungen als die Holzschliffherstellung verursacht. Recyclingfasern sind in der Verarbeitung im Vergleich mit Zellstoff und Holzschliff mit den

geringsten Umweltbelastungen verbunden. In Abhängigkeit der Anlagen-, Prozess- und Verfahrenstechnik treten bei der Herstellung von Faserstoffen Umweltbelastungen durch Emissionen (Luft: SO₂, CO₂, TSP, TRS, NO_x; Wasser: AO_x, COD, BOD, TSS, giftige Stoffe), Chlorverbindungen, Reststoffe, Lärm, Geruch, hoher Energie- und Chemikalienverbrauch auf (Meó et al., 2006).

Chemiezellulose

Weltweit wird der überwiegende Teil (97,5 Prozent) der Zellulose in der Papierindustrie eingesetzt. Nur 2,5 Prozent gehen in die Chemieindustrie und werden als Chemiezellulose für die Herstellung von u.a. Textilfasern, Bauhilfsstoffen, Verdickern oder Bindemittel verwendet (Meó et al., 2006). Der deutsche Bedarf von 320.000 t Chemiezellulose wird zu 100 Prozent über Importe aus Nord- und Südamerika, Südafrika, Skandinavien, u.a. europäische Länder gedeckt.

Mit der Herstellung von Chemiezellulose durch thermokatalytische Verfahren sind beträchtliche Emissionen und ein hoher Energieverbrauch verbunden. Der Einsatz von Zellulose in der chemischen Industrie ist an hohe Anforderungen bzgl. Preis, Verfügbarkeit, Qualität sowie Verarbeitbarkeit geknüpft, da sie ansonsten sehr leicht durch fossile Rohstoffe zu ersetzen ist (Meó et al., 2006).

Für eine Umorientierung von Petrochemie (Erdöl basiert) auf Nawaro-Chemie ist eine grundlegende Veränderung wirtschaftlicher und technologischer Rahmenbedingungen notwendig: neue Produktstammbäume und Anwendungen, neue, komplexe Technologie (Bioraffinerie) und neue Logistiksysteme für eine dezentrale Standortstruktur sind zu entwickeln (Meó et al., 2006).

2.2.2.3. Energie

Die energetische Nutzung von Holz umfasst die Bereiche:

- Thermische Nutzung;
- Verstromung;
- Biokraftstoffe.

Die verschiedenen energetischen Nutzungsformen werden im Folgenden separat von den stofflichen Nutzungsformen behandelt, auch wenn Wechselwirkungen zwischen beiden bestehen. So ist z.B. eine kaskaden- oder kreislaufförmige Nutzung möglich, wie etwa im Bereich der Altpapier- oder Altholznutzung.

Thermische Nutzung

Bei der energetischen Nutzung von Holz überwiegt die thermische Nutzung. Im Jahr 2004 wurden Holzbrennstoffe im Umfang von 12,3 Mio. t eingesetzt (acht Prozent Hackgut, neun Prozent Stückholz, ein Prozent Holzpellets, 82 Prozent Holz-Brennstoffe aus Industrie) (Meó et al., 2006). Ein großer Anteil der thermisch genutzten Holzbrennstoffe stammt aus Holzabfällen (Industrie), die als Nebenprodukte des Produktionsprozesses mit einem Aufkommen von ca. 10 Mio. t atro/a anfallen. Davon wird jeweils die Hälfte am Markt gehandelt (für stoffliche oder energetische Nutzung) oder innerbetrieblich verwendet. Neuere Schätzungen ergeben für den energetischen Holzverbrauch privater

Haushalte einen Holzbedarf von 20,7 Mio. m³ pro Jahr, davon werden ca. 14,2 Mio. m³ Waldscheitholz genutzt (Ochs/Duschl/Seintsch, 2007).

Der Beitrag der Holzbrennstoffe aus der Industrie wird absolut gesehen bis 2030 als konstant angenommen. Nach eigener Einschätzung wird der Beitrag von Stamm-, Schwach- und Waldholz zur thermischen Nutzung von ca. 2,1 Mio. t in 2004 auf ca. 2,8 Mio. t bis 2030 ansteigen. Unter Berücksichtigung der Konkurrenzsituation ergibt sich bzgl. der Marktentwicklung der thermischen Nutzung von Holz ein begrenztes mittelfristiges Entwicklungspotenzial. Erhöhen wird sich auch der Netto-Import von Holzpellets, allerdings auf sehr viel niedrigerem Niveau. Insgesamt ergeben sich keine hohen Potenzialsteigerungen für Holz in der thermischen Nutzung (Meó et al., 2006).

Haupteinflussfaktoren auf die thermische Nutzung von Holz sind die Preise fossiler Energieträger, Anlagengrößen, (regionale) Brennstoffverfügbarkeit und -qualität, Energie- und Personalkosten, Anlagenförderung benutzerfreundlicher Kleanfeuerungsanlagen, Höhe der Investitionskosten, Struktur des Waldbesitzes, Ernteaufwand, Logistik, Hektar-Produktivität und die Menge der industriell verarbeiteten Rohholzmenge. Bei Holzpellets besteht eine internationale Konkurrenz zu Grenzregionen aus osteuropäischen Ländern trotz der hohen Transportkosten (Meó et al., 2006). Laut Bundesanstalt für Außenwirtschaft (BFAI) ist in den letzten Jahren (2003 - 2006) ein sprunghafter Anstieg von Holzpelletieranlagen inmitten großer russischer Waldgebiete verzeichnet worden (von 10 auf 50). Diese werden überwiegend Export orientiert produzieren (Lichter, 2006).

Im Oktober 2006 wurden in Biomasseheiz(kraft)werken mit einer Feuerungswärmeleistung von >1MW insgesamt 16,5 Mio t_{utro} Biomasse eingesetzt. Die größeren Anlagen (> 50.000 t) setzen überwiegend Altholz ein. Industrie- und Waldrestholz werden insgesamt mit einer Menge von 3,6 Mio. m³ genutzt. Weitere Rohstoffe sind Sägenebenprodukte, Rinde und Grünschnitt (Ochs/Duschl/Seintsch, 2007). Zur Pelletherstellung werden in derzeit 30 Anlagen ca. 2,1 Mio. m³ Rohholz zu rund 1 Mio. t Pellets verarbeitet (Ochs/Duschl/Seintsch, 2007). In der privaten energetischen Nutzung von Holz spielen Pelletheizungen eine geringe Rolle. Trotz der derzeit ca. 70.000 Pelletheizungen (DEPV, 2007) werden nur 0,25 Mio. m³ Pellets verbraucht (Ochs/Duschl/Seintsch, 2007). Die Holzpelletierung und Holzpelletfeuerung hat sich technisch etabliert. Im Bereich der Brennstoffe (Holzpellets) sind zunehmend osteuropäische und nordamerikanische Konkurrenzprodukte aufgrund niedrigerer Energie- und Personalkosten sowie Massenproduktion zu erwarten (Meó et al., 2006). Die energetische Nutzung von Waldscheitholz in den Haushalten ist mit ca. 14,2 Mio. m³ allerdings bedeutend höher als die Pelletnutzung.

Verstromung

In den 160 im Jahr 2006 betriebenen Biomasse(heiz)kraftwerken mit festen Brennstoffen, wurden ca. 4 - 4,7 Mio. t_{atro} Biomasse eingesetzt. Dabei wurden im Wesentlichen Wald- und Industrierestholz einschließlich Sägenebenprodukte, Althölzer, Landschaftspflegehölzer eingesetzt (Scholwin et al., 2007). Dabei dominiert, wie auch bei der thermischen Nutzung, das Altholz, das 65-75% der eingesetzten Biomasse ausmacht

(Scholwin et al., 2006). Im Jahr 2004 wurden ca. 50.000 t_{atro} Waldholz (Hackschnitzel) für die Stromerzeugung genutzt. Der Trend weist auf eine zunehmende Nutzung (Meó et al., 2006).

Die Nutzung von Holzgas durch eine technische Vergasung von Holz zur Stromerzeugung, wird derzeit in mehreren Holzgas-BHKW-Anlagen, die 2005/2006 errichtet wurden, erprobt. Hierbei treten Probleme auf, die bislang keinen dauerhaften und kostengünstigen Betrieb zulassen. Die zukünftige Nutzung dieser Technologie ist auch hier stark von der weitergehenden technologischen Entwicklung abhängig, mit der die Hoffnung nach kostengünstiger Stromerzeugung vor allem in kleineren BHKW-Einheiten wie Motoren oder Brennstoffzellen verbunden ist. Holzgas wurde früher auch zum Antrieb von Fahrzeugen eingesetzt (Scholwin et al., 2007; Nitsch et al., 2004).

Haupteinflussfaktoren sind hier die Struktur des Waldbesitzes, Ernteaufwand, Logistik, Produktivität, Heizwert des Brennstoffs, Preise fossiler Energieträger, Vergütungssätze nach EEG, Anlagengröße und Brennstoffverfügbarkeit.

Die Wirtschaftlichkeit ist nur unter günstigen Bedingungen zu erreichen und auf Basis des EEG möglich. Durch das neue EEG ist es ein leicht wachsender Markt (Abnahmeverpflichtung, Vergütung, Nawaro- und KWK-Bonus), begrenzt durch die Verfügbarkeit und Preise von Waldholz (Meó et al., 2006).

Biokraftstoffe

Holz leistet keinen signifikanten Beitrag zur Produktion von Kraftstoffen wie Bioethanol, BtL oder SNG (Synthetic Natural Gas), denn die entsprechenden Technologien (enzymatischer Aufschluss von Lignin zur Ethanolproduktion, Vergasung) stehen derzeit nicht in großtechnischem Maßstab zur Verfügung. In weiterer Zukunft könnte sich dies ändern. Allerdings wird das Biokraftstoffpotenzial aus holz basierten Rohstoffen (Lignocellulose aus Restholz oder Kurzumtriebsplantagen) sehr unterschiedlich eingeschätzt. Eine vergleichende Studie (IFEU, 2004) hat ergeben, dass Biokraftstoffen allgemein dann ein großes Potenzial zugeschrieben wird, wenn zukünftige Kraftstoffe wie BtL einbezogen und Nutzungskonkurrenzen (z.B. Vorrang einer stofflichen oder stationären energetischen Nutzung) ausgeschlossen werden. Werden nur die derzeit großtechnisch verfügbaren Technologien zugrunde gelegt und Flächen- und Nutzungskonkurrenzen berücksichtigt, resultieren geringe Potenziale. Da die Anwendung der BtL-Technologie vor allem auf holz basierten Rohstoffen oder Reststroh beruht, hängen die Auswirkungen auf Flächennutzungen von den verwendeten Rohstoffen ab (IFEU, 2004).

Langfristig können möglicherweise größere Potenziale durch die Nutzbarmachung von Holzrohstoffen für Biokraftstoffe erschlossen werden. Dies könnte sich allerdings indirekt auf Energiepflanzenanbau und Nahrungsmittelproduktion auswirken. Reststoffnutzungen sind dann nicht flächenrelevant, wenn die Förderung ihrer Nutzung nicht zu einem erhöhtem Anbau oder Import der Hauptprodukte führt. Während Anbaubiomasse generell flächenrelevant ist und in Konkurrenz zum Nahrungsmittelanbau und Naturschutzflächen steht (IFEU, 2004).

2.2.3. Herkunftsländer von Importen

Im Folgenden wird die Gesamtstruktur der Importe der drei wichtigsten holzbasierten Gütergruppen nach Herkunftsländern für Importe Deutschlands dargestellt.¹⁴

Die europäische Außenhandelsstatistik (Eurostat Comext, 2005) unterscheidet drei Hauptgütergruppen für Holz und holzbasierte Produkte:

- Holz und Holzwaren; Holzkohle (Gütergruppe 44),
- Halbstoffe aus Holz oder anderen cellulosehaltigen Faserstoffen; Papier oder Pappe (Abfälle und Ausschuss) zur Wiedergewinnung (Gütergruppe 47),
- Papier und Pappe; Waren aus Papierhalbstoff, Papier oder Pappe (Gütergruppe 48).

In 2004 wurden 8,51 Mio. Tonnen Holz und Holzprodukte nach Deutschland importiert. Die größten Liefermengen kamen aus Polen, Österreich, Niederlande, Russland, Frankreich und Belgien-Luxemburg mit zusammen ca. 59% aller Importe (Tabelle 15). Die höchsten Steigerungen der Importmengen seit 1993 wurden jedoch für andere Länder registriert: Ukraine (in 2004 das 29-fache der Importe gegenüber 1993), Weißrussland (das 8,1-fache), Litauen (das 4,2-fache), Lettland (das 4-fache), Estland (das 2,9-fache) und Brasilien (das 3,8-fache). Insbesondere die Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion lieferten somit zunehmend Holz und Holzwaren nach Deutschland (auch die Importe aus Russland nahmen um das 2,7-fache zu, während alle Importe nur um das 1,14-fache gegenüber 1993 zulegten). Dies geht einher mit stark ansteigenden Einschlagsmengen, Lettland hat z.B. von 1992 auf 2000 den Holzeinschlag um das 5,8-fache gesteigert, Litauen um das 1,7-fache, und Estland um das 4,1-fache (van der Voet et al., 2004). Deutschland bezieht also zunehmend Holzressourcen aus den osteuropäischen Ländern, ein Trend der generell für stoffliche Ressourcenbezüge der ehemaligen EU-15 Länder zu beobachten ist (Schütz et al., 2003).

¹⁴ Eine Analyse zu den Exportländern ist im Rahmen dieser Studie nicht durchführbar.

Tabelle 15: Importe Deutschlands von Holz und Holzprodukten, Zellstoff etc. und Papier etc. nach Herkunftsländern.

	Holz und Holzprodukte (44)		Zellstoff etc. (47)		Papier etc. (48)	
	Importanteile in 2004	2004 gegenüber 1993	Importanteile in 2004	2004 gegenüber 1993	Importanteile in 2004	2004 gegenüber 1993
Frankreich	8%	1.19	5%	3.05	9%	1.24
Belg.-Luxbg	8%	1.04	3%	3.82	5%	1.92
Niederlande	10%	2.29	15%	3.63	7%	1.45
VK			1%	1.59	2%	1.00
Italien			2%	45.18	5%	1.45
Dänemark	1%	0.93	2%	2.29	1%	1.03
Portugal			5%	1.76	1%	3.37
Spanien			3%	1.52		
Norwegen	1%	0.24	2%	1.31	3%	1.24
Schweden	5%	0.47	14%	1.16	18%	1.51
Finnland	5%	0.70	13%	1.66	18%	1.59
Österreich	10%	0.90	2%	3.66	10%	1.16
Schweiz	5%	1.93	2%	3.76	8%	2.81
Polen	14%	0.99			3%	5.40
Tschechien	7%	0.96			1%	2.28
Slowakei					1%	1.59
Russland	9%	2.71			2%	4.36
Weißrussland	6%	8.10				
Estland	1%	2.91				
Lettland	3%	3.95				
Litauen	2%	4.24				
Ukraine	2%	29.31				
USA	1%	0.30	3%	0.60	1%	0.45
Kanada			9%	0.83	0%	0.24
Brasilien	2%	3.79	6%	3.31		
Chile			2%	1.20		
Indonesien	1%	0.74				
Malaysia	0%	0.30				
Rest der Welt	10%	1.11	8%	2.57	3%	1.50
INSGESAMT	100%	1.14	100%	1.67	100%	1.51
Insgesamt in Mio. t	8.51		7.03		11.59	

Quelle: Eurostat Comext 2005

Holz und Holzprodukte: HOLZ UND HOLZWAREN; HOLZKOHLE

Zellstoff etc.: HALBSTOFFE AUS HOLZ ODER ANDEREN CELLULOSEHALTIGEN FASERSTOFFEN;
PAPIER ODER PAPPE (ABFÄLLE UND AUSSCHUSS) ZUR WIEDERGEWINNUNG

Papier etc.: PAPIER UND PAPPE; WAREN AUS PAPIERHALBSTOFF, PAPIER ODER PAPPE

Anmerkung: Die Tabelle zeigt die Auswahl der TOP 15 Lieferländer in 1992, 2000 und 2004 in wenigstens einer der drei Hauptimportgruppen.

Importe von Zellulose etc. kamen 2004 vor allem aus Niederlande, Schweden, Finnland und Kanada nach Deutschland, zusammen ca. 51% der insgesamt 7,03 Mio. Tonnen. Bei den Zuwächsen seit 1993 sticht vor allem Italien hervor, aus dem 2004 ca. 45-mal mehr Zellstoff etc. importiert wurde als noch 1993¹⁵. Die Gründe hierfür sind unbekannt. Interessant ist, dass auch aus Brasilien in 2004 etwa 3,3-mal soviel Zellstoff etc. importiert wurde wie in 1993, insgesamt 6% der Importe in 2004. Insgesamt waren alle Importmengen in 2004 um das 1,7-fache gegenüber 1993 angestiegen.

¹⁵ Die Importmengen stiegen von ca. 4.000 Tonnen in 1993 auf 168.000 Tonnen in 2004. Der Anstieg setzte in 1998 ein und verstärkte sich ab 2000, in 2003 wurde dann wieder etwas weniger Zellstoff etc. aus Italien importiert als in 2003.

Importe von Papier etc. stammten 2004 vor allem aus Schweden, Finnland, Österreich und Frankreich, zusammen ca. 55% der insgesamt 11,59 Mio. Tonnen Importe. Gegenüber 1993 wurden in 2004 vor allem aus Polen (das 5,4-fache), Russland (das 4,4-fache) und Portugal (das 3,4-fache) verstärkt Papier etc. importiert. Insgesamt waren alle Importmengen in 2004 um das 1,5-fache gegenüber 1993 angestiegen.

2.2.4.BAU-Szenarien für Holzrohstoffe und Holzprodukte

Im Folgenden werden Mengengerüste für Holz für die Szenarien BAU I und BAU II sowie die Bilanz zu prognostizierten Holzrohstoffaufkommen und -verwendungen dargestellt.

Für die Mengengerüste in den Szenarien BAU I und BAU II wird auf die bestehenden Szenarien zurückgegriffen, die von Mantau et al., 2007, auf Basis der „European Forest Sector Outlook Study“ (EFSOS) (UNECE, 2005) entworfen wurden¹⁶. Mantau et al., 2007, berechnen zum einen basierend auf der EFSO-Studie die Mengen der stofflichen Holzrohstoffverwendungen der holz basierten Industrie¹⁷ für die Jahre 2010 und 2020. Dazu kommen die Holzrohstoffmengen für die energetische Nutzung. Hierfür bewerten Mantau et al., 2007, nationalen und europäischen energiepolitische Ziele hinsichtlich erneuerbarer Energie, Bioenergie und (falls verfügbar) Holzenergie für 2020 und übersetzen diese Ziele über einfache und transparente Annahmen (z.B. der Anteil von Holz an Bioenergie bleibt auf dem Niveau von 2005) in Holzrohstoffmengen für die energetische Nutzung. Die stofflichen und energetischen Nutzungen werden dann für das „business as usual“ Szenario addiert. Für ein zweites, realistischeres Szenario, das die Entwicklung der anderen erneuerbaren Energien, Effizienzsteigerungen sowie Preisentwicklungen berücksichtigt, gehen Mantau et al. hinsichtlich der Holzenergie von einer um 25% reduzierten Mengenentwicklung aus (Mantau et al., 2007). Dieses „75% Szenario“ ist im Folgenden als BAU I bezeichnet, das erste Szenario (Business as usual) als BAU II. Die Tabelle 16 stellt die Holzrohstoffbilanz für Deutschland in 2005 und als BAU I und II für die Jahre 2010, 2020, 2030 dar. Die Mengenangaben für 2010 sowie 2030 ergeben sich aus Inter- bzw. Extrapolation der Angaben von Mantau et al., 2007.

Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass Mantau et al. 2007 die Werte für das Jahr 2005 direkt berechnet haben und keine Herleitung aus den Zahlen von 2004 stattgefunden hat.

¹⁶ Die Studie von Mantau ist eine vorläufige Version der dazu gehörigen Studie, die als Beitrag und Hintergrund zu den Diskussionen auf dem UNECE/ FAO Policy Forum dienen soll. Die genannten Zahlen sind demgemäß als vorläufig zu betrachten. Sie sollen hier aber dennoch zur Skizzierung einer möglichen Mengenentwicklung genutzt werden.

¹⁷ Dazu gehören Säge-, Holzwerkstoff- sowie Papier- und Zellstoffindustrie.

Tabelle 16: Deutschland Holzrohstoffbilanz, 2005 und BAU I und II für 2010, 2020 und 2030 [in Mio. m³].

		2005	BAU I			BAU II		
			2010	2020	2030	2010	2020	2030
Holzrohstoffaufkommen¹		107	108	109	110	108	109	110
Holzrohstoffverwendung		111	114	144	174	128	168	207
Stofflich		69,7	70,5	72,3	74,1	70,5	72,3	74,1
	Sägeindustrie	36,7	36,1	34,8	33,5	36,1	34,8	33,5
	Holzwerkstoffe	20,5	22,4	26,6	30,8	22,4	26,6	30,8
	Holz- und Zellstoff	10,3	9,8	8,7	7,6	9,8	8,7	7,6
	Sonstige	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Energetisch²		40,9	43,5	71,7	99,9	58,0	95,6	133,2
Bilanz³		-3	-6	-45	-64	-20	-57	-97

Quelle: Mantau et al., 2007, und eigene Berechnungen (Interpolation für BAU I 2010, Extrapolation für BAU I und II 2030).

¹ Die Position des Holzrohstoffaufkommens basiert auf den Annahmen der EFSO-Studie und denen von Mantau et al., 2007. Sie beinhaltet Außenhandel und Lagerbestandsänderungen. In den Szenarien sind aber keine Preiseffekte oder eine zusätzliche Rohstoffmobilisierung erfasst, die durch die angenommene Nachfragesteigerung zur Erfüllung der energiepolitischen Ziele induziert würden.

Für das Jahr 2005 wird davon ausgegangen, dass – wie im Jahr 2004 – das Aufkommen an Waldrestholz / Schwachholz, Sägenebenprodukten, Rinde, sonstigem Industrierestholz und Landschaftspflegeholz insgesamt bei 25,7 m³ liegt (vgl. Tabelle 23). Für den **statistisch bislang nicht erfassten Holzeinschlag in kleinen Privatwäldern** wird ein zusätzliches Aufkommen an Holzrohstoff in gleicher Größenordnung (25,7 m³) unterstellt. Ferner wird davon ausgegangen, dass sich das Gesamtaufkommen in den folgenden Jahrzehnten nicht wesentlich steigern lässt.

² Bei der Verwendung der Rohstoffe wurde bereits für das Jahr 2005 vor allem die energetische Verwendung um ein Drittel nach oben korrigiert und die stoffliche Verwendung um ein Zehntel, um die Verwendung des **statistisch nicht erfassten Holzeinschlags** abzubilden. Die energetische Verwendung in den Szenarien ab 2010 beinhaltet zusätzlich zu den in der EFSO-Studie angenommenen Mengen auch die Mengen, die zur Erfüllung der energiepolitischen Ziele erforderlich wären, BAU I zu 75 %, BAU II zu 100 %.

³ Die Bilanz stellt somit eine rein rechnerische Größe dar, die sich aus der Differenz der in der EFSO-Studie angenommenen Aufkommen und von Mantau et al. (2007) angenommenen Verwendung ergibt. Da weder Preiseffekte noch eine zusätzliche Rohstoffmobilisierung in die Szenarien eingegangen sind, spiegelt die Bilanz die statistisch nicht erfassten Größen und eine theoretische „Versorgungslücke“ dar, die in der Realität durch Importe, Rohstoffmobilisierung oder eine Reduktion der Verwendung geschlossen werden würde. Die Bilanz kann - wegen einer „Lücke“ im Aufkommen, die auf statistisch nicht erfasste Rohholzströme hinweist, oder einer Überschätzung der Verwendung (wegen falscher Umrechnungsfaktoren oder Effizienzzraten in der Holzindustrie) - unausgeglichen bleiben, wie z.B. im Jahr 2005 (Mantau et al., 2007). Genauere Ursachen sind nach Mantau et al. (2007) aufgrund z.T. mangelnder Daten in den verschiedenen Ländern und fehlender globaler Umrechnungsfaktoren nicht analysierbar. Auch nationale Analysen der Bilanz für Deutschland sind in Mantau et al. 2007 nicht enthalten. Werte für das Jahr 2004 sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Insgesamt wird sich demnach das **Holzrohstoffaufkommen** bis 2020 (und 2030) unter der Annahme gleich bleibender Wachstumsraten für Rohholzaufkommen und Außenhandel nur leicht erhöhen (Mantau et al., 2007) (siehe Kapitel 2.2.1.). In den Waldeigentumsformen Staatswald, Landeswald sowie in größeren Privatwaldgebieten sind die Potenziale einer erhöhten Nutzung des heimischen Wirtschaftswaldes weitgehend ausgeschöpft (Polley/ Kroiher, 2006). Hier können in Abhängigkeit von der

Baumart und Altersklasse nur kleinere Steigerungen erfolgen. Die Potenziale für eine erhöhte Mobilisierung im Inland liegen hauptsächlich in den kleineren Privatforsten sowie in bestimmten Waldholzsortimenten. Diese Potenziale sind allerdings schwierig zu mobilisieren, da sich hier ca. 2 Mio. Waldbesitzer eine Fläche von 5 Mio. ha teilen (Mrosek et al., 2005). Fast 60 Prozent der Privatwaldbesitzer haben kleinere Flächen als 20 ha (BMELV, 2004). Durch Maßnahmen wie Zusammenschlüsse von Privatwaldbesitzern zu Forstbetriebsgemeinschaften soll eine Holzmobilisierung in Kleinprivatwäldern bewirkt werden. Die größten Potenziale sind im Bereich des Waldrestholzes (nicht genutztes Derbholz) zu finden, allerdings mit geminderten Nutzungsanteilen auf Grund ökonomischer und ökologischer Nachteile (Mantau, 2006; Kändler, 2006). Das Aufkommen ist abhängig von den Baumarten, dem Rohholzaufkommen und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, da Rest- und Schwachholz nur in Abhängigkeit zum Einschlag anfallen, der Wirtschaftlichkeitskriterien unterliegt (Fritsche et al., 2004).

Aufgrund der vielfältigen Einflussmöglichkeiten und Variabilitäten besteht Forschungsbedarf zu den Potenzialen des Rohholzaufkommens (Mantau/Sörgel, 2006; Mantau et al., 2007). Die tatsächliche Nutzung des potenziellen Rohholzaufkommens, und damit die mögliche Steigerung des Einschlags, werden unterschiedlich angegeben. Eine Erhöhung des inländischen Holzangebotes scheint z.B. mit einer veränderten Waldbewirtschaftung, Schnellwuchsplantagen oder der Rohholzmobilisierung bisher wenig/ungenutzter Waldflächen möglich. Ebenso haben neben den regional unterschiedlichen Holzaufkommen (siehe Polley/ Kroiher, 2006) die forstpolitische Situation und gesellschaftliche Strukturen einer Region (siehe u.a. UNI Göttingen, 2006) sowie Klimaveränderungen und neuartige Waldschäden einen Einfluss auf das Rohholzaufkommen (Behrendt et al., 2007).

Die **Holzrohstoffverwendung** in der Holz- und Forstwirtschaft wird langfristig durch eine Reihe von Einflussfaktoren bestimmt (Detten, 2007; Behrendt et al., 2007). Die **inländische Nachfrage nach Holz und Holzprodukten** wird, trotz einer stagnierenden Entwicklung bei rein konjunktureller Betrachtung, langfristig weiterhin steigen. Durch den starken Anstieg der Energiepreise wird die stoffliche und energetische Holznutzung insgesamt wettbewerbsfähiger und zudem werden Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsaspekte eine Rolle für die zukünftige Binnennachfrage spielen. Die langfristige Entwicklung der energetischen Holznutzung ist aufgrund der unklaren Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Biomasse-Energieträgern ungewiss (Detten, 2007).

Der **Außenhandel der deutschen Holzindustrie** wird aufgrund der globalen Nachfrage nach deutschen Holz und Holzprodukten kontinuierlich und deutlich wachsen. Gleichzeitig wächst auch der Konkurrenzdruck durch Angebote aus ausländischer Plantagenwirtschaft mit niedrigen Lohn- und Rohstoffkosten. Wie sich der Ölpreis langfristig als ein wichtiger Einflussfaktor entwickeln wird, ist unklar (Detten, 2007).

Die heutigen Trends einer sich verändernden **Struktur der Holzindustrie** setzen sich bis nach 2020 fort. Einerseits finden Konzentrationsprozesse in der Holzindustrie statt

(wachsende Verarbeitungsvolumen oder -kapazitäten in Unternehmen) und andererseits eine Ausdifferenzierung in Global Player und Nischenanbieter. Die **Technologieentwicklung** beeinflusst die Struktur der Holzindustrie langfristig durch die Entstehung neuer Produktionsbereiche durch Produkte wie hybride Werkstoffe und der Holzverwendung in der chemischen Industrie („Entnaturierung von Holz“) und Anwendungen in Systemlösungen (Detten, 2007; Behrendt, et al. 2007). Der Wandel von **Lebensstilen** wirkt sich nach Behrendt et al., 2007, durch neue Zielgruppen positiv auf die Holzverwendung im Baubereich aus.

Mantau et al., 2007, stellen die Verwendung von Holzrohstoffen dem **prognostizierten Holzrohstoffaufkommen** gegenüber. Diese Holzrohstoffbilanz gibt Einblick in die Bilanz von Aufkommen und Verwendung und kann Lücken in der Statistik nachweisen, die sich entweder durch fehlende und mangelnde Datenverfügbarkeit (entweder auf der Aufkommens- oder der Verwendungsseite) oder durch eine tatsächliche Versorgungslücke erklären lassen (Mantau et al., 2007).

Die **Holzrohstoffbilanz** für Deutschland ergab im Jahr 2005 insgesamt eine Differenz von Verwendung und Aufkommen von ca. 3,4 Mio. m³ (Mantau et al., 2007). Betrachtet man die Annahmen über das Holzrohstoffaufkommen und die -verwendung für die Jahre 2010, 2020 und 2030 wird deutlich, dass die Differenz steigt und die Verwendung das Aufkommen bei weitem übertrifft. Im Jahr 2005 wurden Holzrohstoffe in Deutschland zu 63% stofflich und zu 37% energetisch genutzt. Bis zum Jahr 2030 würde sich bei einem steigenden Bedarf unter der Vorgabe der EU Ziele (erneuerbare Energie) das Verhältnis deutlich in Richtung der energetischen Nutzung verschieben. Die Kalkulationen zeigen auch, dass der Bedarf zur Erfüllung der energiepolitischen Ziele unter diesen Voraussetzungen nicht gedeckt werden kann.

2.2.5. Globale Flächeninanspruchnahme für Holz und Holzprodukte

Die Analyse der Import bedingten globalen Waldflächeninanspruchnahme ist ein junges Forschungsfeld, für das bisher erst wenig Ergebnisse vorliegen. Im Forschungsprojekt MOSUS¹⁸ wurden die globalen Stoff- und Handelsströme des europäischen Forstsektors erfasst. Dabei hat sich das International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) mit der globalen Flächenbelegung des europäischen Forstsektors für die Jahre 2000-2002 befasst und in einem ersten Arbeitspapier beschrieben (IIASA, o.J.). Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die meisten Länder der Welt „Flächenimporteure“ sind. Bezogen auf Europa sind nur Finnland und Schweden Flächenexporteure. Nach den Ergebnissen der Studie betrug die deutsche Netto-Flächeninanspruchnahme im Bezugszeitraum 23,272 Mio. ha. Verglichen mit der im Inland verfügbaren Waldfläche von 10,142 Mio. ha gehörte Deutschland danach zu den Flächenimporteuren, im europäischen Vergleich sogar zu den größten.

Methodische Schwächen der Studie liegen in der Tatsache, dass die erfassten Produktgruppen im Wesentlichen Roh- und Restholz sowie Holzhalbwaren sind und

¹⁸ Das Projekt „Modelling opportunities and limits for restructuring Europe towards sustainability“ wurde für drei Jahre von Februar 2003 bis Januar 2006 bearbeitet. Weitere Informationen unter www.mosus.net/

verarbeitete Holzprodukte wie z.B. Möbel, Zeitschriften, Systembauteile oder andere Fertigwaren nicht berücksichtigt werden. Zudem werden in der IIASA Studie für die Exporte Flächenproduktivitäten des exportierenden Landes angenommen, was im Falle von Deutschland - mit hohen inländischen Flächenproduktivitäten und hohen Importmengen - tendenziell zu einer Unterschätzung der Flächen führt, die mit Exporten verbunden sind.

Eine Validierung der Studie und Vertiefung eines Flächenmodells für forstwirtschaftliche Produkte kann im Rahmen dieser Studie nicht geleistet werden. Allerdings bestand in den Bezugjahre der IIASA Studie (2000-2002) ein mengenmäßig deutlicher Importüberschuss von durchschnittlich 9 Mio. m³ (r) und eine relativ geringe Selbstversorgungsrate, so dass von einer ausländischen Netto-Waldflächenbelegung für den inländischen Konsum forstwirtschaftlicher Produkte für diesen Zeitraum ausgegangen werden kann.

Hinsichtlich der zukünftigen Flächeninanspruchnahme (2010 und 2020) ist basierend auf den Entwicklungen der Holzstrommengen und begrenzten mittelfristigen Rohholzmobilisierungspotenzialen davon auszugehen, dass die **steigende Differenz zwischen Rohholzaufkommen und anzunehmender stark wachsender Rohholzverwendung im Wesentlichen durch Importe** gedeckt werden wird. Somit **würde die Inanspruchnahme ausländischer Flächen für den Forstsektor in Zukunft zunehmen.**

Auch unter der Annahme höherer Erträge für den Import und einem entsprechend verminderten Flächenbedarf für den Außenhandel können negative Auswirkungen nicht ausgeschlossen werden. So kann eine übermäßige Waldnutzung oder illegaler Holzeinschlag mit einer Degradierung von Wäldern und dem Verlust an Biodiversität verbunden sein. Ein Hinweis darauf ist z.B. der Tropenholzimport auf Grundlage illegalen Holzeinschlages, der in einer Studie der BFH (Dieter/Küpker, 2006) analysiert wurde. Danach errechnet sich für das Jahr 2005 eine Tropenholzeinfuhr auf Grundlage illegalen Holzeinschlages von knapp 0,7 Mio. m³ (r), wenn die unteren Schätzwerte herangezogen werden. Gemessen an der Tropenholzeinfuhr insgesamt ergeben sich 34%. Mit den oberen Schätzwerten beträgt die Einfuhr von Tropenholz aus illegalem Holzeinschlag 1,3 Mio. m³ (r) oder 65% der Tropenholzeinfuhr insgesamt. Nach Angaben des WWF stammen in Russland, dem Land mit den drittgrößten Urwaldflächen der Welt, zwischen 25 bis 50 Prozent des Holzes aus illegalen Quellen (WWF, 2004).

Eine weitere differenzierte Betrachtung der Situation in verschiedenen Weltregionen mit Bezug auf den Export nach Deutschland kann im Rahmen der vorliegenden Studie nicht geleistet werden.

2.3. Nachwachsende Rohstoffe für die energetische Nutzung (ohne Holz)

Im Folgenden werden die Entwicklungen für Biokraftstoffe sowie für den Strom- und Wärmemarkt (und auch KWK) getrennt betrachtet, die Entwicklungen für Biokraftstoffe wiederum differenziert nach gegenwärtig sowie voraussichtlich zukünftig bedeutenden Kraftstofftypen (Tabelle 17).

Tabelle 17: Nawaro-Segmente der energetischen Biomassenutzung.

Segment	Rohstoffe (hier nur Anbaubiomasse auf LW-Flächen)	Verwendung
Pflanzenöl als Kraftstoff	Raps	Pflanzenöl als Kraftstoff
Biodiesel	Raps	Biodiesel
	Palmöl	Biodiesel
	Sojaöl	Biodiesel
	andere Rohstoffe (z.B. Rizinus, Jatropha, Sonnenblumen)	Biodiesel
Bioethanol	Getreide	Bioethanol
	Zuckerrüben	Bioethanol
	Zuckerrohr	Bioethanol
BtL	Energiepflanzen	BtL
Biogas als Kraftstoff	Energiepflanzen	Biogas als Kraftstoff
Anbaubiomasse für elektrische Energie	Energiepflanzen	Biogas für Strom, Wärme
	Rapsöl	Strom, Wärme
	Palmöl	Strom, Wärme

Amtliche statistische Angaben zu Biokraftstoffen liegen bislang nicht vor. Ursache ist die (noch) fehlende Einbindung von Biokraftstoffen in die entsprechende Mineralölstatistik. Biokraftstoffe unterliegen den gleichen Meldepflichten wie fossile Kraftstoffe. Es besteht jedoch noch Handlungsbedarf für den Aufbau einer entsprechenden Meldestruktur, die zurzeit mit den zuständigen ministeriellen Ressorts und der Biokraftstoffwirtschaft abgestimmt wird¹⁹. Insofern basieren die Daten dieser Studie auf dem aktuell verfügbaren Kenntnisstand, wie er in den Daten des BMU zu Erneuerbaren Energien zum Ausdruck kommt, in Teilen aber auch auf Experteneinschätzungen beruht. Dies wird im Folgenden jeweils kenntlich gemacht.

Dabei gilt für alle Bioenergien, die auf der Nutzung von einheimischem Rapsöl beruhen, eine Besonderheit bei der Ermittlung der globalen Flächenbelegung. Nach Einschätzung von Landwirtschaftsexperten kann die Anbaufläche für Raps in Deutschland aufgrund von Fruchtfolgegrenzen (maximal 33% Anteil Raps an der Fruchtfolge) nur auf 1,6 bis maximal 1,8 Millionen Hektar ausgeweitet werden (BMBF, 2006; UFOP, 2006a; siehe auch weitere Ausführungen unter 2.3.2). Die von UFOP (2007 online) nach Befragung für 2007 in Aussicht gestellte Rapsanbaufläche von ca. 1,5 Millionen Hektar würde dann bereits nahe an der unteren Anbaugrenze liegen. Jeglicher Mehrbedarf an Rapsöl oder anderen Pflanzenölen für energetische, stoffliche oder Ernährungszwecke der über die Anbaugrenzen im Inland hinausgeht, muss folglich zunehmend durch Importe gedeckt werden. Dies betrifft die Nawaro-Segmente:

- Öle und Fette für die stoffliche Nutzung,
- Pflanzenöl als Kraftstoff,
- Biodiesel,
- Pflanzenöle für die Verstromung.

¹⁹ Nach Auskunft des BAFA ist auch in Zukunft nur mit eingeschränkter Informationsbasis zu rechnen, z.B. sollen die Importe und Exporte nicht berichtet werden.

Indirekt sind auch die Anbauflächen im Inland für Nahrungs- und Futtermittel betroffen, die zu den stofflich-energetischen in direkter Nutzungskonkurrenz stehen. Dies wird im Abschnitt 2.3.2 (Biodiesel) diskutiert.

Wichtige Ausgangsparameter für den Flächenbedarf energetisch genutzter Anbau-biomasse sind die Biomasseerträge in Tonnen pro Hektar nach verschiedenen Quellen, diese werden in den folgenden Abschnitten jeweils für jedes Nawaro-Segment benannt, ebenso wie die Annahmen zur Steigerung der Hektarerträge. Darauf basieren die Energieerträge, die sich in den folgenden BAU-Szenarien wie folgt darstellen (Tabelle 18).

Tabelle 18: Bruttoenergieertrag von Bioenergieträgern 2005 bis 2030 und durchschnittliche Veränderungen pro Jahr.

	Bruttoenergieertrag in GJ/ha					Veränderungen p.a.		
	2005	2006	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Rapsöl	51	51	55	63	73	1,5%	1,5%	1,5%
Biodiesel aus Raps	51	51	55	63	72	1,5%	1,5%	1,5%
Biodiesel aus Palmöl				161	186			1,5%
Biodiesel aus Soja				20	23			1,5%
Bioethanol aus Weizen	54	54	58	65	74	1,3%	1,3%	1,3%
Bioethanol aus Zuckerrohr			134	154	178		1,5%	1,5%
BtL (Anbaubiomasse)			135	146	166		0,8%	1,3%
Biogas aus Mais als Kraftstoff			167	193	221		1,5%	1,5%
Biogas aus Energiepflanzen für Strom/Wärme	136	136	146	168	194	1,5%	1,5%	1,5%
Rapsöl für Strom/Wärme	51	51	55	63	73	1,5%	1,5%	1,5%
Palmöl für Strom/Wärme	132	132	141	163	187	1,5%	1,5%	1,5%

2.3.1. Pflanzenöl als Kraftstoff

Reines Pflanzenöl als Kraftstoff ist derzeit in Deutschland noch wenig mengenrelevant, zeigt aber ein starkes Wachstum, das zukünftig vor allem aufgrund der Steuerbefreiung beim Einsatz in der Landwirtschaft geprägt sein dürfte. Auch das Transportgewerbe wird als starker Treiber für den verstärkten Einsatz von Pflanzenöl als Kraftstoff gesehen, es bestehen direkte Lieferverträge mit den Pflanzenölproduzenten. Gegen die verstärkte Nutzung von Pflanzenölen in der Landwirtschaft sprechen Probleme bei der Einhaltung von Emissionsgrenzwerten und bei der Betriebssicherheit von umgerüsteten Motoren (Meó et al., 2006). Es laufen zurzeit F+E-Vorhaben unter Förderung des BMELV mit Beteiligung der Industrie, Pflanzenöl taugliche Motoren für Traktoren zu entwickeln, die den neuesten Abgasnormen gerecht werden (Bundesregierung, 2006; FNR, 2006c). Dies war jedoch kein Hinderungsgrund für den aktuell starken Anstieg der Nutzung von Pflanzenöl als Kraftstoff wie im Folgenden ausgeführt wird.

Zunächst werden die BAU-Szenarien I und II hergeleitet (siehe Box) und dann die daraus folgenden Ergebnisse vorgestellt.

Herleitung der BAU-Szenarien: Pflanzenöl als Kraftstoff

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die Konstruktion dieses Nawarosegmentes gegeben, die ausführliche Herleitung schließt sich an.

1. Rapsöl als Kraftstoff

1.1. Rohstoffe: Raps aus deutschem Anbau

1.2. Produkte: Rapsöl als Kraftstoff

1.3. Land- und Forstwirtschaft, Transportgewerbe

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	plus 46,4% gegenüber 2006	plus 28% gegenüber 2010	plus 21,9 % gegenüber 2020	plus 55,5% gegenüber 2006	plus 94,1% gegenüber 2010	plus 35,8 % gegenüber 2020
im Inland	Es wird hier nur von Rapsöl aus Anbau im Inland ausgegangen					
im Ausland	wird hier nicht in Betracht gezogen					
ha-Produktivitäten						
im Inland	Für Rapsöl wird nach Experteneinschätzung eine 1,5%ige Steigerung p.a. für den gesamten Zeitraum bis 2030 angenommen					
im Ausland	entfällt					
Flächen	Globaler Flächenbedarf entspricht hier lediglich der Anbaufläche für Raps im Inland					
im Inland	berechnet aus Mengen geteilt durch Ertrag pro ha					
im Ausland	entfällt					

1. Gesamtaufkommen bzw. Gesamtabatz in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

- Laut Angaben der Bundesregierung betrug der Gesamtabatz von reinem Pflanzenöl als Kraftstoff in Deutschland in 2005 0,196 Millionen Tonnen (Tabelle 19). Gegenüber 2004 mit 0,13 Millionen Tonnen (Daten nach Meó et al., 2006) entspricht dies einer Steigerung von ca. 50%. Nach Angaben in der Studie „Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe“ (Meó et al., 2006) kann davon ausgegangen werden, dass es sich bei dieser Verwendung von Pflanzenöl praktisch vollständig um Rapsöl handelt.

- In 2006 stieg nach Angaben des BMU (BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, 2007) die Verwendung von Pflanzenölen als Kraftstoff auf 0,7 Millionen Tonnen an (wobei eventuell die Werte für 2004 und 2005 unterrepräsentiert waren, weil laut BMU die Möglichkeit besteht, dass Pflanzenöl unter Biodiesel mitgezählt wurde).

- Eine quantitative Einschätzung der zukünftigen Marktpotenziale für Rapsöl als direktem Kraftstoff liegt bislang nicht vor. Das Meó consulting team (Meó et al., 2006) geht davon aus, dass der Einsatz in der Landwirtschaft und im Transportgewerbe zunehmen wird. Wir gehen in der vorliegenden Studie unter BAU I Bedingungen davon aus, dass vor allem die Steuerbefreiung für den Verbrauch reiner Biokraftstoffe in der Landwirtschaft zu einem weiteren deutlichen Zuwachs des Gesamtabatzes führen wird (auf 1,04 Millionen Tonnen in 2010, 1,33 Millionen Tonnen in 2020 sowie 1,62 Millionen Tonnen in 2030 (also etwas mehr als das Doppelte des aktuellsten Wertes für 2006) (Tabelle 19).

1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion

Es wird angenommen, dass unter BAU-Bedingungen ausschließlich Pflanzenöl aus inländischer Produktion in Deutschland abgesetzt wird.

1.1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland

Es wird ferner angenommen, dass unter BAU-Bedingungen ausschließlich Pflanzenöl aus dem Anbau von Ölsaaten im Inland für die inländische Produktion in Deutschland verwendet wird.

1.1.2. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Ausland

Diese Option wird hier als vernachlässigbar angesehen.

1.2. Direktimporte

Diese Option wird hier als vernachlässigbar angesehen.

2. Hektarproduktivitäten

2.1. Bei Anbau im Inland

Der spezifische Ertrag für Rapsöl liegt nach Angaben der FNR, 2006, bei 1479 Liter pro Hektar, dies entspricht 1420 l Kraftstoffäquivalenten pro ha. Bei einer Dichte von 0,92 kg pro Liter ergibt sich ein Ertrag von 1,36 Tonnen Rapsöl pro Hektar in 2004/2005. Für den Zeitraum 2006 bis 2030 wurden auf Basis einer eigenen Expertenbefragung (UFOP) Ertragsteigerungen von 1,5% p.a. angenommen. Die in der vorliegenden Studie angenommene Rate von 1,5% liegt deutlich niedriger als die aus Fritsche et al., 2004 abgeleitete mittlere jährliche Steigerungsrate von ca. 3,4%. Das bedeutet, dass in früheren Studien die zukünftige Flächenverfügbarkeit deutlich zu günstig geschätzt wurde.

2.2. Bei Anbau im Ausland

Nicht relevant.

3. Globale Belegung landwirtschaftlicher Flächen

3.1. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Inland

Der Umfang der Flächenbelegung (in Hektar) wird hier berechnet aus dem Aufkommen aus Anbau im Inland (in Tonnen – siehe 1.1.1.) geteilt durch den Ertrag für Rapsöl bei Anbau im Inland (in Tonnen pro Hektar – siehe 2.1.).

3.2. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Ausland

Ist hier nicht relevant, da die Rapsanbaufläche für Biodiesel als Restmenge berechnet wird, und damit zunächst alle anderen Verwendungen für Raps auf einheimischen Anbau zugerechnet werden. Daher ergibt sich hier kein zusätzliches Flächenerfordernis im Ausland.

4. BAU II

Wir gehen in der vorliegenden Studie unter BAU II Bedingungen davon aus, dass der Absatz von Pflanzenöl als Direktkraftstoff noch stärker zunehmen wird und bis 2030 bei 2,9 Millionen Tonnen läge (gegenüber 1,62 Tonnen unter BAU I), das entspräche etwa dem 4-fachen Absatz in 2006.

5. Unsicherheiten und offene Punkte

- Es wird angenommen, dass hier ausschließlich von Rapsöl aus inländischem Anbau auszugehen sei. Diese vollständige Zuordnung auf inländische Flächen erfolgt dabei willkürlich, da die verfügbaren Angaben eine Aufteilung der differenzierten Verwendung von in Deutschland verwendetem Rapsöl nach Herkunft nicht zulassen.
- Zukünftig könnten Importe von z.B. Palmöl oder Sojaöl zur Verwendung als Direktkraftstoffe eine zunehmende Rolle spielen, vorausgesetzt die erforderlichen technischen Umrüstungen lohnen sich.
- Es bleibt offen, welche Rolle andere Verbraucher als die Land- und Forstwirtschaft sowie das Transportgewerbe zukünftig spielen könnten.

6. Alternativen

- Es finden Effizienzsteigerungen z.B. durch die Entwicklung von Motoren mit geringerem spezifischem Verbrauch statt, ohne dass die Effizienzgewinne durch höheren Verbrauch egalisiert würden.

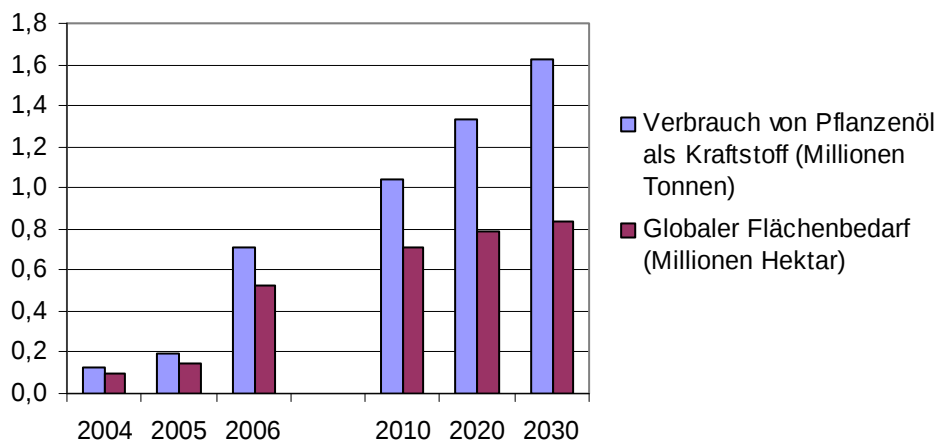
Unter der Annahme, dass bei Pflanzenöl als Kraftstoff ausschließlich von Rapsöl aus inländischem Anbau auszugehen sei, wurden in 2004 etwa 95.000 Hektar und in 2005 ca. 144.000 Hektar beansprucht. In 2006 waren dies bereits 522.000 Hektar. Dieser Flächenbedarf würde sich aufgrund der Steigerung der Nachfrage unter BAU I Bedingungen bis auf ca. 839.000 Hektar in 2030 erhöhen (Tabelle 19 und Abbildung 13). Dies würde in 2030 einer Anbaufläche von ca. 47% der (angenommenen) gesamten inländischen Rapsanbaufläche von ca. 1,8 Millionen Hektar entsprechen (gegenüber ca. 35% in 2006).

Tabelle 19: Ableitung des globalen Flächenbedarfs für Pflanzenöl als Kraftstoff unter BAU I Bedingungen.

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
1. Direkte Verwendung von Pflanzenöl als Kraftstoff							
Rapsöl	in t	130.000	196.000	710.172	1.039.762	1.330.984	1.622.462
2. Rapsölerträge im Inland:							
Rapsöl	in t pro ha	1,36	1,36	1,36	1,46	1,68	1,93
3. Globaler Flächenbedarf für Rapsöl als Kraftstoff		in ha	95.540	144.046	521.924	710.836	838.715
davon: im Inland	in ha	95.540	144.046	521.924	710.836	791.244	838.715
davon: im Ausland	in ha	0	0	0	0	0	0

Quelle: Meó et al., 2006; Bundesregierung, 2006; FNR, 2006b; BMU, 2007; und eigene Berechnungen und Annahmen.

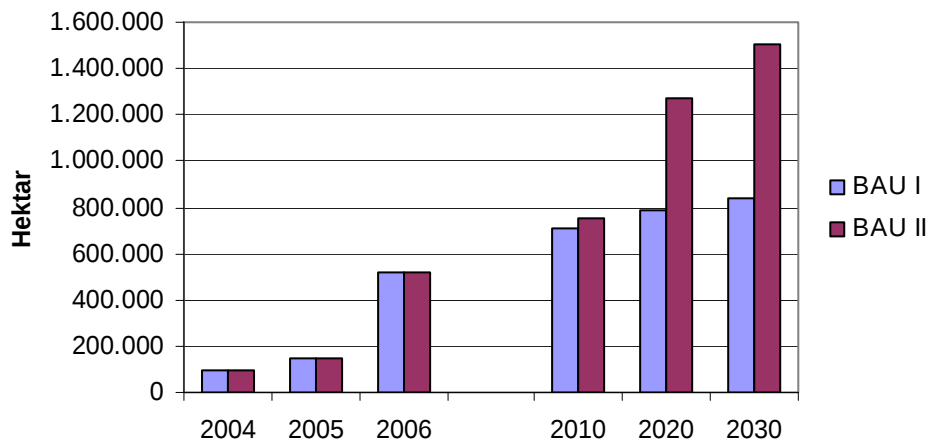
Abbildung 13: Verbrauch von Pflanzenöl als Kraftstoff in Deutschland sowie globaler Flächenbedarf unter BAU I Bedingungen.



Quelle: Meó et al., 2006; Bundesregierung, 2006; FNR, 2006b; und eigene Berechnungen und Annahmen.

Aufgrund der verstärkten Steigerung der Nachfrage unter BAU II Bedingungen würde sich der globale Flächenbedarf für Pflanzenöl als Direktkraftstoff auf ca. 1,5 Millionen Hektar in 2030 erhöhen und läge damit um das 1,8-fache über dem Flächenbedarf unter BAU I Bedingungen (Abbildung 14). Unter BAU II Bedingungen wäre in 2030 eine Fläche die etwa 84% der gesamten inländischen Rapsanbaufläche entspräche für den Kraftstoffverbrauch in Form von Rapsöl erforderlich (gegenüber ca. 47% unter BAU I).

Abbildung 14: Globale Flächenbelegung für Pflanzenöl als Kraftstoff in Deutschland (in Hektar) – BAU I und BAU II.



Quelle: diese Studie

2.3.2. Biodiesel und Rapsbilanzen für den inländischen Anbau

Biodiesel hält aktuell (in 2006) mit ca. 72% den größten Biokraftstoffanteil in Deutschland, auf Pflanzenöl entfallen ca. 19%, auf Bioethanol ca. 9% (BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, 2007, Bezug ist Energieinhalt). Deutschland produzierte in 2004 mit ca. 1,1 Millionen Tonnen Biodiesel die Hälfte der weltweiten Menge (REN 21, 2006). Das Marktwachstum für Biodiesel in Deutschland verläuft dynamisch und ist (in Tonnen) in den Jahren 1999 bis 2004 um das neunfache gestiegen (Meó et al., 2006). In 2006 erreichte der Biodieselabsatz in Deutschland einen Anteil von ca. 10% am Dieselmärkte (nach ca. 4% in 2004 und ca. 6% in 2005). Haupttreiber für das starke Marktwachstum war der Preisvorteil aufgrund der Mineralölsteuerbefreiung von Biodiesel im Vergleich zu fossilem Diesel. Der entscheidende Impuls für die weitere Marktentwicklung ist die seit 1.1.2007 in Deutschland geltende Beimischungsquotenregelung nach der ab 2007 und zunächst bis 2015 der Anteil von Biodiesel in Diesel (in Energieäquivalenten) mindestens 4,4% betragen muss.

In 2006 lag nach Angaben des BMU, 2007, der Biodieselabsatz in Deutschland bereits bei 2,8 Millionen Tonnen. Das entspricht der 2,4-fachen Menge von 2004 und der 1,6-fachen Menge von 2005.

Entsprechend der hohen Wachstumspotenziale wurden in Deutschland die Produktionskapazitäten für Biodiesel ausgebaut, von ca. 1,5 Millionen Tonnen in 2005 auf bereits ca. 3,7 Millionen Tonnen in 2006 (UFOP, 2006b) und ca. 5 Millionen Tonnen in 2007 (UFOP, 2007). Die Produktionskapazitäten sind in 2007 jedoch nur etwa zur Hälfte ausgelastet. Dagegen spielen bereits aktuell direkte Importe von Biodiesel eine zunehmend wichtige Rolle für die Deckung des Absatzes in Deutschland (diese Importe stiegen gegenüber 2004 um das 2,5-fache an und machten in 2006 ca. 13% des Gesamtabsatzes von Biodiesel aus).

In Zukunft ist ein weiterer Anstieg direkter Importe wahrscheinlich, da gegenwärtig viele Länder in Südostasien, Afrika und Südamerika verstärkt in die Produktion von Biodiesel einsteigen und, bei deutlichen Kostenvorteilen gegenüber der Produktion in Deutschland und der EU, erklärtermaßen zukünftig hohe Absatzpotenziale durch den Export anstreben. Das 5,75%-Ziel (bis 2010) und verstärkt das 10%-Ziel der EU (bis 2020) kann diese Entwicklung in der Tat fördern, da die inländischen Kapazitäten zur Erfüllung dieser Quote in der Gesamtheit der EU-Länder von Experten als nicht ausreichend beurteilt werden²⁰.

Der Gesamtabsatz von Biodiesel in Deutschland kann somit grundsätzlich drei Quellen entstammen:

- A)** Der Produktion von Biodiesel im Inland aus Raps aus inländischem Anbau,
- B)** der Produktion von Biodiesel im Inland aus Raps oder anderen Ölsaaten oder Pflanzenölen aus ausländischem Anbau (importierte Vorprodukte),
- C)** Direktimporten von Biodiesel (importiertes Biodiesel).

Im Folgenden werden zunächst die BAU-Szenarien I und II hergeleitet (siehe Box) und dann die daraus folgenden Ergebnisse vorgestellt.

Herleitung der BAU-Szenarien: Biodiesel

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die Konstruktion dieses Nawaro-Segmentes gegeben, die ausführliche Herleitung schließt sich an.

1. Biodiesel

1.1. Rohstoffe: Raps aus deutschem Anbau; Ölsaaten aus Anbau im Ausland; Direktimporte von Biodiesel

1.2. Produkte: Biodiesel

1.3. Verwendung: Kraftstoffverbrauch

²⁰ European Commission (2006): Annex to the Communication from the Commission: An EU Strategy for Biofuels Impact Assessment {COM(2006) 34 final}, SEC(2006) 142. Brussels. UFOP (2006a)

Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe BAU-Szenarien, Varianten und Sensitivitäten

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	Wachstum der Verwendung seit 2006 um 39,8%	Wachstum der Verwendung seit 2010 um 62,9%	Wachstum der Verwendung seit 2020 um 21,9%	Wachstum der Verwendung seit 2006 um 67%	Wachstum der Verwendung seit 2010 um 94,1%	Wachstum der Verwendung seit 2020 um 35,8%
im Inland	Diese setzen sich zusammen aus (1) inländische Produktion von Biodiesel aus Raps aus Anbau im Inland, und (2) inländische Produktion von Biodiesel aus Ölsaaten aus Anbau im Ausland. (1) wird berechnet aus Fläche mal Ertrag, (2) ergibt sich für 2010 aus Gesamtaufkommen minus (1) minus Direktimporte, für 2020 und 2030 aus inländische Produktionskapazität PK minus (1) dabei PK nach Angaben von UFOP.					
im Ausland	Direktimporte von Biodiesel: für 2010 nach Anteil am Gesamtaufkommen wie in 2005 (ca. 17%); für 2020 und 2030 berechnet aus Gesamtaufkommen minus (1) minus (2)					
ha-Produktivitäten						
im Inland	Für Raps wird nach Experteneinschätzung eine 1,5%ige Steigerung p.a. für den gesamten Zeitraum bis 2030 angenommen.					
im Ausland	für 2010 werden dieselben Erträge wie für Raps Inland zugrunde gelegt; für 2020 und 2030 wird dagegen von Importen auf Palmölbasis und Sojabasis ausgegangen mit den gleichen Ertragssteigerungen p.a. wie für Raps					
Flächen						
Globaler Flächenbedarf entspricht hier der Summe von Anbaufläche im Inland und Flächenbedarf im Ausland für Importe						
im Inland	berechnet grundsätzlich als Restmenge der gesamten Rapsanbaufläche für alle Nutzungen minus aller anderen spezifizierten Nutzungen (für Nahrung und Futter, stoffliche Verwendung und andere energetische Verwendungen); dabei wird eine absolute Obergrenze von 1,8 Mio. ha für den gesamten Rapsanbau in Deutschland unterstellt die bereits in 2020 erreicht sein würde, in 2010 wären dies ca. 1,7 Mio. ha.			berechnet wie für BAU I, jedoch wird im Gegensatz zu BAU I angenommen, dass die Rapsanbaufläche für Nahrung und Futter nicht konstant gehalten werden kann, sondern zugunsten der Anbaufläche von Raps für andere stoffliche und energetische Nutzungen weiter abnimmt. Im Gegensatz zu BAU I wird in BAU II somit die Rapsanbaufläche für Nahrung und Futter als Restmenge angenommen (in BAU I betrifft dies Biodiesel)		
im Ausland	berechnet aus Mengen (importierte Ölsaaten plus Direktimporte von Biodiesel) geteilt durch Erträge pro ha					

1. Gesamtaufkommen bzw. Gesamtabatz in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

- Nach Angaben der Bundesregierung betrug der Gesamtabatz von Biodiesel in Deutschland in 2006 ca. 2,8 Millionen Tonnen, gegenüber etwa 1,8 Millionen Tonnen in 2005 und ca. 1,2 Millionen Tonnen in 2004 (Tabelle 20 und Abbildung 15).

- Zur Erreichung der Biokraftstoffquotenziele der Bundesregierung müsste der Biodieselmärkte in Deutschland weiter wachsen. Wir gehen davon aus, dass bis 2030 eine Absatzmenge von ca. 7,7 Millionen Tonnen erreicht wird (Tabelle 20). Damit wären dann insgesamt (mit BtL und Pflanzenöl als Kraftstoff ca. 24% des Dieselsabsatzes in Deutschland auf nachwachsender Basis.

1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion

- Durch Subtraktion der Direktimporte (siehe 1.2) vom Gesamtabatz (siehe 1.) ergibt sich die in Deutschland produzierte Menge an Biodiesel. Dies waren in 2004 ca. 1,035 Millionen Tonnen, in 2005 ca. 1,5 Millionen Tonnen, und in 2006 ca. 2,5 Millionen Tonnen Biodiesel die in Deutschland produziert wurden.

- Wir gehen weiterhin davon aus, dass die in 2007 in Deutschland erreichte Biodieselproduktionskapazität bei ca. 5 Millionen Jahrestonnen die Obergrenze darstellen wird (siehe auch Punkt 5. unten). Diese war in 2007 nur etwa zur Hälfte ausgelastet, erst in 2030 wäre sie voll ausgelastet.

1.1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland

- Ausgehend von der (wie unter 3.1 beschrieben) ermittelten Rapsanbaufläche im Inland für die Biodieselproduktion und unter Zugrundelegung eines „Ertrags“ von ca. 1,36 Tonnen Biodiesel pro Hektar Rapsanbaufläche (siehe 2.1.), kann durch Multiplikation von Fläche mal Ertrag die im Inland produzierte Biodieselmenge aus inländischem Raps berechnet werden. Demzufolge wären in 2004 ca. 0,88 Millionen Tonnen Biodiesel aus einheimischem Anbau von Raps produziert worden, in 2006 wären dies ca. 0,76 Millionen Tonnen gewesen.

- Auch für den Zeitraum 2010 bis 2030 würde eine ähnlich hohe Menge Biodiesel aus einheimischem Raps zur Verfügung stehen, zwischen 0,86 Millionen Tonnen in 2010 bis ca. 0,81 Millionen Tonnen in 2030.

- Dabei wurde von der Annahme ausgegangen, dass die Ausdehnung der inländischen Rapsanbaufläche bis zur Obergrenze von 1,8 Millionen Hektar bereits bis 2010 erfolgt sein wird. Für die Produktion von Biodiesel würde dann

der Flächenanteil zur Verfügung stehen, der nicht für andere energetische oder stoffliche Zwecke oder für Nahrung und Futter genutzt würde.

- Durch Multiplikation von Fläche mal Ertrag ergeben sich dann die Mengen in Tonnen Biodieselproduktion in Deutschland aus einheimischem Raps.

- Für den Zeitraum 2006 bis 2030 wurden auf Basis einer eigenen Expertenbefragung (UFOP) Ertragsteigerungen von 1,5% p.a. für Raps angenommen, wobei dies zum Teil auf einer von Züchtern erwarteten Steigerung des Ölgehaltes von ca. 42% auf 50% beruhen würde.

- Die Obergrenze von 1,8 Millionen Hektar für den Rapsanbau in Deutschland beruht auf Einschätzung von Landwirtschaftsexperten, wonach die Anbaufläche für Raps in Deutschland aufgrund von Fruchtfolgegrenzen nur maximal bis auf 1,6 bis 1,8 Millionen Hektar ausgeweitet werden (BMBF, 2006; UFOP, 2006a) kann²¹. Die von UFOP (2007 online) nach Befragung für 2007 in Aussicht gestellte Rapsanbaufläche von ca. 1,5 Millionen Hektar würde dann bereits nahe an der unteren Anbaugrenze liegen.

1.1.2. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Ausland

- Die Produktion von Biodiesel in Deutschland aus Raps oder anderen Ölsaaten bzw. Pflanzenölen aus ausländischem Anbau (B) ergibt sich als Differenzbetrag von Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion (siehe 1.1.) minus inländische Produktion von Biodiesel aus Raps aus inländischem Anbau (A – siehe 1.1.1.). In 2004 wurden dieser Rechnung zufolge etwa 0,16 Millionen Tonnen Biodiesel in Deutschland aus importierten Vorprodukten (Ölsaaten oder Ölen) hergestellt, in 2005 waren dies ca. 0,3 Millionen Tonnen, und in 2006 bereits 1,66 Millionen Tonnen.

Direkte Vergleichsdaten zur inländischen Produktion von Biodiesel aus importierten Vorprodukten liegen bislang nicht vor. Lediglich die Grundsituation für die Biodieselproduktion in Deutschland wird in diesem Sinne beschrieben. Demzufolge wurden bereits in 2005 zur besseren Auslastung der Produktionskapazitäten der deutschen Biodieselanlagen „nicht unerhebliche Mengen“ Rapssaat vor allem aus den EU-Mitgliedstaaten Frankreich und Großbritannien importiert (UFOP, 2006b). In 2006 stammten Schätzungen zufolge 20% der Rohstoffbasis der deutschen Biodieselproduktion aus Palmöl und Soja²². Deutscher Biodiesel in hochwertiger EN-Qualität aus 50% Raps und

²¹ Offen bleibt jedoch, ob sich diese „Anbaugrenze“ nicht noch nach oben verschieben ließe (so wie dies in der Vergangenheit schon der Fall war). Der Raps ist eine deckungsbeitragsstarke Frucht, deshalb wird von Seiten der Landwirte versucht seinen Fruchtfolgeanteil von bisher meist 25% (d.h. alle vier Jahre auf demselben Feld) zu erhöhen. Gleichzeitig versucht die Züchtung die Anbauwürdigkeit auch auf Standorte auszuweiten, die nicht traditionell zu den Rapsanbaugebieten zählen (also eher rauere Klimaten). Aus diesen Gründen ist mit einer Ausdehnung der Anbaufläche vor allem in den traditionellen Anbaugebieten über das phyto-sanitär sinnvolle Maß zu rechnen. Problematisch sind bei einer häufigen Rapsfolge, vor allem bei dreijähriger Wiederkehr, die speziellen Schädlinge und Krankheiten des Rapses, die sich dann einstellen, wie Tengelrüßler, Kohlschotenrüßler, Kohlschotenmücke sowie Rapskrebs, Wurzelhals und Stengelfäule. In Folge dessen ist die Notwendigkeit des chemischen Pflanzenschutzes deutlich erhöht. Zudem begünstigt ein hoher Rapsanteil in der Fruchtfolge (z.B. 33%) auch das gehäufte Auftreten anderer Fruchtschädlinge z.B. der Rübennematoden. Wie weit über das von traditionellen Fruchtfolgen bestimmte Maß hinaus der Anbau ausgedehnt werden wird, lässt sich so ohne weiteres nicht prognostizieren, denn es handelt sich um eine souveräne Entscheidung des selbständigen Landwirts. Da allerdings bei der Verwendung als Nawaros und Anbau auf Stilllegungsflächen bereits vor der Aussaat Verarbeitungsverträge abgeschlossen sein müssen, könnte man hier am schnellsten Auskunft über die Anbauplanung bekommen.

²² Renewables Energy Access, Jane Burgermeister, Contributing Writer (2007): German Biodiesel Industry Peaks, Trouble Ahead.

50% Sojaöl wurde z.B. im April 2007 mit 67 bis 69 Cent/l in Rotterdam gehandelt, im Mittel um ca. >10Cent/l teurer als US B99²³.

- Die aus importierten Vorprodukten in Deutschland in 2010, 2020 und 2030 produzierte Biodieselmenge ergibt sich als Differenzbetrag von Gesamtabsatz und Direktimporten. Bis 2030 würde demzufolge der größte Anteil von ca. 74% des gesamten Biodieselabsatzes auf der inländischen Biodieselproduktion aus importierten Vorprodukten stammen, das entspricht ca. 4,2 Millionen Tonnen.

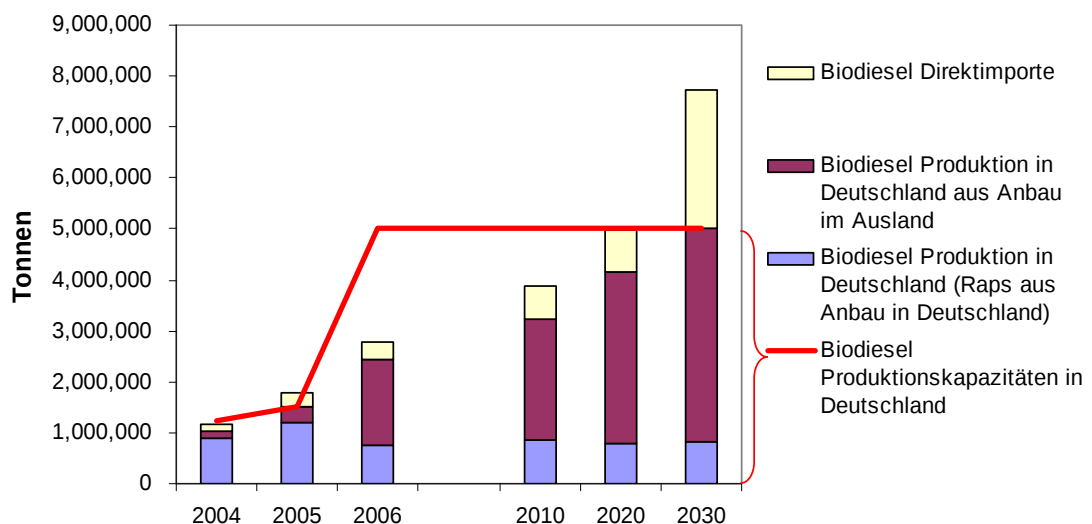
1.2. Direktimporte

- Die direkten Importe von Biodiesel (C) werden von Meó et al., 2006, für 2004 mit ca. 150.000 Tonnen geschätzt. Der dritte nationale Bericht der Bundesregierung zur Umsetzung der Richtlinie 2003/30/EG geht für 2005 von ca. 300.000 Tonnen Direktimporte von Biodiesel aus (Bundesregierung, 2006). Für 2006 würde ein gleicher Importanteil von 17% wie in 2005 ca. 0,37 Millionen Tonnen Direktimporte von Biodiesel ergeben.

- Direktimporte von Biodiesel drängen verstärkt auf den deutschen und europäischen Markt: Einer aktuellen Mitteilung des BBK zufolge kommt der Anteil an Biodiesel für die Beimischung – theoretisch 1,5 Millionen Tonnen – heute schon zu 90% aus Übersee, B99 als exportsubventionierter Biodiesel mit 1% Dieselanteil aus den USA bestimmt laut BBK schon heute die deutsche Beimischung²⁴. Auch diese Entwicklung wird sich unter den gegebenen Rahmenbedingungen verstärken.

- Für 2010 und 2020 wurde ebenfalls ein konstanter Direkt-Importanteil von 17% für Biodiesel unterstellt, für 2030 würde ein Importanteil von ca. 35% zu etwa 2,75 Millionen Tonnen Direktimporte führen.

Abbildung 15: Absatz von Biodiesel in Deutschland 2004 bis 2030 nach Herkunft unter BAU I Bedingungen (in Tonnen).



Quelle: diese Studie nach UFOP, 2006b und (2007 online); Bundesregierung, 2006 und Meó et al., 2006.

²³ Bundesverband Biogene und Regenerative Kraft- und Treibstoffe e.V.: BBK Biokraftstoff-Experteninfo vom April 2007. Berlin/Erkner 10.4.2007

²⁴ Bundesverband Biogene und Regenerative Kraft- und Treibstoffe e.V. (BBK): Aktueller Status Quo September 2007: Lagebericht der deutschen Biodiesel- und Pflanzenölbranche, der Eiweißfuttermittelwirtschaft & des nachgelagerten Transportsektors. Berlin/Erkner 14.9.2007.

2. Hektarproduktivitäten

2.1. bei Anbau im Inland

- Wir gehen in dieser Studie von standardisierten Grundannahmen für die Biodieselproduktion aus Rapssaat nach Angaben der FNR, 2006b, aus. Daraus ergibt sich für den Status Quo (2004/2005) ein „Ertrag“ von ca. 1,36 Tonnen Biodiesel pro Hektar Rapsanbaufläche²⁵. Die Annahmen für den zukünftigen Zeitraum sind:

- Für den Zeitraum 2006 bis 2030 wurden auf Basis einer eigenen Expertenbefragung (FAL) Ertragsteigerungen von 1,5% p.a. angenommen (siehe oben).

2.2. bei Anbau im Ausland

- Wir gehen davon aus, dass die „Erträge“ im Ausland für Biodiesel in 2004, 2005 und 2006, sowie deren Entwicklung im Zeitraum bis 2010, die gleichen wie für die Biodieselproduktion in Deutschland aus Rapssaat aus heimischem Anbau sind. Für alle Flächenberechnungen bis 2010, die den ausländischen Anbau betreffen, wurden somit dieselben Ertragswerte wie für den deutschen Rapsanbau angenommen. Dies entspricht einer Vereinfachung, die sich darin begründet, dass keine Daten verfügbar sind, welche eine differenziertere Berechnung der ausländischen Flächenbelegung ermöglichen würden. Es ist lediglich bekannt, dass in 2004/2005 importierte Rohstoffe zur Biodieselproduktion in Deutschland vor allem aus EU-Ländern stammten (Frankreich, Großbritannien, Dänemark, Tschechien und Polen) (UFOP, 2006b; Meó et al., 2006). In diesen Fällen gibt es keine Veranlassung, grundsätzlich von deutlich anderen Erträgen als in Deutschland auszugehen (nach Daten von FAOSTAT).

- Für den Zeitraum nach 2010 wird dagegen angenommen, dass die Importe von Rohstoffen zur Biodieselproduktion sowie die direkten Importe von Biodiesel aus außereuropäischen Ländern kommen werden. Wir wählen dazu zwei Varianten: 1.) Importe auf Palmölbasis (zu 40% in BAU I, zu 60% in BAU II), wodurch sich aufgrund der hohen Erträge relativ geringe Flächenbeanspruchungen für Importe ergeben. Die „Erträge“ für Biodiesel auf Palmölbasis sind (in Tonnen pro Hektar): 3,5 in 2004/2005, 3,76 in 2010, 4,33 in 2020, und 4,98 in 2030. Es werden somit die gleichen Steigerungsraten von ca. 1,5% p.a. wie für Raps aus inländischem Anbau unterstellt.

2.) Importe auf Sojabasis (zu 60% in BAU I, zu 40% in BAU II), wodurch sich aufgrund der niedrigen Erträge relativ hohe Flächenbeanspruchungen für Importe ergeben. Die „Erträge“ für Biodiesel auf Sojabasis sind (in Tonnen pro Hektar): 0,44 in 2004/2005, 0,47 in 2010, 0,54 in 2020, und 0,63 in 2030. Es werden somit die gleichen Steigerungsraten von ca. 1,5% p.a. wie für Raps aus inländischem Anbau unterstellt.

- In einer Variante wurde untersucht, wie Importe auf 100% Sojabasis (mit deutlich höherem Flächenbedarf als für Raps oder gar Palmöl) das Ausmaß der globalen Flächeninanspruchnahme für Biodiesel beeinflussen würden.

²⁵ Diese Annahme eines standardisierten „Ertrages“ für Biodiesel aus Raps aus inländischem Anbau könnte ebenfalls einer Sensitivitätsanalyse unterzogen werden. Legt man nämlich die tatsächlichen Rapsrerträge in Deutschland zugrunde, die in 2004 bei einem Höchstwert von 4,1 Tonnen pro Hektar lagen und auch in 2005 mit 3,8 t/ha noch deutlich über dem Medianwert für 1991 bis 2004 von 3,1 t/ha lagen, so ergeben sich bei ansonsten gleichen Bedingungen natürlich höhere Ertragswerte als unter Standardbedingungen wo von einem Rapsrertrag von 3,4 t/ha ausgegangen wird. Andererseits liegen die Grundannahmen der FNR, die in dieser Studie verwendet werden, mit 3,4 t/ha Raps und 40% Ölausbeute auch schon ziemlich hoch, die Ölausbeute z.B. kann auch durchaus nur bei 33% liegen. Andererseits werden durch Züchtungsfortschritte Ölgehalte bis zu 50% erwartet. Die Ölqualität spielt wohl auch noch eine Rolle, kann aber quantitativ kaum eingerechnet werden. Eine „präzisere“ jahresspezifische Berechnung scheint daher wenig sinnvoll. Letzten Endes zeigen die Sensitivitätsanalysen durch Annahme einer Nullsteigerung der Hektarproduktivitäten an (s. Kapitel 2.4.2), welchen relativen Einfluss der Faktor Steigerung der Hektarproduktivitäten hat.

3. Globale Belegung landwirtschaftlicher Flächen

3.1. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Inland

- Für 2004 und 2005 wurde die im Inland für den Rapsanbau zur Biodieselproduktion belegte Fläche auf Basis einer Flächenbilanz für den Rapsanbau abgeleitet. Dazu wurde die gesamte Rapsanbaufläche in Deutschland für die stoffliche und energetische Nutzung (FNR, 2006a) zugrunde gelegt. Davon wurde die Rapsanbaufläche für die stoffliche Nutzung (FNR, 2006a) subtrahiert und somit die Rapsanbaufläche für die energetische Nutzung erhalten. Diese kann grundsätzlich für drei verschiedene energetische Nutzungsformen beansprucht werden: (1) für den Anbau von Raps zur Stromerzeugung aus Rapsöl, (2) für die Verwendung von Rapsöl als direktem Kraftstoff und (3) für die Verwendung von Rapsöl zur Biodieselproduktion. In dieser Studie haben wir die willkürliche Festlegung gewählt, dass die inländische Anbaufläche für energetischen Raps zuerst den Bedarf an Raps zur Produktion von Rapsöl zur Stromerzeugung (1) und als direktem Kraftstoff (2) decken muss. Die danach verbleibende Rapsanbaufläche für energetische Nutzungen entfällt auf die Biodieselproduktion (3). In der Realität könnte diese Verteilung natürlich eine andere sein, jedoch fehlen jegliche Daten oder Informationen für eine spezifischere Zurechnung der inländischen Rapsanbaufläche nach den drei energetischen Hauptnutzungstypen, so dass eine solche willkürliche Festlegung getroffen werden muss. Zudem sprechen derzeit die finanziellen Begünstigungen für Rapsöl als direktem Kraftstoff in der Landwirtschaft sowie für Rapsöl zur Stromerzeugung in BHKW durchaus für diese Annahmen.

- Für 2006 bis 2030 ergibt sich die inländische Rapsanbaufläche zur Biodieselproduktion als Restmenge von gesamter Rapsanbaufläche im Inland minus aller anderen Nutzungen für stoffliche und energetische Zwecke sowie für Nahrung und Futter. Eine aktuelle Befragung der UFOP zeigt, dass insgesamt bereits 1,5 Millionen ha Rapsanbau in 2007 in Deutschland zu erwarten sind. Wir gehen davon aus, dass die obere Anbaugrenze für Raps in Deutschland von 1,8 Millionen ha bereits in 2010 erreicht werden wird. Das würde bedeuten, dass nach 2010 voraussichtlich keine weitere Ausdehnung des Rapsbaus in Deutschland für die Biodieselproduktion erfolgen würde (siehe oben).

3.2. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Ausland

Die Flächenbelegungen im Ausland werden rechnerisch ermittelt aus den Importen von Vorprodukten zur Biodieselproduktion in Deutschland (siehe 1.1.2) sowie den Direktimporten von Biodiesel (siehe 1.2), geteilt durch die jeweiligen Hektarerträge (siehe 2.2).

4. BAU II

- Im BAU II Szenario gehen wir von höheren Anstiegen der Biodieselmengen über den Zeitraum von 2004 bis 2030 als in BAU I aus (Tabelle 21). Diese erreichen bis 2020 eine Menge von 6,5 Millionen Tonnen und lasten damit die inländischen Produktionskapazitäten von 5 Millionen Tonnen voll aus. Zusammen mit den anderen Biokraftstoffen würde Biodiesel dann insgesamt dazu beitragen, dass das Ziel der Bundesregierung von 17% energetischem Anteil Biokraftstoffe am Gesamtkraftstoffabsatz erreicht werden könnte. Bis 2030 läge der Biodieselabsatz bei 9,1 Millionen Tonnen, dann wären insgesamt gut ein Viertel (ca. 26%) aller in Deutschland verbrauchten Kraftstoffe im Straßenverkehr Biokraftstoffe, beim Dieselabsatz wären es 29%.

- Der Umfang an inländischer Rapsanbaufläche für die Biodieselproduktion wird in BAU II wie in BAU I durch die Anbaugrenzen für Raps im Inland vorgegeben (Abbildung 18 und Abbildung 19) und beruht auf der Annahme, dass die Fläche für Biodiesel der Restmenge nach Abzug aller anderen Nutzungen entspricht.

Demzufolge stünde in 2030 im Inland fast keine Fläche mehr für den Rapsanbau zur Biodieselproduktion zur Verfügung.

- Daher wird gegenüber BAU I bei BAU II der inländische Biodieselabsatz in 2030 verstärkt über Importe gedeckt, und zwar als Direktimporte von Biodiesel.

Die Unterschiede zwischen BAU I und BAU II zeigen sich somit besonders deutlich für 2030. Für das BAU II Szenario in 2030 ergeben sich dabei die folgenden wichtigsten Ergebnisse (Abbildung 16):

- Der Gesamtabsatz von Biodiesel in Deutschland in 2030 beträgt ca. 9,1 Millionen Tonnen (gegenüber ca. 7,1 Millionen Tonnen in BAU I);

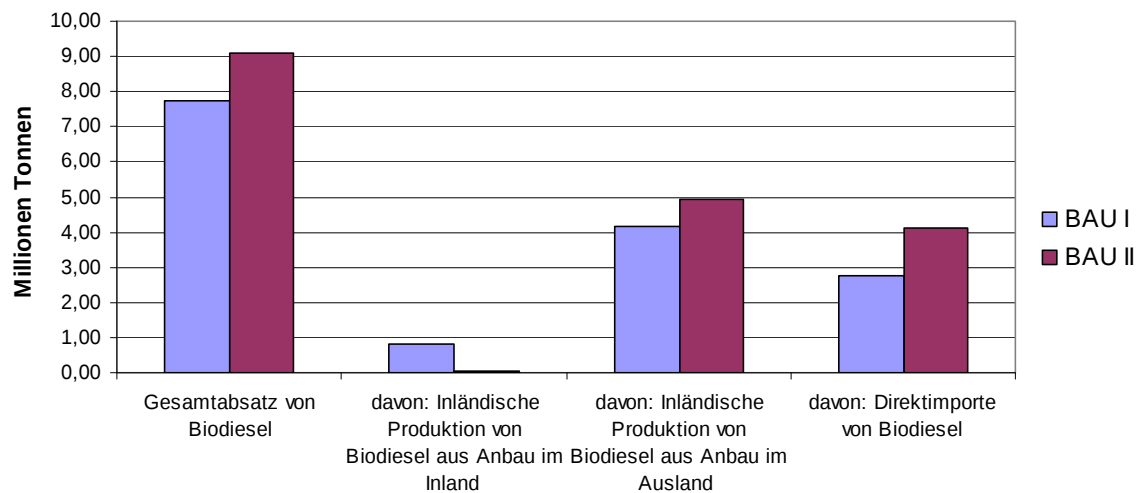
- in 2030 würde in BAU II eine deutlich geringere Menge Biodiesel aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland stammen wie in BAU I (0,07 Mio. t gegenüber 0,81 Mio. t);

- in 2030 würde dagegen mehr Biodiesel aus inländischer Produktion aus Anbau im Ausland stammen wie in BAU I (4,9 Mio. t gegenüber 4,2 Mio. t);

- etwa 4,1 Millionen Tonnen Biodiesel würden in 2030 in BAU II direkt importiert, d.h. ca. 45% des Gesamtabsatzes in Deutschland (gegenüber ca. 2,7 Millionen Tonnen bzw. 35% in BAU I).

Mit der in 2030 in BAU II abgesetzten Biodieselmenge würde ein Anteil von ca. 29% am gesamten Dieserverbrauch erreicht werden (gegenüber ca. 24% in BAU I).

Abbildung 16: Biodieselabsatz in Deutschland 2030 nach Herkunft unter BAU I sowie unter BAU II Bedingungen (in Millionen Tonnen).



Quellen: diese Studie nach FNR, 2006b; DESTATIS (2007 online); UFOP, 2006b und (2007 online) und Meó et al., 2006.

5. Unsicherheiten und offene Punkte

- Es wird angenommen, dass der Raps aus inländischem Anbau zuerst der inländischen Erzeugung von Pflanzenöl zur Stromerzeugung und als direktem Kraftstoff zugeführt wird, und nur der berechnete „Restbetrag für die energetische Nutzung“ für die Biodieselproduktion zur Verfügung stünde. Diese Zuordnung ist willkürlich, da die verfügbaren Angaben eine Aufteilung der differenzierten Verwendung von Raps aus deutschem Anbau nicht zulassen. Allerdings sprechen derzeit die finanziellen Begünstigungen für Rapsöl als direktem

Kraftstoff in der Landwirtschaft sowie für Rapsöl zur Stromerzeugung in BHKW durchaus für diese Annahmen.

- Die Produktionskapazitäten für Biodiesel in Deutschland werden in dieser Studie mit 5 Millionen Jahrestonnen in 2010, 2020 und 2030 angenommen, was dem Stand in 2007 entspricht. Davon ist aber aktuell nur etwa die Hälfte ausgelastet. Die weitere Entwicklung wird aufgrund der seit 1.1.2007 geltenden Regelungen nach Biokraftstoffquotengesetz und Besteuerung des Biokraftstoffanteils als unsicher angesehen.
- Die zukünftigen Importe von Vorprodukten zur Biodieselproduktion in Deutschland sowie die Direktimporte von Biodiesel werden für den Zeitraum ab 2020 bis 2030 auf Basis von Palmöl und Sojaöl erwartet. Diese Auswahl könnte ergänzt werden sollten andere absehbare Entwicklungen auftreten, wie etwa Importe auf Sonnenblumen- und Rapsbasis aus der Ukraine.

6. Varianten

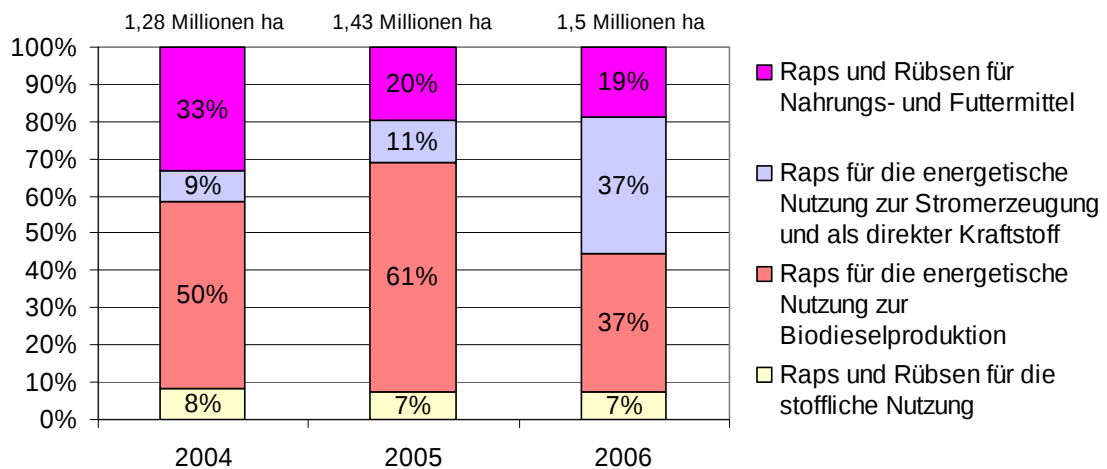
- Der Biodieselabsatz geht zurück, die frei werdende Fläche im Inland wird für Energiepflanzen für Biogas genutzt (Rentabilitätsvergleich). Dies stellt ein alternatives Szenarioelement dar, das in Kapitel 3 beschrieben wird.
- Effizienzsteigerung im mobilen Bereich. Auch dies stellt ein alternatives Szenarioelement dar und wird in Kapitel 3 beschrieben.

Status Quo des Anbaus von Raps und Rüben in Deutschland

Für den im Inland produzierten Biodiesel aus heimischem Anbau wurden, nach der zuvor beschriebenen methodischen Vorgehensweise, in 2004 ca. 0,64 Millionen Hektar Rapsanbaufläche in Deutschland genutzt, das entsprach der Hälfte der gesamten Rapsanbaufläche von ca. 1,28 Millionen Hektar in 2004 (Abbildung 17). In 2005 wurden ca. 0,88 Millionen Hektar Rapsanbaufläche in Deutschland zur Biodieselproduktion genutzt, das entsprach etwa 61% der gesamten Rapsanbaufläche von ca. 1,43 Millionen Hektar in 2005. In 2006 wurden nach den gesetzten Konventionen rechnerisch ca. 0,56 Millionen Hektar Rapsanbaufläche in Deutschland zur Biodieselproduktion genutzt, das entsprach etwa 37% der gesamten Rapsanbaufläche von ca. 1,5 Millionen Hektar²⁶ in 2005. Ein ebenso hoher Anteil der gesamten Rapsanbaufläche von 37% wurde in 2006 für die Produktion von Rapsöl als Direktkraftstoff belegt.

²⁶ Dieser Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass der Raps zur energetischen Nutzung in Form von Stromerzeugung sowie als direkter Kraftstoff vollständig aus inländischem Anbau stammte. Dann ergibt sich die im Inland belegte Rapsanbaufläche für die Biodieselproduktion aus der (nach FNR, 2006b) ausgewiesenen Rapsanbaufläche für die energetische Nutzung insgesamt minus der Rapsanbauflächen zur Stromerzeugung und zur Nutzung als direkter Kraftstoff.

Abbildung 17: Nutzung der gesamten Anbaufläche für Raps und Rübsen in Deutschland 2004, 2005 und 2006 (in Hektar und in Prozent).



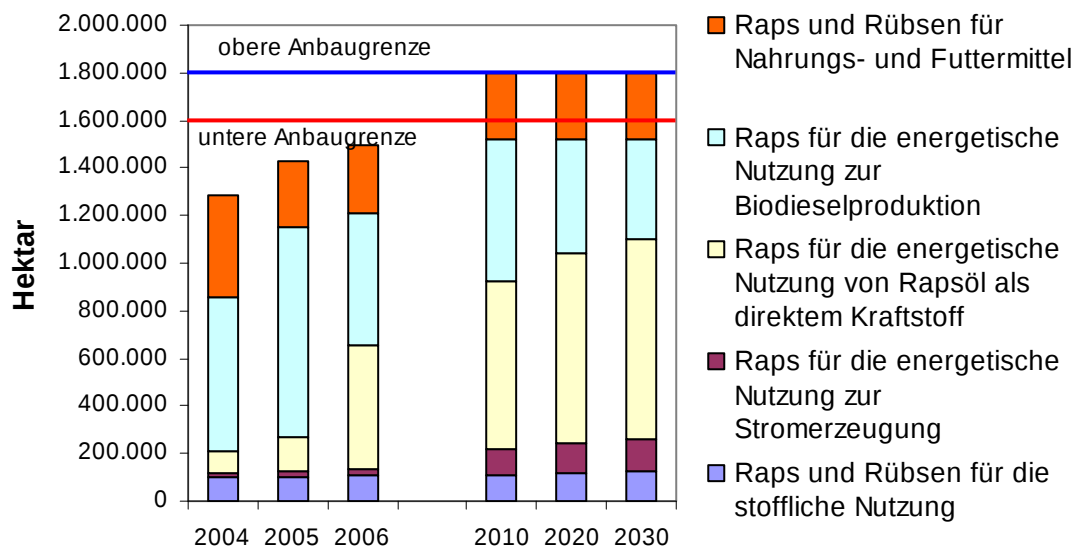
Quelle: diese Studie nach FNR, 2006b, und DESTATIS (2007 online).

Anmerkung: Die Gesamtanbauflächen für Raps und Rübsen zur stofflichen und energetischen Nutzung sind vorgegeben (FNR, 2006b); daher können die Flächenanteile für Raps und Rübsen für Nahrungs- und Futtermittel als Differenz von Gesamtanbaufläche (laut Landwirtschaftsstatistik) minus Anbauflächen für stofflich-energetische Nutzungen (nach FNR) berechnet werden. Die gesamte Anbaufläche für Raps und Rübsen bestand jeweils zu etwas mehr als 98% aus Winterraps.

Entwicklung des Anbaus von Raps und Rübsen in Deutschland unter BAU I Bedingungen

Nach Einschätzung von Landwirtschaftsexperten kann die Anbaufläche für Raps in Deutschland aufgrund von Fruchtfolgegrenzen nur maximal bis auf 1,6 bis 1,8 Millionen Hektar ausgeweitet werden (BMBF, 2006; UFOP, 2006a). Die von UFOP (2007 online) nach Befragung für 2007 in Aussicht gestellte Rapsanbaufläche von ca. 1,5 Millionen Hektar würde dann bereits nahe an der unteren Anbaugrenze liegen. Wir gehen demzufolge in dieser Studie davon aus, dass die obere Anbaugrenze von ca. 1,8 Millionen Hektar bereits in 2010 erreicht sein wird, in erster Linie aufgrund der zu erwartenden Ausdehnung des Rapsanbaus für die energetische Nutzung (Abbildung 18).

Abbildung 18: Anbauflächen für Raps und Rübsen in Deutschland 2004 bis 2030 nach Nutzungsarten unter BAU-I Bedingungen (in Hektar).



Quelle: diese Studie nach FNR, 2006b; DESTATIS (2007 online); UFOP, 2006b und (2007 online); Meó et al., 2006.

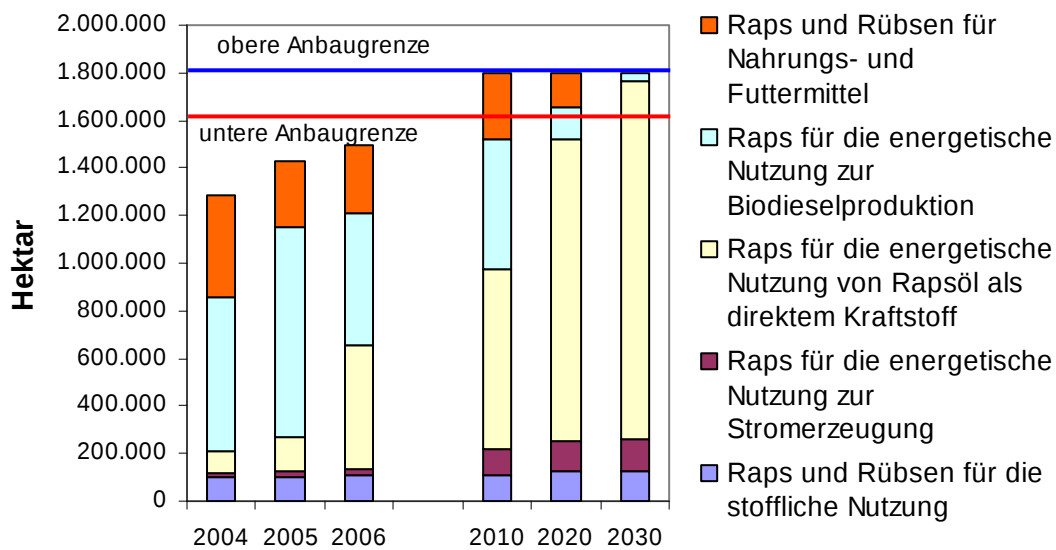
Anmerkung: Die Gesamtanbauflächen für Raps und Rübsen zur stofflichen und energetischen Nutzung sind für 2004 und 2005 vorgegeben (FNR, 2006b); für 2006, 2010, 2020 und 2030 wurden die Flächen in dieser Studie wie im Text beschrieben berechnet.

Entwicklung des Anbaus von Raps und Rübsen in Deutschland unter BAU II Bedingungen

Wie unter BAU I Bedingungen gehen wir auch bei BAU II davon aus, dass die obere Anbaugrenze von ca. 1,8 Millionen Hektar bereits in 2010 erreicht sein wird. Der wesentliche Unterschied zu BAU I besteht darin, dass in BAU II ab 2010 ein wesentlich größerer Anteil der inländischen Rapsanbaufläche für die Verwendung von Rapsöl als direktem Kraftstoff beansprucht würde. Dies hätte zur Folge, dass (rechnerisch) in 2030 im Inland keine Rapsanbaufläche mehr für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln zur Verfügung stünde²⁷, und dass nur noch eine kleine Fläche von ca. 67.000 Hektar für die Biodieselproduktion vorhanden wäre (Abbildung 19).

²⁷ Das betrifft nur die direkte Nutzungskonkurrenz für Öle, Ölpresskuchen können als Nebenprodukte in der Tierfütterung verwendet werden.

Abbildung 19: Anbauflächen für Raps und Rüben in Deutschland 2004 bis 2030 nach Nutzungsarten unter BAU-II Bedingungen (in Hektar).



Quelle: diese Studie nach FNR, 2006b; DESTATIS (2007 online); UFOP 2006b und (2007 online); Meó et al., 2006.

Anmerkung: Die Gesamtanbauflächen für Raps und Rüben zur stofflichen und energetischen Nutzung sind für 2004 und 2005 vorgegeben (FNR, 2006b); für 2010, 2020 und 2030 wurden die Flächen in dieser Studie wie im Text beschrieben berechnet.

Globale Flächenbelegung für den Biodieselabsatz in Deutschland unter BAU I Bedingungen

Die globale oder weltweite Flächenbelegung für den Biodieselabsatz in Deutschland wird aus den zuvor geschilderten Daten zum Status Quo und zur Entwicklung des Biodieselmektes bis 2030 und den ebenfalls zuvor beschriebenen Daten zum Status Quo und zur Entwicklung der Hektarproduktivitäten berechnet (Tabelle 20). Im vorliegenden Szenario wurden die absolute Größe der „Erträge“ für Biodiesel in 2004 und 2005, sowie deren Entwicklung im Zeitraum bis 2010, auf die Biodieselproduktion in Deutschland aus Rapssaad aus heimischem Anbau bezogen. Für alle Flächenberechnungen bis 2010, die den ausländischen Anbau betreffen, wurden somit dieselben Ertragswerte wie für den deutschen Rapsanbau angenommen. Dies entspricht einer Vereinfachung die sich darin begründet, dass keine Daten verfügbar sind, welche eine differenziertere Berechnung der ausländischen Flächenbelegung ermöglichen würden. Lediglich ist bekannt, dass in 2004/2005 importierte Rohstoffe zur Biodieselproduktion in Deutschland vor allem aus EU-Ländern stammten (Frankreich, Großbritannien, Dänemark, Tschechien und Polen) (UFOP, 2006b; Meó et al., 2006). In diesen Fällen gibt es keine Veranlassung, grundsätzlich von deutlich anderen Erträgen als in Deutschland auszugehen (nach Daten von FAOSTAT).

Für den Zeitraum nach 2010 wird dagegen angenommen, dass die Importe von Rohstoffen zur Biodieselproduktion und die direkten Importe von Biodiesel aus

außereuropäischen Ländern kommen werden. Wir wählen dazu zwei Rohstoffe anteilmäßig aus (siehe Box Punkt 2.2):

1.) Importe auf Palmölbasis (zu 40% in BAU I, zu 60% in BAU II), wodurch sich aufgrund der hohen Erträge relativ geringe Flächenbeanspruchungen für Importe ergeben.

2.) Importe auf Sojabasis (zu 60% in BAU I, zu 40% in BAU II), wodurch sich aufgrund der niedrigen Erträge relativ hohe Flächenbeanspruchungen für Importe ergeben.

In einer Variante wird untersucht, wie Importe auf 100% Sojabasis (mit deutlich höherem Flächenbedarf als Raps) das Ergebnis beeinflussen. Importe auf Basis von Sonnenblumen, Rizinus, Jatropha oder wechselnden Anteilen verschiedener Ölsaaten²⁸ sind zwar ebenfalls möglich, konnten aber im Rahmen dieser Studie nicht weiter betrachtet werden.

Ausgehend von den zuvor beschriebenen Annahmen wurden in 2004 weltweit ca. 0,87 Millionen Hektar für den Biodieselabsatz in Deutschland belegt, etwa ein Viertel davon (ca. 26%) bzw. 0,23 Millionen Hektar im Ausland und zwar zu etwa gleichen Anteilen für den Anbau von Vorprodukten zur Biodieselproduktion in Deutschland wie für Direktimporte von Biodiesel nach Deutschland (Tabelle 20 und Abbildung 20). In 2005 stieg der Flächenbedarf Deutschlands für Biodiesel auf ca. 1,3 Millionen Hektar an (plus ca. 52% gegenüber 2004). Von dieser global beanspruchten Fläche in 2005 lagen bereits 40% oder 0,53 Millionen Hektar im Ausland, 0,31 Millionen Hektar entfielen auf die Bereitstellung von Vorprodukten zur Biodieselproduktion in Deutschland, und die restlichen 0,22 Millionen Hektar entfielen auf Flächen zur Biodieselproduktion im Ausland für Direktimporte nach Deutschland.

Für den Biodieselabsatz von 2,8 Millionen Tonnen in Deutschland in 2006 waren bereits 2,05 Millionen Hektar Landwirtschaftsfläche weltweit erforderlich, davon (rein rechnerisch) mehr als zwei Drittel im Ausland.

Bis 2010 würde die globale Anbaufläche für den Biodieselabsatz in Deutschland unter den beschriebenen BAU I Annahmen bis auf 2,65 Millionen Hektar ansteigen. Davon würden ca. 78% im Ausland beansprucht werden, der überwiegende Teil hiervon für Importe von Vorprodukten zur Auslastung der Biodieselproduktionskapazitäten von Anlagen in Deutschland.

In 2020 würde die globale Anbaufläche für den Biodieselabsatz in Deutschland unter den beschriebenen BAU I Annahmen auf ca. 5,5 Millionen Hektar ansteigen. Daher läge auch der Anteil im Ausland beanspruchter Flächen für den Biodieselabsatz in Deutschland mit 91% deutlich über dem Anteil für 2010 (78%). Der größere Anteil der im Ausland beanspruchten Flächen (80%) entfielen in 2020 auf die Importe von Vorprodukten zur

²⁸ Zum Beispiel fördert der Bundesverband Biogene und Regenerative Kraft- und Treibstoffe e.V. (BBK) im Rahmen seiner Auslandsaktivitäten die Organisation von Technologieexporten aus Deutschland nach Brasilien und zertifizierte Sojaölimporte in umgekehrter Richtung. Oder, ein Joint-venture Vertrag mit der Ukraine sieht die Organisation von Technologieexporten aus Deutschland nach Ukraine und zertifizierte Sonnenblumen- und Rapsöl-Importe für BBK-Biodieselanlagenbetreiber in Deutschland vor. Erste größere Landflächenbewirtschaftungen von BBK-Großlandwirten werden in der Ukraine vorbereitet.
<http://www.biokraftstoffe.org/download/PM%20zum%20Jahresanfang%202007.pdf>

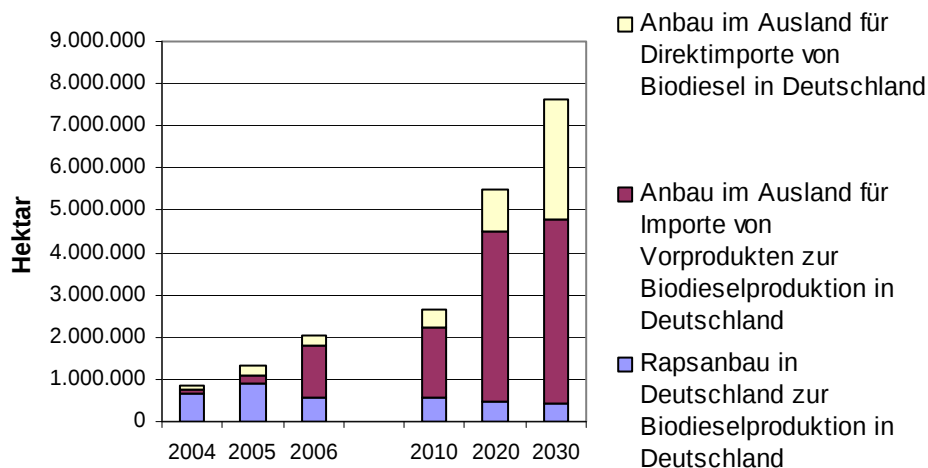
Biodieselproduktion in Deutschland, nur ca. 20% der im Ausland beanspruchten Flächen würden für Direktimporte von Biodiesel benötigt. Dabei sollte jedoch der für den Palmöl- und Sojaanbau beanspruchten Fläche besondere Beachtung geschenkt werden, da diese unter dem Aspekt der Klimawirkung mit besonderer Aufmerksamkeit bewertet werden muss (siehe hierzu Kapitel 4).

Gegenüber 2020 würde es in 2030 zu einer weiteren Steigerung der globalen Anbaufläche auf ca. 7,6 Millionen Hektar für den Biodieselabsatz in Deutschland kommen. Davon entfielen 94% auf Importflächen.

Globale Flächenbelegung für den Biodieselabsatz in Deutschland unter BAU II Bedingungen

Gegenüber BAU I sind die Veränderungen unter BAU II Bedingungen im Wesentlichen charakterisiert durch einen in 2030 mit ca. 9,1 Millionen Tonnen deutlich höheren Gesamtabsatz von Biodiesel in Deutschland (gegenüber ca. 7,7 Millionen Tonnen in BAU I). Dies führt dazu, dass zur Deckung des Gesamtabsatzes und der inländischen Produktionskapazitäten von Biodiesel unter BAU II Bedingungen verstärkt bzw. in 2030 fast ausschließlich auf Anbauflächen im Ausland zurückgegriffen werden müsste (Abbildung 21 und Tabelle 21). Für 2030 würden insgesamt ca. 6,9 Millionen Hektar globale Landwirtschaftsfläche benötigt die zu 99% im Ausland läge (gegenüber 7,6 Mio. ha bei BAU I (und 94% davon im Ausland)).

Abbildung 20: Globale (weltweite) Flächenbelegung für den Biodieselabsatz in Deutschland 2004 bis 2030 unter BAU I Bedingungen (in Hektar).



Quelle: diese Studie nach FNR, 2006b; DESTATIS (2007 online); UFOP, 2006b und (2007 online) und Meó et al., 2006.

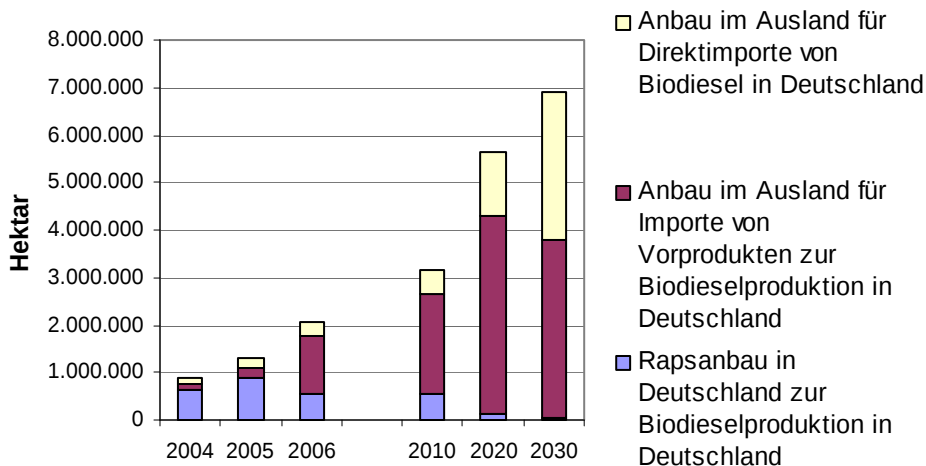
Tabelle 20: Biodieselabsatz in Deutschland, Hektarerträge, globaler Flächenbedarf und Produktionskapazitäten in Deutschland für Biodiesel, im Zeitraum 2004 bis 2030. BAU I Bedingungen.

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
1. Gesamtabsatz von Biodiesel im Inland nach Herkunft							
Gesamtaufkommen insgesamt aus allen Quellen	in t	1.185.000	1.800.000	2.791.363	3.875.994	4.997.282	7.746.015
darunter: aus inländischer Produktion aus inländischem Anbau von Raps	in t	878.511	1.197.403	758.829	863.169	806.827	814.686
darunter: aus inländischer Produktion aus importierten Ölsaaten oder Ölen	in t	156.489	302.597	1.663.334	2.366.826	3.357.575	4.185.314
darunter: aus direkten Importen von Biodiesel	in t	150.000	300.000	369.200	645.999	832.880	2.746.015
2. "Erträge" für Biodiesel							
Biodiesel aus Raps aus inländischem Anbau	in t pro ha	1,36	1,36	1,36	1,46	1,68	1,94
Biodiesel aus direkten Importen (auf Basis von Raps) - EU Importe	in t pro ha	1,36	1,36	1,36	1,46	1,68	1,94
Biodiesel aus Raps aus ausländischem Anbau - EU Importe	in t pro ha	1,36	1,36	1,36	1,46	1,68	1,94
Biodiesel aus Palmöl aus ausländischem Anbau - Extra-EU Importe	in t pro ha	3,50	3,50	3,50	3,76	4,33	4,98
Biodiesel aus direkten Importen (auf Basis von Palmöl) - Extra-EU Importe	in t pro ha	3,50	3,50	3,50	3,76	4,33	4,98
3. Globaler Flächenbedarf für Biodiesel							
davon: im Inland	in ha	870.776	1.322.647	2.050.422	2.648.510	5.489.042	7.626.429
davon: im Ausland für Importe von Rohstoffen zur Biodieselproduktion in D	in ha	645.642	880.004	557.405	589.813	479.404	420.933
davon: im Ausland für Direktimporte von Biodiesel	in ha	114.950	222.275	1.221.818	1.617.279	4.013.940	4.350.863
davon: im Ausland Insgesamt	in ha	110.184	220.368	271.199	441.418	995.698	2.854.633
davon: im Ausland Insgesamt	in ha	225.134	442.643	1.493.017	2.058.697	5.009.639	7.205.496
davon: im Ausland Insgesamt	in %	26%	33%	73%	78%	91%	94%

Quelle: diese Studie nach Bundesregierung, 2006; FNR, 2006b; DESTATIS (2007 online); UFOP, 2006b und (2007 online); Meó et al., 2006.

Anmerkungen: Die gelb markierten Felder zeigen vorgegebene Daten an, alle anderen Daten wurden wie im Text beschrieben selbst geschätzt oder berechnet.

Abbildung 21: Globale (weltweite) Flächenbelegung für den Biodieselabsatz in Deutschland 2004 bis 2030 unter BAU II Bedingungen (in Hektar).



Quelle: diese Studie nach FNR, 2006b; DESTATIS (2007 online); UFOP, 2006b und (2007 online) und Meó et al., 2006.

Extremvariante

Wollte man den gesamten Dieserverbrauch in Deutschland in 2030 unter BAU II Bedingungen durch Biodiesel aus Raps decken, so bräuchte man hierzu ca. 12,5 Millionen Hektar Ackerland. Dies entspricht etwa dem 9fachen der Anbaufläche für Raps und Rübsen, oder in etwa 105% des gesamten Ackerlandes oder ca. drei Vierteln der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland im Jahr 2005.

Tabelle 21: Biodieselabsatz in Deutschland, Hektarerträge, globaler Flächenbedarf und Produktionskapazitäten in Deutschland für Biodiesel, im Zeitraum 2004 bis 2030. BAU II Bedingungen.

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
1. Gesamtabsatz von Biodiesel im Inland nach Herkunft							
Gesamtaufkommen insgesamt aus allen Quellen	in t	1.185.000	1.800.000	2.791.363	4.631.058	6.528.681	9.116.016
darunter: aus inländischer Produktion aus inländischem Anbau von Raps	in t	878.511	1.197.403	758.512	796.647	227.843	67.117
darunter: aus inländischer Produktion aus importierten Ölsaaten oder Ölen	in t	156.489	302.597	1.663.651	3.062.568	4.772.157	4.932.883
darunter: aus direkten Importen von Biodiesel	in t	150.000	300.000	369.200	771.843	1.528.681	4.116.016
2. "Erträge" für Biodiesel							
Biodiesel aus Raps aus inländischem Anbau	in t pro ha	1,36	1,36	1,36	1,46	1,68	1,94
Biodiesel aus direkten Importen (auf Basis von Raps) - EU Importe	in t pro ha	1,36	1,36	1,36	1,46	1,68	1,94
Biodiesel aus Raps aus ausländischem Anbau - EU Importe	in t pro ha	1,36	1,36	1,36	1,46	1,68	1,94
Biodiesel aus Palmöl aus ausländischem Anbau - Extra-EU Importe	in t pro ha	3,50	3,50	3,50	3,76	4,33	4,98
Biodiesel aus direkten Importen (auf Basis von Palmöl) - Extra-EU Importe	in t pro ha	3,50	3,50	3,50	3,76	4,33	4,98
3. Globaler Flächenbedarf für Biodiesel							
davon: im Inland	in ha	870.776	1.322.647	2.050.422	3.164.454	5.642.501	6.912.077
davon: im Ausland für Importe von Rohstoffen zur Biodieselproduktion in D	in ha	645.642	880.004	557.172	544.358	135.381	34.678
davon: im Ausland für Direktimporte von Biodiesel	in ha	114.950	222.275	1.222.051	2.092.687	4.171.008	3.749.120
davon: im Ausland insgesamt	in ha	110.184	220.368	271.199	527.409	1.336.113	3.128.279
davon: im Ausland insgesamt	in ha	225.134	442.643	1.493.250	2.620.096	5.507.121	6.877.399
davon: im Ausland insgesamt	in %	26%	33%	73%	83%	98%	99%

Quelle: diese Studie nach Bundesregierung, 2006; FNR, 2006b; DESTATIS (2007 online); UFOP 2006b und (2007 online); Meó et al., 2006.

Anmerkungen: Die gelb markierten Felder zeigen vorgegebene Daten an, alle anderen Daten wurden wie im Text beschrieben selbst geschätzt oder berechnet.

Variante Biodiesel Importe vollständig auf Basis von Soja

Bei kompletter Umstellung der Rohstoffbasis für Importe von Biodiesel ab 2020 auf Sojaöl würde in 2030 bei BAU I ein annähernd 1,5-facher globaler Flächenbedarf resultieren, bei BAU II sogar ein etwa 2-facher (Tabelle 22).

Tabelle 22: Globale Flächenbelegung für den Biodieselabsatz in Deutschland im Zeitraum 2010 bis 2030 und unter BAU I sowie BAU II Bedingungen. Vergleich der Variante Importe auf Sojabasis mit der BAU Annahme Importe auf Palmölbasis.

Globale Flächenbelegung für Biodiesel	1000 Hektar			BAU I = 100		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Importe auf Soja- und Palmölbasis: BAU I	2.649	5.489	7.626	100	100	100
Importe nur auf Sojabasis: BAU I	2.649	8.183	11.501	100	149	151
	1000 Hektar			BAU II = 100		
Importe auf Soja- und Palmölbasis: BAU II	3.164	5.643	6.912	100	100	100
Importe nur auf Sojabasis: BAU II	3.164	11.719	14.500	100	208	210

Quelle: diese Studie.

2.3.3. Bioethanol

Bioethanol spielte in 2005 mit 0,226 Millionen Tonnen Gesamtabsatz in Deutschland und ca. 0,6% des Ottokraftstoffverbrauchs nur eine marginale Rolle. Dies ändert sich jedoch rapide. In naher Zukunft wird die Produktionskapazität aller Bioethanolfabriken in Deutschland nach Angaben des IWR (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien) bereits ca. 1,47 Millionen Tonnen p.a. betragen. Dies umfasst Anlagen in Betrieb, im Bau, mit Baugenehmigung sowie in Planung (Stand: Januar 2007). Allein die Anlagen in Betrieb und im Bau ergeben zusammen schon eine Jahreskapazität von ca. 1,34 Millionen Tonnen.

Dabei sind die Zielvorgaben nach EU-Biokraftstoffrichtlinie und deutschen Biokraftstoffbeimischungsquoten die treibenden Kräfte (siehe hierzu die „Vorbemerkung“ zu diesem Bericht). Solange keine alternativen Kraftstoffe zur Verfügung stehen, bleibt Bioethanol die einzige Alternative für die Beimischung zu Ottokraftstoff.

Wurde in 2004 der geringe Bioethanolabsatz in Deutschland noch ausschließlich direkt importiert (79.000 Tonnen), so wurden in 2005 nur noch etwa 39% über Importe gedeckt, die wegen des insgesamt stark erhöhten Aufkommens aber auf ca. 89.000 Tonnen stiegen. Die Importe stammten ausnahmslos aus Europa und wurden wie der gesamte Absatz auf Getreidebasis produziert. Der Außenhandel mit Bioethanol wird auch in Zukunft voraussichtlich eine große Rolle spielen. Sollten die hohen Importzölle im Verlauf der WTO- bzw. Mercosur- Verhandlungen in Zukunft schrittweise reduziert werden, so könnte dies in Zukunft verstärkte Importe von Bioethanol auf Zuckerrohrbasis zur Folge haben. Die EU- und/oder nationale Ziele könnten diese Entwicklung beschleunigen. Z.B. verfolgt die Regierung Spaniens, des größten Bioethanolproduzenten in Westeuropa und derzeit wichtigsten Bezugslandes für Bioethanol in Deutschland, ehrgeizige Ziele im eigenen Land: im Verkehrsbereich sollen bis 2012 17,2% des Kraftstoffverbrauchs durch Ethanolmischungen abgedeckt werden. Dies könnte einerseits den Druck innerhalb der EU erhöhen, den Bezug von Bioethanol aus tropischen Länder zuzulassen um die Ziele der Biokraftstoffrichtlinie auch EU-weit zu erreichen.

Andererseits werden Erwartungen in die Produktion von Bioethanol aus Lignozellulose haltigen Rohstoffen gesetzt, und auch in Deutschland gibt es Pläne zur Errichtung einer Zellulose-Ethanol Produktionsanlage. Wir nehmen jedoch an, dass diese Variante längerfristig wenig relevant sein wird, da verholzte Biomasse vorwiegend über BtL oder ähnliche Verfahren genutzt werden dürfte, weil die Nutzung im trockenen Ausgangszustand voraussichtlich technisch günstiger sein dürfte.

BAU-Szenarien Konstruktion: Bioethanol

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die Konstruktion dieses Nawarosegmentes gegeben, die ausführliche Herleitung schließt sich an.

1. Bioethanol als Kraftstoff

1.1. Rohstoffe: Getreide aus deutschem Anbau; Getreide als Basis für importiertes Bioethanol bis 2005 - ab 2010: Zuckerrohr als Basis für importiertes Bioethanol

1.2. Produkte: Bioethanol

1.3. Kraftstoffverbrauch

1. Gesamtaufkommen bzw. Gesamtabsatz in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

- Nach Meó et al., 2006, ca. 79.000 Tonnen für 2004 (Tabelle 23);
- nach FNR, 2006b, ca. 226.000 Tonnen für 2005, und nach BMU, 2007, ca. 480.000 Tonnen in 2006;
- nach FNR, 2006b, ca. 1,8 Millionen Tonnen bis 2015 (nach FNR Szenario EU-Ziel von 5,75% in 2010 wie in 2015 – siehe Punkt 3 unten); demnach wurde der Gesamtabsatz für 2010 mit ca. 1,5 Millionen Tonnen geschätzt;
- von 2015 bis 2030 1% Wachstum p.a. (unter der Annahme dass Biokraftstoffe der 2. Generation dann verstärkt auf den Markt kommen und sich das Wachstum für Bioethanol abschwächt). Demnach würde der Gesamtabsatz in 2030 bei ca. 2,1 Millionen Tonnen liegen.

Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe BAU-Szenarien, Varianten und Sensitivitäten

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	Wachstum der Verwendung um 110% seit 2005; Beitrag zur Erfüllung EU-Ziel 5,75% für alle Kraftstoffe	Wachstum der Verwendung von 2,8% p.a. seit 2010; Beitrag zur Erfüllung EU-Ziel 10% für alle Kraftstoffe	Wachstum der Verwendung von 1% p.a. seit 2020; entspräche ca. 10% des Ottokraftstoffverbrauchs in 2030	Wachstum der Verwendung um 169% seit 2005; Beitrag zur Erfüllung nationales Ziel 6,75% für alle Kraftstoffe	Wachstum der Verwendung von 5,3% p.a. seit 2010; Beitrag zur (Über-)Erfüllung EU-Ziel 10% für alle Kraftstoffe	Wachstum der Verwendung von 1% p.a. seit 2020; entspräche ca. 17% des Ottokraftstoffverbrauchs in 2030
im Inland	Es wird hier nur von Getreide aus Anbau im Inland für die Produktion von Bioethanol in Deutschland ausgegangen - letztere nach aktuellen Angaben zu Produktionskapazitäten aller bestehenden, im Bau befindlichen sowie geplanten Anlagen (insgesamt ca. 1,47 Mio. Jahrestonnen ab 2010)					
im Ausland	Es wird hier ab 2010 nur von Zuckerrohr aus Anbau im Ausland für Direktimporte von Bioethanol ausgegangen - letztere ergeben sich aus Gesamtabsatzmengen minus Produktion im Inland.					
ha-Produktivitäten						
im Inland	Für Getreide wird eine ca. 1,2%ige Steigerung p.a. für den gesamten Zeitraum bis 2030 angenommen.					
im Ausland	analog zum Inland wird eine ca. 1,2%ige Steigerung p.a. für den gesamten Zeitraum bis 2030 angenommen.					
Flächen	Globaler Flächenbedarf entspricht hier der Summe von Anbaufläche im Inland und Flächenbedarf im Ausland für Importe					
im Inland	berechnet aus Mengen geteilt durch Ertrag pro ha					
im Ausland	berechnet aus Mengen geteilt durch Ertrag pro ha					

1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion

- Für 2004 geht die Meó Studie (Meó et al., 2006) von keiner nennenswerten inländischen Produktion von Bioethanol aus.
- Für 2005: geschätzt nach Angaben der Südzucker Bioethanol GmbH deren Werk in Zeitz, Sachsen-Anhalt, im April 2005 in Betrieb genommen wurde – danach könnte die Bioethanolproduktion in 2005 etwa 137.000 Tonnen betragen haben. Hauptrohstoff ist einheimisches Getreide.
- Für 2006 nach gleichen Anteilen wie für 2005.
- Für 2010 wurde die Produktionskapazität aller Bioethanolfabriken in Deutschland nach Angaben des IWR (Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien) mit ca. 1,47 Millionen Tonnen p.a. berechnet. Dies umfasst Anlagen in Betrieb, im Bau, mit Baugenehmigung und in Planung (Stand: Januar 2007). Allein die Anlagen in Betrieb und im Bau ergeben zusammen schon ca. 1,34 Millionen Tonnen p.a.
- Für 2020 und 2030 wird davon ausgegangen, dass die Produktionskapazitäten von 2010 nicht weiter ausgebaut werden, da z.B. nach 2010 andere wirtschaftlichere Technologien zur Erzeugung von Biokraftstoff wie z.B. BtL verfügbar sein werden und die inländische Produktion von Ethanol zunehmend international konkurrieren muss und die Produktion auf der Basis von Zuckerrohr ökonomisch rentabler ist (siehe 1.2).

1.1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland

Es wird generell für den gesamten Zeitraum 2005 bis 2030 angenommen, dass die inländische Produktion ausschließlich aus Getreide aus inländischem Anbau gespeist wird. Zum einen ist in Europa die Bioethanolproduktion aus Getreide kostengünstiger als aus Zuckerrüben. Zum anderen geht auch die Südzucker Bioethanol GmbH selbst bei einem theoretischen Bioethanolpotenzial aus deutschem Anbau von ca. 6,3 Millionen Tonnen p.a. davon aus, dass dies überwiegend (zu etwa 91%) auf Getreide basieren würde (der Rest aus Zucker).

1.1.2. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Ausland

Diese Option wird unter BAU-Bedingungen nicht in Betracht gezogen.

1.2. Direktimporte

- Für 2004 geht die Meó Studie davon aus, dass Bioethanol fast ausschließlich direkt importiert wurde (v.a. aus Spanien²⁹). Wir nehmen hier an, dass der gesamte Import, wie für Spanien bekannt, nur auf Getreidebasis beruhte.
- Für die Zeit von 2005 bis 2030 ergibt sich der Direktimport insgesamt jeweils aus dem Gesamtaufkommen (siehe 1.) minus dem Aufkommen aus inländischer Produktion (siehe 1.1.).
- Für 2005 und 2006 wird angenommen, dass der so ermittelte Direktimport wie in 2004 vollständig auf Getreidebasis beruhte;
- Für 2010 bis 2030 wird angenommen, dass der so ermittelte Direktimport vollständig auf Zuckerrohrbasis beruht.

Aussagen über die längerfristige Entwicklung der relativen Wirtschaftlichkeit der verschiedenen biobasierten Grundstoffe auf dem Weltmarkt sind höchst unsicher. Die Modellierung kann bei Vorliegen verlässlicher Projektionen bzw. plausiblerer Experteneinschätzung entsprechend angepasst werden. Möglicherweise werden Importe von Bioethanol auf Zuckerrohrbasis erst im Zeitraum nach 2010 stattfinden. Andererseits verfolgt z.B. die Regierung Spaniens, des derzeit wichtigsten Bezugslandes für Bioethanol in Deutschland, ehrgeizige Ziele im eigenen Land: im Verkehrsbereich sollen bis 2012 17,2% des Kraftstoffverbrauchs durch Ethanolmischungen abgedeckt werden. Dies könnte den Druck innerhalb der EU erhöhen, den Bezug von Bioethanol aus tropischen Ländern zuzulassen.

Tabelle 23: Gesamtabatz von Bioethanol in Deutschland unter BAU I Bedingungen.

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
Gesamtabatz für Bioethanol in Deutschland							
Gesamtabatz von Bioethanol	in t	79.000	226.000	480.000	1.468.650	1.876.473	2.072.794
darunter: aus inländischem Anbau von Getreide	in t		136.933	290.832	1.468.650	1.468.650	1.468.650
darunter: Direktimporte auf Basis von Getreide	in t	79.000	89.067	189.168			
darunter: Direktimporte auf Basis von Zuckerrohr	in t					407.824	604.144
Gesamt: Direktimporte	in t	79.000	89.067	189.168		407.824	604.144

Quelle: Meó et al., 2006; Bundesregierung, 2006; FNR, 2006b; und eigene Berechnungen bzw. Annahmen.

2. Hektarproduktivitäten

2.1. bei Anbau im Inland

Hier wird nur Bioethanol aus Getreide betrachtet. Dessen „Ertrag“ liegt nach Angaben der FNR, 2006b, bei ca. 2 Tonnen pro Hektar. Für den Zeitraum 2006 bis 2030 wurden auf Basis einer eigenen Expertenbefragung (FAL) Ertragsteigerungen von 1,3% p.a. angenommen. Die in der vorliegenden Studie angenommene Rate von 1,3% liegt deutlich niedriger als die aus Fritsche et al., 2004, abgeleitete mittlere jährliche Steigerungsrate von ca. 2,5%.

2.2. bei Anbau im Ausland

- Für 2004 und 2005 werden dieselben Erträge wie im Inland für Bioethanol aus Getreide verwendet;
- für den Zeitraum von 2010 bis 2030 wurden die Erträge für Bioethanol aus Zuckerrohr zugrunde gelegt, die nach Angaben der FNR, 2006b, aktuell (2004/2005) bei ca. 4,7 Tonnen pro Hektar liegen, und bis 2030 bei einer

²⁹ Spanien war 2005 mit 237.000 t der größte Produzent von Bioethanol in Europa. Zur Produktion wird Getreide - hauptsächlich Gerste und Weizen - verwendet. <http://www.lab-biokraftstoffe.de/Bioethanol-weltweit.html>

jährlichen Ertragssteigerung von ca. 1,3% (wie für einheimisches Getreide) in 2030 bei ca. 6,6 Tonnen pro Hektar liegen würden.

3. Globale Belegung landwirtschaftlicher Flächen

3.1. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Inland

Diese werden generell berechnet aus dem Aufkommen von Bioethanol aus Anbau im Inland geteilt durch den Ertrag.

3.2. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Ausland

Diese werden generell berechnet aus dem Aufkommen von Bioethanol durch Direktimporte geteilt durch den Ertrag.

4. BAU I und BAU II

Der Unterschied zwischen BAU I und BAU II betrifft lediglich Annahmen zum zukünftigen Anteil von Biokraftstoffen am gesamten Kraftstoffverbrauch in Deutschland. Die Daten für den prognostizierten Bioethanolverbrauch wurden dabei zwei verschiedenen Szenarien der FNR, 2006b, entnommen.

4.1. BAU-Szenario I

Der inländische Gesamtabsatz von Bioethanol in BAU I für 2015 basiert auf einem Szenario der FNR, 2006b, das davon ausgeht, dass das EU-Ziel von 5,75% für 2010 in Deutschland erreicht wird und auch noch in 2015 5,75% aller verbrauchten Kraftstoffe auf Basis von Biomasse produziert worden waren. Unter Zugrundelegung der in der vorliegenden Studie für alle Biokraftstoffe geschätzten Verbrauchsmengen für 2010 würde das EU-Ziel von 5,75% für 2010 mit einem Anteil von ca. 9% aller Biokraftstoffe am Kraftstoffverbrauch bereits übertroffen worden sein (wobei der Anteil von Bioethanol am Ottokraftstoffverbrauch ca. 4,6% betragen würde³⁰).

4.2. BAU-Szenario II

Der inländische Gesamtabsatz von Bioethanol in BAU II basiert auf einem Szenario der FNR, 2006b, das davon ausgeht, dass in 2015 ein höherer Anteil von Bioethanol eingesetzt wird als es das EU-Ziel für den gesamten Anteil von Biokraftstoffen (Biodiesel und Bioethanol) am Kraftstoffverbrauch von 5,75% für 2010 erwarten lässt. Für Bioethanol bedeutet dies nach FNR, dass in 2015 10% des Ottokraftstoffverbrauchs (in Energieäquivalenten) substituiert würden. Unter Zugrundelegung der in der vorliegenden Studie für alle Biokraftstoffe geschätzten Verbrauchsmengen für 2010 würde das EU-Ziel von 5,75% mit einem Anteil von ca. 11% aller Biokraftstoffe am Kraftstoffverbrauch in 2010 in der Tat deutlich überschritten werden (wobei auch der Anteil von Bioethanol mit 6,6% am Ottokraftstoffverbrauch in 2010 über dem EU-Ziel läge³¹).

Dabei würde in BAU II der Bioethanolabsatz in Deutschland bei ca. 3,6 Millionen Tonnen liegen (Tabelle 24), gegenüber 2,1 Millionen Tonnen in BAU I. Der Bioethanolabsatz aus heimischem Getreide wäre in BAU I und BAU II derselbe. Dagegen würden in BAU II 2,1 Millionen Tonnen Bioethanol aus Zuckerrohr importiert werden, gegenüber 0,6 Millionen Tonnen in BAU I.

³⁰ In 2020 läge der Anteil von Bioethanol am Ottokraftstoffverbrauch bei 8%, in 2030 bei 11% (zum Vergleich: die FNR geht von 5,75% in 2015 aus).

³¹ In 2020 läge der Anteil von Bioethanol am Ottokraftstoffverbrauch bei 14%, in 2030 bei 17,5% (zum Vergleich: die FNR geht von 10% in 2015 aus).

Tabelle 24: Gesamtabatz von Bioethanol in Deutschland unter BAU II Bedingungen.

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
Gesamtabatz für Bioethanol in Deutschland							
Gesamtabatz von Bioethanol	in t	79.000	226.000	480.000	2.133.000	3.263.071	3.604.460
darunter: aus inländischem Anbau von Getreide	in t		136.933	290.832	1.468.650	1.468.650	1.468.650
darunter: Direktimporte auf Basis von Getreide	in t	79.000	89.067	189.168			
darunter: Direktimporte auf Basis von Zuckerrohr	in t				664.351	1.794.421	2.135.811
Gesamt: Direktimporte	in t	79.000	89.067	189.168	664.351	1.794.421	2.135.811

Quelle: Meó et al., 2006; Bundesregierung, 2006; FNR, 2006b; und eigene Berechnungen bzw. Annahmen.

5. Unsicherheiten und offene Punkte

- In den BAU-Szenarien wurde noch kein Bioethanolabsatz in Deutschland auf Basis von Lignozellulose berücksichtigt. Es gibt zwar Pläne zur Errichtung einer Zellulose-Ethanol Produktionsanlage in Deutschland, die 2007 in Betrieb gehen soll³². Wir nehmen jedoch an, dass diese Variante längerfristig wenig relevant sein wird, da verholzte Biomasse vorwiegend über BtL oder ähnliche Verfahren genutzt werden dürfte, bei denen eine trockene Nutzung in Frage kommt.

- Ebenso wurde noch kein Bioethanol aus Mais oder aus Zuckerrüben eingerechnet. Wir gehen davon aus, dass Mais keine relevante Quelle für den Bioethanolabsatz in Deutschland sein wird, da der wichtigste Produzent auf diesem Gebiet, die USA, nur den einheimischen Markt versorgen dürfte, und Mais aus deutschem Anbau aus Gründen der Förderung nach EEG und der damit verbundenen Wirtschaftlichkeit des Verfahrens vorwiegend für Biogas (sowie Futter) eingesetzt werden dürfte.

- Dagegen könnte Bioethanol aus Zuckerrüben einen gewissen Beitrag leisten, der nach Einschätzung der Südzucker Bioethanol GmbH bei einem theoretischen Bioethanolpotenzial aus deutschem Anbau (von insgesamt ca. 6,3 Millionen Tonnen) maximal bei 1,2 Millionen Tonnen liegen könnte (bzw. bei ca. 9%).

6. Varianten

- Der Bioethanolabsatz auf Basis von einheimischem Getreide geht zurück oder entwickelt sich erst gar nicht, frei werdende Fläche im Inland wird für Energiepflanzen für Biogas genutzt. Dies ist Teil eines alternativen Szenarienelementes in Kapitel 3.

- Effizienzsteigerung im mobilen Bereich; auch dies ist Teil eines alternativen Szenarienelementes in Kapitel 3.

Unter den zuvor genannten Annahmen wurden in 2004 weltweit etwa 39.000 Hektar und in 2006 ca. 238.000 Hektar für den Absatz von Bioethanol in Deutschland beansprucht. Dieser Flächenbedarf würde sich trotz Steigerung der Nachfrage unter BAU I Bedingungen aufgrund der gegenüber Getreide ertragreicheren Importbasis Zuckerrohr von 683.000 Hektar in 2010 bis auf ca. 669.000 Hektar in 2030 sogar leicht vermindern (Tabelle 25 und Abbildung 22).

³² Rede von VW Vorstandschef Bernd Pischetsrieder am 8.1.2007 auf der Automesse in Detroit. Dabei ist eine Zusammenarbeit mit Shell und der kanadischen Biotechnologie-Firma Iogen geplant.

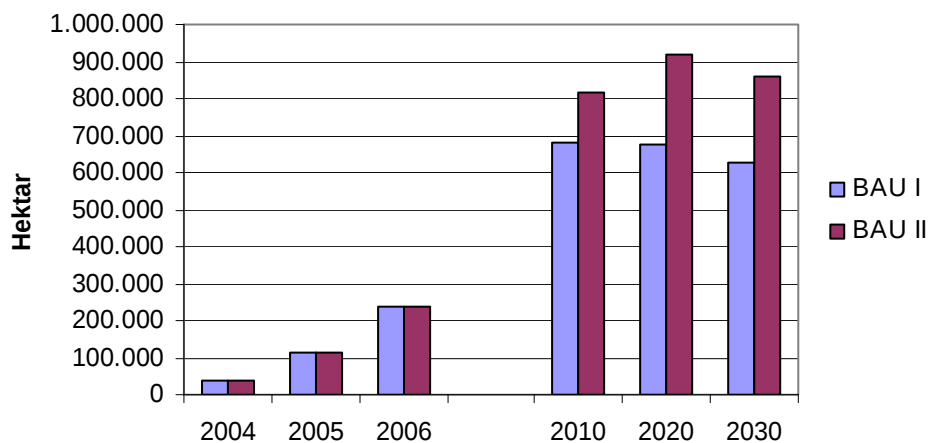
Tabelle 25: Globaler Flächenbedarf für Bioethanol unter BAU I Bedingungen.

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
Globale Flächenbelegung für Bioethanol							
Globale Flächenbelegung insgesamt	in ha	39.154	112.011	237.899	683.472	675.618	626.430
darunter: für den inländischen Anbau von Getreide	in ha		67.867	144.143	683.472	604.842	535.259
darunter: für Direktimporte auf Basis von Getreide	in ha	39.154	44.144	93.756			
darunter: für Direktimporte auf Basis von Zuckerrohr	in ha					70.776	91.171
Gesamt: für Direktimporte	in ha	39.154	44.144	93.756		70.776	91.171

Quelle: Meó et al., 2006; Bundesregierung, 2006; FNR, 2006b; und eigene Berechnungen und Annahmen.

Aufgrund der verstärkten Steigerung der Nachfrage unter BAU II Bedingungen würde sich der globale Flächenbedarf für Bioethanol auf ca. 858.000 Hektar in 2030 erhöhen und läge damit um das 1,4fache über dem Flächenbedarf unter BAU I Bedingungen (Abbildung 22).

Abbildung 22: Globale Flächenbelegung für den Bioethanolabsatz in Deutschland (in Hektar) – BAU I und BAU II.



Quelle: diese Studie.

2.3.4. BtL

BtL gilt vielfach als aussichtsreiche Option zur Erhöhung des Anteils von Kraftstoffen auf nachwachsender Basis in der Zukunft. Aktuell (2007) werden jedoch erst geringe Mengen tatsächlich produziert, und eine erste von fünf geplanten Großproduktionsanlagen soll erst ab 2008 gebaut werden und in 2010 die Produktion aufnehmen.

Eine Reihe von Unsicherheiten wie z.B. kostengünstige Rohstoffverfügbarkeit und Nutzungskonkurrenzen begleiten die Einschätzung der zukünftigen Potenziale für BtL (siehe z.B. Meó et al., 2006). Darüber hinaus ist derzeit nicht absehbar, welchen primären Flächenbedarf für Anbaubiomasse die zukünftige BtL Produktion haben könnte, und wo dieser denn lokalisiert wäre, im Inland oder auch im Ausland. Aktuelle Pläne der CHOREN Industries GmbH fassen ausdrücklich die Option ins Auge, Importbiomasse gezielt zur Vergrößerung der Anlagenkapazität einzusetzen (CHOREN: Pressemitteilung vom 31.1.2007).

Aus den genannten Gründen gestaltet sich die Schätzung des zukünftigen globalen Flächenbedarfs für den Absatz von BtL in Deutschland als nahezu unmöglich. Wir haben dennoch in dieser Studie den Versuch unternommen, basierend auf einfachen Annahmen (siehe Box) eine vage Einschätzung der zukünftigen Potenziale und Flächenerfordernisse für BtL zu treffen. Diese Modellierung kann bei Vorliegen verlässlicher Projektionen bzw. plausiblerer Experteneinschätzung entsprechend angepasst werden.

BAU-Szenarien Konstruktion: BtL

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die Konstruktion dieses Nawarosegmentes gegeben, die ausführliche Herleitung schließt sich an.

1. BtL als Kraftstoff

1.1. Rohstoffe: Energiepflanzen aus deutschem Anbau

1.2. Produkte: BtL Kraftstoffe

1.3. Kraftstoffverbrauch

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	CHOREN Beta-Anlage in Freiberg soll ab Herbst 2007 jährlich ca. 15000 Tonnen BtL produzieren, dies wird auch für 2010 unterstellt	CHOREN strebt die Errichtung von Produktionskapazitäten von 1 Mio.t BtL/a in den nächsten Jahren in Deutschland an. Für 2020 wird hier 1 Mio.t BtL/a unterstellt.	Für 2030: Produktion in 2020 mal 1.5 = 1,5 Mio. t/a	wie BAU I	BAU I mal 1,5 = 1,5 Mio. t/a	Für 2030: 2 Mio. t/a
im Inland	Es wird davon ausgegangen, dass (1) 50% der Substrate Anbaubiomasse sind und (2) dass in 2020 und 2030 50% der Anbaubiomasse (Energiepflanzen) aus Anbau im Inland kommen, in 2010 100%.					
im Ausland	Es wird davon ausgegangen, dass in 2020 und 2030 50% der Anbaubiomasse (Energiepflanzen) zur BtL-Produktion in Deutschland aus Anbau im Ausland kommen, in 2010 nichts.					
ha-Produktivitäten						
im Inland	Es werden Ertragssteigerungen für Energiepflanzen (im Mix zu etwa 80% Silomais) von 1,1% p.a zwischen 2010 und 2030 angenommen					
im Ausland	Ertragsentwicklung wie im Inland					
Flächen	Globaler Flächenbedarf entspricht hier der Summe von Anbaufläche im Inland und Flächenbedarf im Ausland für Importe					
im Inland	berechnet aus Mengen geteilt durch Ertrag pro ha					
im Ausland	berechnet aus Mengen geteilt durch Ertrag pro ha					

1. Gesamtaufkommen bzw. Gesamtabatz in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

- Aktueller Stand: Die CHOREN Beta-Anlage in Freiberg soll ab Herbst 2007 jährlich ca. 15.000 Tonnen BtL produzieren. Diese Produktionsmenge wurde in unserer Studie auch für 2010 angenommen.

- Für 2020 liegt nach Meó et al., 2006, das BtL-Produktionspotenzial unter günstigsten wirtschaftlichen Bedingungen zwischen 59 bis 117 PJ/a. CHOREN strebt die Errichtung von Produktionskapazitäten von 1 Mio.t BtL/a (ca. 43,7 PJ) in den nächsten Jahren in Deutschland an, die erste Großproduktionsanlage soll bereits ab 2008 gebaut werden und ihre Produktion soll 2010 anlaufen. Dort soll vor allem regionale Biomasse in Form von Stroh und schnell wachsenden Hölzer von Agrarflächen eingesetzt werden, aber auch Importbiomasse soll gezielt zur Vergrößerung der Nutzung der Anlagenkapazität eingesetzt werden³³.

- Für 2030 gibt es derzeit keine Einschätzung der Potenziale für die Produktion oder den Absatz von BtL in Deutschland. Wir gehen in unserer Studie von den im Folgenden geschilderten Annahmen aus.

³³ CHOREN: Pressemitteilung vom 31.1.2007

Für BAU I nehmen wir die folgenden Werte für den gesamten Absatz von BtL in Deutschland an, wobei wir von 100% Produktion im Inland ausgehen:

- In 2010: ca. 0,7 PJ/a (entsprechend 15000 Tonnen);
- In 2020: 43,7 PJ/a (dies entspricht der von CHOREN angestrebten Produktionsmenge von ca. 1 Million Tonnen);
- In 2030: das 1,5fache der Produktionsmenge in 2020, somit ca. 65,6 PJ/a.

1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion

Wir gehen von 100% Produktion im Inland aus. Es ist derzeit nicht bekannt, welche Anteile der BtL Potenziale auf Anbaubiomasse auf LW-Flächen entfallen, grundsätzlich kommen hier vor allem schnell wachsende Hölzer, Ganzpflanzen, Miscanthus etc. in Frage. Wir gehen davon aus, dass die Hälfte des BtL Absatzes in Deutschland aus Anbaubiomasse erzeugt werden wird. Die andere Hälfte könnte aus landwirtschaftlichen Reststoffen oder lignozellulosem Material bereitgestellt werden³⁴. Dies wurde hier nicht weiter betrachtet.

1.1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland

Es ist weiterhin derzeit nicht bekannt, welche Anteile der BtL Potenziale auf Anbauflächen im Inland und welche auf Importen von Anbaubiomasse von LW-Flächen im Ausland beruhen werden. Sicher ist, dass die Importoption in den Planungen von CHOREN eine Rolle spielt. Die Standortwahl dürfte damit im Zusammenhang stehen, zurzeit ist Brunsbüttel klarer Favorit für die erste CHOREN Großproduktionsanlage, wohl auch weil gezielt Importbiomasse eingesetzt werden soll. Wir gehen davon aus, dass jeweils die Hälfte der Anbaubiomasse für die Produktion von BtL in Deutschland aus Anbau im Inland resp. im Ausland stammen wird.

1.1.2. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Ausland

Wie zuvor geschildert, gehen wir davon aus, dass die Hälfte der Anbaubiomasse für die Produktion von BtL in Deutschland aus Anbau im Ausland stammen wird.

1.2. Direktimporte

Diese werden hier nicht Betracht gezogen, derzeit ist nicht absehbar, dass außer in Deutschland größere Mengen BtL in anderen Ländern produziert werden könnten.

2. Hektarproduktivitäten

2.1. bei Anbau im Inland

Die Erträge für BtL aus Anbaubiomasse in 2004/2005 wurden nach FNR, 2006b, eingerechnet (135 GJ/ha). Die Erträge für 2006 bis 2030 wurden durch angenommene Ertragssteigerungen von 1% p.a. berechnet. Die FNR nimmt zwischen 2005 und 2015 im Schnitt 1,7% p.a. Ertragssteigerung an, dies könnte in einer Variante gegen gerechnet werden.

³⁴ Das gesamte Biomassepotenzial in Deutschland für energetische Nutzung wird auf ca. 260 PJ/a geschätzt (Meó et al., 2006; Wuppertal Institut et al., 2005). Davon entfällt ca. ein Drittel auf Anbaubiomasse (ca. 85 PJ), ca. 12% auf halmgutartige Rückstände (30 PJ), ca. 37% auf Exkrement und Einstreu (96 PJ), der Rest auf andere Rückstände und Abfälle aus Industrie und Kommunen. Dieses Potenzial wurde in 2006 zu etwa 18% für die Biogaserzeugung genutzt. Es verbleibt somit ein hohes Restpotenzial von ca. 213 PJ. Dieses kann zum einen die Biogaserzeugung bedienen, die laut Leitszenario 2006 (Nitsch, 2007) in 2030 maximal 81 PJ aus Nicht-Anbaubiomasse beanspruchen würde. Zum anderen bliebe Potenzial für andere Nutzungen wie für die BtL-Produktion, die insgesamt nach BAU maximal 44 PJ aus Nicht-Anbaubiomasse in 2030 erreichen würde.

2.2. bei Anbau im Ausland

Für den Energiepflanzenanbau im Ausland wurden dieselben Erträge wie für den Anbau in Deutschland zugrunde gelegt.

3. Globale Belegung landwirtschaftlicher Flächen

3.1. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Inland

Diese werden generell berechnet aus dem Aufkommen von BtL aus Anbau im Inland geteilt durch den Ertrag.

3.2. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Ausland

Diese werden generell berechnet aus dem Aufkommen von BtL aus Anbau im Ausland geteilt durch den Ertrag.

4. BAU II

Für BAU II nehmen wir die folgenden Werte für den gesamten Absatz von BtL in Deutschland an, wobei wir von 100% Produktion im Inland sowie 50% Anbaubiomasse ausgehen:

- In 2010: ca. 0,7 PJ/a wie in BAU I (entsprechend 15.000 Tonnen);
- In 2020: die 1,5fache Produktionsmenge für BAU I, somit ca. 65,6 PJ/a;
- In 2030: die 2-fache Produktionsmenge für BAU I in 2020, somit ca. 87,5 PJ/a bzw. ca. 2 Millionen Tonnen BtL in 2030.

5. Unsicherheiten und offene Punkte

- Derzeit ist nicht absehbar, in welchem Umfang die erwarteten Produktionskapazitäten für BtL wirklich realisiert werden können.
- Zudem ist derzeit nicht absehbar, welchen Flächenbedarf für Anbaubiomasse die zukünftige BtL Produktion in Deutschland zur Folge hätte. Darüber hinaus ist offen, ob und ggf. in welchem Umfang auch Fläche im Ausland beansprucht würde.

6. Varianten

Die Deutsche Energie Agentur, 2006, sieht das technische Potenzial von Energiepflanzen zur BtL Produktion z.B. zwischen 71 und 416 PJ/a und damit z.T. deutlich höher als in dieser Studie (maximal 87,5 PJ). Dabei müssten natürlich noch konkurrierende Nutzungen berücksichtigt werden. Und aus Kostengründen wäre diese Potenzialeinschätzung zu hinterfragen. Dies ist jedoch nicht Teil dieser Studie.

Unter den zuvor genannten Annahmen würde in 2010 etwa 4.860 Hektar heimische Landwirtschaftsfläche für den Absatz von BtL in Deutschland beansprucht. Dieser Flächenbedarf würde sich aufgrund der Steigerung der Nachfrage unter BAU I Bedingungen bis auf ca. 200.000 Hektar in 2030 erhöhen (Tabelle 26 und Abbildung 23). Davon würden in 2030 die Hälfte im Ausland belegt werden.

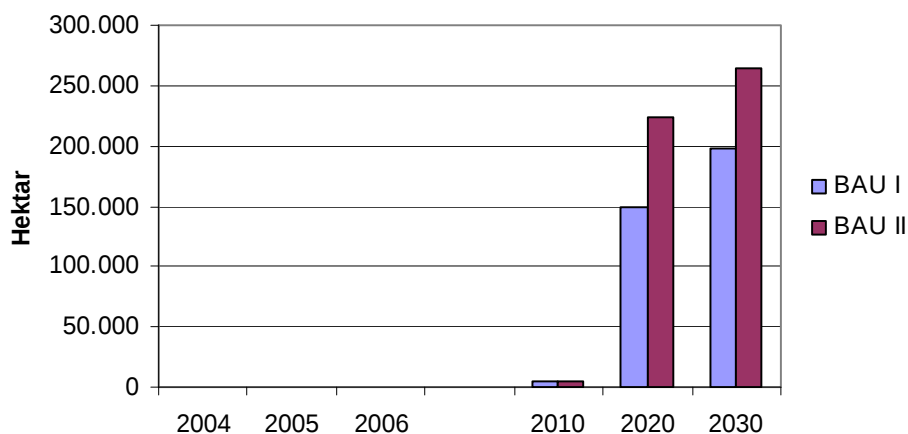
Aufgrund der verstärkten Steigerung der Nachfrage unter BAU II Bedingungen würde sich der globale Flächenbedarf für BtL auf ca. 264.000 Hektar in 2030 erhöhen und läge damit um ein Drittel über dem Flächenbedarf unter BAU I Bedingungen (Abbildung 23). Unter BAU II Bedingungen wäre in 2030 ebenfalls die Hälfte der Flächen im Ausland erforderlich.

Tabelle 26: Ableitung des globalen Flächenbedarfs für BtL unter BAU I Bedingungen.

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
1. Gesamtaufkommen im Inland:							
BtL	in PJ				0,7	43,7	65,6
BtL	in t				15.000	1.000.000	1.500.000
1.1. Gesamtaufkommen aus Anbaubiomasse:							
Insgesamt	in PJ				0,7	21,9	32,8
davon: aus inländischem Anbau	in PJ				0,7	10,9	16,4
davon: aus Anbau im Ausland	in PJ					10,9	16,4
2. Erträge für Anbaubiomasse							
im Inland	in GJ pro ha		135	135	135	146	166
im Ausland	in GJ pro ha		135	135	135	146	166
3. Globaler Flächenbedarf für BtL-Kraftstoff							
Insgesamt	in ha				4.860	149.533	198.170
darunter: Fläche im Inland	in ha				4.860	74.767	99.085
darunter: Fläche im Ausland	in ha					74.767	99.085

Quelle: CHOREN, 2007; FNR, 2006b, und eigene Berechnungen bzw. Annahmen.

Abbildung 23: Globale Flächenbelegung für den BtL-Absatz in Deutschland (in Hektar) – BAU I und BAU II.



Quelle: diese Studie.

2.3.5. Biogas als Kraftstoff

Status Quo (Stand Februar 2007) ist, dass seit Juni 2006 die erste öffentliche Biogastankstelle im niedersächsischen Wendland in Betrieb ist. Diese ist nicht an ein Ergasnetz angeschlossen. Bereits in den ersten Monaten nach Eröffnung sind 80 zusätzliche Biogasfahrzeuge in der Region verkauft worden, was auf eine hohe Akzeptanz von Biomethan als Kraftstoff hindeutet (WEGAS, 2006). Diese Form der Erdgasnetzunabhängigen Verwendung von Biogas als Kraftstoff ist durch regionale Gasqualitäten bedingt und wird daher nach Einschätzung von Experten³⁵ ein Sonderfall bleiben.

Dagegen kann in Zukunft von der Beimischung von Biogas zu Erdgas als Kraftstoff ein höheres Potenzial erwartet werden. Bis zum Jahr 2010 soll dem in Deutschland als Kraftstoff verwendeten Erdgas bis zu 10 Prozent Biomethan beigemischt werden. Dies

³⁵ Wuppertal Institut, FG 1, persönliche Mitteilung vom 8.3.2007.

sieht eine Selbstverpflichtung des Bundesverbandes der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) vor. Die Voraussetzung sei, dass die Steuerermäßigung für Erdgas als Kraftstoff und die Steuerbefreiung für Biomethan erhalten bleiben, so der BGW (Köpke, 2007).

In den kommenden zwei Jahren (bis 2009) wird die E.ON Ruhrgas AG weitere 150 Erdgastankstellen (aktuell gibt es etwa 750 Erdgastankstellen in Deutschland) an deutschen Autobahnen errichten, an denen mittelfristig auch Biomethan verfügbar sein wird. Zudem kooperiert die E.ON Ruhrgas AG mit deutschen Autoherstellern zur Entwicklung von Erdgasfahrzeugen.

Die weitere Nutzung von Biogas als Kraftstoff würde erleichtert, falls eine Einspeisung in Gasnetze erfolgt und das Biogas an Standorten mit einer hinreichend großen Frequenz an Fahrzeugen in einer Tankstelle entnommen wird (Neumann, 2007). Diese Nutzung konkurriert mit der Umwandlung von Biogas in BHKW in Strom und Wärme. Für die im Folgenden beschriebenen BAU-Szenarien wurde die Einschätzung von Experten für die zukünftigen Potenziale von Biogas als Kraftstoff zugrunde gelegt (Wuppertal Institut, FG 1, persönliche Mitteilungen vom 8. und 9.3.2007).

Herleitung der BAU-Szenarien: Biogas als Kraftstoff

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die Konstruktion dieses Nawarosegmentes gegeben, die ausführliche Herleitung schließt sich an.

1. Biogas als Kraftstoff

1.1. Rohstoffe: Energiepflanzen aus deutschem Anbau

1.2. Produkte: Biogas als Kraftstoff

1.3. Kraftstoffverbrauch

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	Basis: 0,5% Anteile von CNG am gesamten Kraftstoffverbrauch, davon 10% Anteile Biogas an CNG	Basis: 2% Anteile von CNG am gesamten Kraftstoffverbrauch, davon 10% Anteile Biogas an CNG	Basis: 4% Anteile von CNG am gesamten Kraftstoffverbrauch, davon 10% Anteile Biogas an CNG	wie BAU I	Basis: 3,5% Anteile von CNG am gesamten Kraftstoffverbrauch, davon 10% Anteile Biogas an CNG	Basis: 8% Anteile von CNG am gesamten Kraftstoffverbrauch, davon 10% Anteile Biogas an CNG
im Inland	Es wird davon ausgegangen, dass 10% der Gesamtmengen auf Anbaubiomasse (Energiepflanzen) im Inland entfallen.					
im Ausland	wird hier nicht in Betracht gezogen					
ha-Produktivitäten						
im Inland	Für Energiepflanzen (hier Silomais) wird eine 1,5%ige Steigerung p.a. für den gesamten Zeitraum bis 2030 angenommen.					
im Ausland	entfällt					
Flächen	Globaler Flächenbedarf entspricht hier der Anbaufläche im Inland					
im Inland	berechnet aus Mengen geteilt durch Ertrag pro ha					
im Ausland	entfällt					

1. Gesamtaufkommen bzw. Gesamtabsatz in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

- Status Quo (Stand Februar 2007) ist, dass seit Juni 2006 die erste öffentliche Biogastankstelle im niedersächsischen Wendland in Betrieb ist. Für diese direkte Verwendung von Biogas als Reinkraftstoff (100% Biomethan) im Wendland wird näherungsweise der bezifferte regionale Anbau von Mais und Getreide für die

Biogasaufbereitung als Kraftstoff auf insgesamt ca. 370 Hektar als Ausgangswert für 2006/2007 festgelegt (WEGAS, 2006). Auf dieser Fläche könnten insgesamt ca. 0,05 PJ Biogas als Kraftstoff erzeugt worden sein. Wir gehen davon aus, dass diese Form der Biogaskraftstoffversorgung ein Sonderfall bleiben wird, da eine Nutzung über das Erdgasnetz deutliche Vorteile bringen wird, und setzen die Menge von 0,05 PJ durchgehend bis 2030 für die beiden BAU-Szenarien ein.

- Wachstumspotenzial wird dagegen der Beimischung von Biogas zu Erdgas als Kraftstoff beigemessen. Bis 2010 soll dem in Deutschland als Kraftstoff verwendeten Erdgas bis zu 10 Prozent Biomethan beigemischt werden. Dies sieht eine Selbstverpflichtung des Bundesverbandes der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) vor. Nach Einschätzung von Experten wurden die zukünftigen Potenziale von Biogas als Kraftstoff wie folgt zugrunde gelegt (Wuppertal Institut, FG 1, persönliche Mitteilungen vom 8. und 9.3.2007):

- Anteile von CNG³⁶ am gesamten Kraftstoffbedarf in Deutschland: 0,5% (2010), 2% (2020), 4% (2030);

- je 10% Biogas Anteil in 2010, 2020, 2030.

Von der so ermittelten Menge an Biogas als Kraftstoff wurde angenommen, dass der Anteil von 10% Zumischung aus Anbaubiomasse von inländischen landwirtschaftlichen Flächen stammt (nach Angaben von Meó et al., 2006).

1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion

Wir gehen davon aus, dass 100% des Absatzes in Deutschland aus inländischer Produktion kommen.

1.1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland

Es wird weiter davon ausgegangen, dass 100% des Absatzes in Deutschland aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland kommen. In besonderen Fällen scheinen jedoch auch Importe von Rohstoffen zur Biogaserzeugung in Deutschland eine Rolle zu spielen, z.B. infolge Witterung bedingt schlechter Ernten in Grenzregionen (z.B. im Osten Deutschlands aktuell stattfindende Importe aus Polen). Dieser Umstand wurde aufgrund nicht vorliegender Zahlen nicht weiter betrachtet.

1.1.2. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Ausland

Diese Option wird hier nicht in Betracht gezogen.

1.2. Direktimporte

Diese Option wird hier nicht in Betracht gezogen.

2. Hektarproduktivitäten

2.1. bei Anbau im Inland

Die Erträge für Biogas aus Anbaubiomasse wurden nach Angaben des IFEU (persönliche Mitteilung) mit 156 GJ pro Hektar für Energiepflanzen angenommen. Für den Zeitraum 2006 bis 2030 wurden auf Basis einer eigenen Expertenbefragung (FAL) Ertragsteigerungen von 1,5% p.a. angenommen.

2.2. bei Anbau im Ausland

Diese Option wird hier nicht in Betracht gezogen.

3. Globale Belegung landwirtschaftlicher Flächen

3.1. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Inland

Diese werden generell berechnet aus dem Aufkommen von Biogas aus Anbau im Inland geteilt durch den Ertrag.

³⁶ CNG = Compressed Natural Gas

3.2. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Ausland

Diese Option wird hier nicht in Betracht gezogen.

4. BAU II

In BAU II werden für 2020 und 2030 höhere Anteile von Erdgas (CNG) am Kraftstoffverbrauch in Deutschland als in BAU I zugrunde gelegt (Wuppertal Institut, FG 1, persönliche Mitteilungen vom 8. und 9.3.2007):

- Anteile von CNG am gesamten Kraftstoffbedarf in Deutschland: 0,5% (2010), 3,5% (2020), 8% (2030).

Ansonsten beruht BAU II auf denselben Annahmen und Berechnungen wie BAU I.

5. Unsicherheiten und offene Punkte

Unklar ist, wie sich die Konkurrenz durch den fossilen Kraftstoff Flüssiggas auswirken wird. Der DVFG, 2005, erwartet hohe Wachstumspotenziale, z.B. 960.000 Autogas-Fahrzeuge bis 2020 (derzeit ca. 25.000 Fahrzeuge und ca. 650 öffentliche Tankstellen).

6. Varianten

Interessant wäre ein Alternativ-Szenario basierend auf einer politisch motivierten Biomethan-Kraftstoffstrategie mit höheren Anteilen, die auf Kosten von Biodiesel/Bioethanol die Flächenutzung optimiert.

Die aus den zuvor beschriebenen Grunddaten und Annahmen berechnete globale Flächenbelegung für den Absatz von Biogas als Kraftstoff in Deutschland wurde vollständig der Nutzung inländischer LW-Fläche zugeschrieben.

Unter den zuvor genannten Annahmen würde in 2010 etwa 660 Hektar heimische Landwirtschaftsfläche für den Absatz von Biogas als Kraftstoff in Deutschland beansprucht. Dieser Flächenbedarf würde sich aufgrund der Steigerung der Nachfrage unter BAU I Bedingungen bis auf ca. 3.356 Hektar in 2030 erhöhen (Tabelle 27 und Abbildung 24).

Tabelle 27: Ableitung des globalen Flächenbedarfs für Biogas als Kraftstoff unter BAU I Bedingungen.

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
1. Einsatz von Biogas als Kraftstoff im Inland							
Biogas als Kraftstoff	in PJ				1,1	3,9	7,4
1.1. darunter: Biogas aus Anbaubiomasse							
Biogas als Kraftstoff	in PJ				0,1	0,4	0,7
2. Erträge für Biogas aus Anbaubiomasse							
Biogas als Kraftstoff	in GJ pro ha		156	156	167	193	221
3. Globaler Flächenbedarf für Biogas als Kraftstoff							
Biogas als Kraftstoff	in ha				659	2.050	3.356
Insgesamt	in ha				659	2.050	3.356
darunter: Fläche im Inland	in ha				659	2.050	3.356
darunter: Fläche im Ausland	in ha				0	0	0

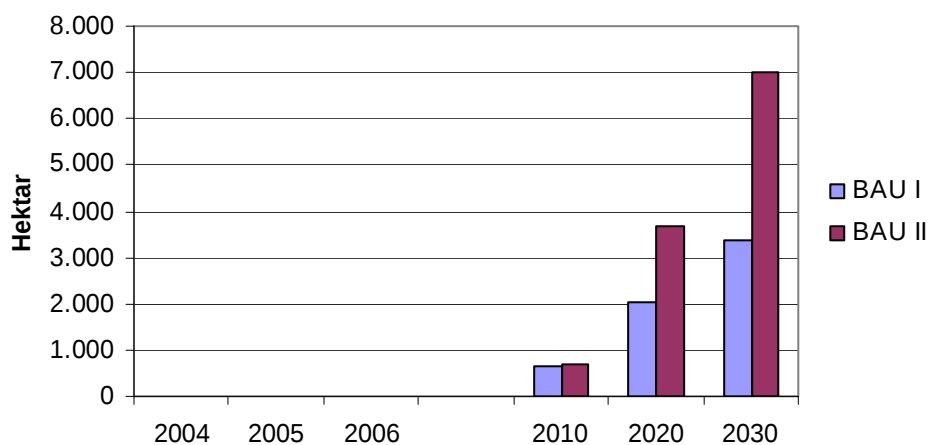
Quelle: FNR, 2006b und persönliche Mitteilung; WEGAS, 2006; Meó et al., 2006; Wuppertal Institut, FG 1, persönliche Mitteilungen; und eigene Berechnungen bzw. Annahmen.

Aufgrund der verstärkten Steigerung der Nachfrage unter BAU II Bedingungen würde sich der globale Flächenbedarf für Biogas als Kraftstoff auf ca. 7.000 Hektar in 2030 erhöhen und läge damit etwa um das zweifache über dem Flächenbedarf unter BAU I Bedingungen (Abbildung 24).

2.3.6. Bio-Wasserstoff

Bio-Wasserstoff befindet sich noch im Forschungsstadium, und wurde in dieser Studie nicht betrachtet. Aufgrund der niedrigen Transformationsrate von Solarenergie über Biomasse erscheint diese Technologie grundsätzlich wenig flächeneffizient. Wir stellen in Kapitel 3 einen Vergleich von Flächeneffizienz und Klimawirkung stellvertretend für die Nutzung von Biomasse für Biogas für Strom/Wärme gegenüber Strom von Photovoltaik-Freiflächenanlagen an.

Abbildung 24: Globale Flächenbelegung für Biogas als Kraftstoff in Deutschland (in Hektar) – BAU I und BAU II.



Quelle: diese Studie.

2.3.7. Biokraftstoffe insgesamt und im Kontext des gesamten Kraftstoffverbrauchs

Insgesamt wurden in 2006 ca. 2,81 Millionen Hektar weltweit für den Biokraftstoffabsatz in Deutschland beansprucht, davon mehr als die Hälfte, ca. 56%, im Ausland (Tabelle 28). In Deutschland selbst wurden somit in 2006 ca. 1,22 Million Hektar landwirtschaftliche Fläche für die Biokraftstoffproduktion belegt.

Gegenüber 2004 wurde in 2006 insgesamt 2,8mal mehr Fläche global für Biokraftstoffe belegt, der Anteil im Ausland beanspruchter Fläche stieg von 26% auf 56% deutlich an.

In 2010 würden unter BAU I Bedingungen 4 Mio. ha globale Flächenbelegung für den Biokraftstoffbedarf in Deutschland zu verzeichnen sein, davon 51% im Ausland. Unter BAU II Bedingungen würden sich 4,7 Mio. ha globale Flächenbelegung ergeben (58% im Ausland).

In 2020 würden unter BAU I Bedingungen 7,1 Mio. ha Flächenbelegung weltweit resultieren, davon 73% im Ausland. Unter BAU II Bedingungen würden sich 8,1 Mio. ha globale Flächenbelegung ergeben (74% im Ausland).

In 2030 würden unter BAU I Bedingungen 9,3 Mio. ha Flächenbelegung weltweit resultieren, davon 80% im Ausland. Unter BAU II Bedingungen würden sich 9,5 Mio. ha globale Flächenbelegung ergeben (77% im Ausland).

Damit würde Deutschland in 2030 für seinen Bedarf an Biokraftstoffen weltweit eine Fläche belegen, die nach BAU I gut drei Viertel (77%) des inländischen Ackerlandes entspräche, nach BAU II sogar 79%.

Tabelle 28: Globaler Flächenbedarf für Biokraftstoffe nach BAU I und II sowie Vergleich mit der inländischen Fläche für Ackerland und Dauerkulturen.

Globale Flächenbelegung							
		2004	2005	2006	2010	2020	2030
Biokraftstoffe nach BAU I							
Biodiesel	in ha	870.776	1.322.647	2.050.422	2.648.510	5.489.042	7.626.429
Pflanzenöl als Direktkraftstoff	in ha	95.540	144.046	521.924	710.836	791.244	838.715
Bioethanol	in ha	39.154	112.011	237.899	683.472	675.618	626.430
BtL	in ha	0	0	0	4.860	149.533	198.170
Biogas als Kraftstoff	in ha	0	0	0	659	2.050	3.356
Bio-Wasserstoff	in ha						
Insgesamt	in ha	1.005.470	1.578.704	2.810.246	4.048.337	7.107.488	9.293.099
darunter: Flächenanteile im Ausland		26%	31%	56%	51%	73%	80%
		2004	2005	2006	2010	2020	2030
Biokraftstoffe nach BAU II							
Biodiesel	in ha	870.776	1.322.647	2.050.422	3.164.454	5.642.501	6.912.077
Pflanzenöl als Direktkraftstoff	in ha	95.540	144.046	521.924	755.191	1.274.748	1.504.840
Bioethanol	in ha	39.154	112.011	237.899	816.061	916.257	857.573
BtL	in ha	0	0	0	4.860	224.300	264.226
Biogas als Kraftstoff	in ha	0	0	0	690	3.674	7.017
Bio-Wasserstoff	in ha						
Insgesamt	in ha	1.005.470	1.578.704	2.810.246	4.741.256	8.061.480	9.545.734
darunter: Flächenanteile im Ausland		26%	31%	56%	58%	74%	77%
zum Vergleich:							
LW-Nutzfläche in Deutschland	in ha	17.020.500	17.035.100	16.951.000	16.951.000	16.951.000	16.951.000
darunter: Ackerland und Dauerkulturen	in ha	12.107.100	12.106.200	12.069.300	12.069.300	12.069.300	12.069.300
Relation globale Biokraftstofffläche zu Ackerland und Dauerkulturen in Deutschland: BAU I		0,08	0,13	0,23	0,34	0,59	0,77
Relation globale Biokraftstofffläche zu Ackerland und Dauerkulturen in Deutschland: BAU II		0,08	0,13	0,23	0,39	0,67	0,79

Quelle: diese Studie.

Die folgenden Tabelle 29 und Tabelle 30 zeigen, welche Substitutionspotenziale von mineralischen Kraftstoffen durch Biokraftstoffe diesen globalen Flächenerfordernissen gegenüber stehen³⁷.

In 2006 wurden insgesamt 6,45% des gesamten Kraftstoffverbrauchs in Deutschland durch Biokraftstoffe gedeckt. Dies entspricht in etwa auch den offiziellen Angaben der Bundesregierung (6,6% nach BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, 2007). Zum größten Teil basiert dies auf dem Ersatz von Diesel durch Biodiesel und Pflanzenöl.

Bis 2010 würde unter BAU I Bedingungen der Anteil von Biokraftstoffen am Verbrauch aller Kraftstoffe³⁸ insgesamt 9,2% betragen, das EU-Ziel von 5,75% wäre damit deutlich

³⁷ Wobei hier der gesamte Biomasseanteil in die Berechnung eingeht, nicht nur die Anbaubiomasse für welche die zuvor genannten Flächen erforderlich wären. Dem restlichen Biomasseanteil ist jedoch kein Flächenbedarf zuzurechnen.

³⁸ Verbrauch von Diesel und Benzin nach der Referenzprognose von EWI/Prognos, 2005.

übertroffen. Unter BAU II Bedingungen würde mit 11% das nationale Ziel nach Kraftstoffquotenregelung von 6,75% ebenfalls deutlich übertroffen werden³⁹.

Bis 2020 wären unter BAU I Bedingungen insgesamt 14,6% aller Kraftstoffe Biokraftstoffe, das Mengenziel der EU von 10% in 2020 wäre danach übertroffen worden. Unter BAU II Bedingungen würden sogar knapp 20% Anteil von Biokraftstoffen am Gesamtverbrauch erreicht worden sein, und damit die aktuelle Zielsetzung der Bundesregierung von 17% sogar leicht übererfüllt.

Bis 2030 wären unter BAU I Bedingungen insgesamt 21% aller Kraftstoffe Biokraftstoffe, der Anteil läge bei 24% für Diesel⁴⁰ und bei 11% für Benzin. Unter BAU II Bedingungen würden insgesamt sogar 26% Anteil von Biokraftstoffen am Gesamtverbrauch erreicht worden sein, darunter 29% für Diesel und 18% für Benzin.

Insgesamt wäre somit bis 2030 maximal etwa ein Viertel (26%) des Kraftstoffbedarfs durch Biokraftstoffe ersetzt – gegenüber etwas mehr als 6% in 2006. Dies hätte einen um das ca. 3,4-fache höheren globalen Flächenbedarf in 2030 gegenüber 2006 zur Folge. Dieser würde zu etwa drei Vierteln im Ausland anfallen.

Tabelle 29: Biokraftstoffquoten nach BAU I.

	2004	2005	2006	2010	2020	2030	Bezug
Biokraftstoffanteile am Kraftstoffverbrauch im Inland aus BAU Szenarien I							
Insgesamt							
davon: Pflanzenöl	0,4%	0,6%	2,2%	2,5%	3,0%	3,5%	Diesel
davon: Biodiesel	3,7%	5,9%	8,4%	9,2%	11,2%	16,6%	Diesel
davon: BtL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,6%	3,8%	Diesel
davon: Bioethanol	0,2%	0,6%	1,3%	4,6%	8,5%	10,9%	Benzin
davon: Pflanzenöl	0,2%	0,3%	1,2%	1,6%	2,2%	2,7%	alle Kraftstoffe
davon: Biodiesel	2,0%	3,1%	4,7%	5,9%	8,2%	12,8%	alle Kraftstoffe
davon: BtL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%	2,9%	alle Kraftstoffe
davon: Bioethanol	0,1%	0,3%	0,6%	1,6%	2,2%	2,5%	alle Kraftstoffe
Anteile am Gesamt-Kraftstoffverbrauch							
Insgesamt	2,26%	3,75%	6,45%	9,20%	14,59%	20,92%	
davon: an Diesel	4,13%	6,50%	10,55%	11,67%	16,77%	23,85%	Summe
davon: an Benzin	0,20%	0,60%	1,30%	4,62%	8,46%	10,90%	

Quelle: diese Studie.

Tabelle 30: Biokraftstoffquoten nach BAU II.

	2004	2005	2006	2010	2020	2030	Bezug
Biokraftstoffanteile am Kraftstoffverbrauch im Inland aus BAU Szenarien II							
Insgesamt							
davon: Pflanzenöl	0,4%	0,6%	2,2%	2,6%	4,5%	5,9%	Diesel
davon: Biodiesel	3,7%	5,9%	8,4%	10,7%	13,7%	18,2%	Diesel
davon: BtL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,7%	4,7%	Diesel
davon: Bioethanol	0,2%	0,6%	1,3%	6,6%	13,8%	17,5%	Benzin
davon: Pflanzenöl	0,2%	0,3%	1,2%	1,7%	3,3%	4,5%	alle Kraftstoffe
davon: Biodiesel	2,0%	3,1%	4,7%	7,0%	10,1%	14,1%	alle Kraftstoffe
davon: BtL	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,7%	3,6%	alle Kraftstoffe
davon: Bioethanol	0,1%	0,3%	0,6%	2,3%	3,6%	4,0%	alle Kraftstoffe
Anteile am Gesamt-Kraftstoffverbrauch							
Insgesamt	2,26%	3,75%	6,45%	10,97%	19,78%	26,24%	
davon: an Diesel	4,13%	6,50%	10,55%	13,35%	21,89%	28,81%	
davon: an Benzin	0,20%	0,60%	1,30%	6,57%	13,84%	17,54%	

Quelle: diese Studie.

³⁹ Diese Entwicklung orientiert sich an den aktuellen Zielen der Bundesregierung zum Ausbau von Biokraftstoffen, wonach bis 2020 ein Biokraftstoff-Anteil von 20% nach Volumen oder 17% nach Energieinhalt am Kraftstoffverbrauch erreicht werden soll. Sie entspricht damit einer BAU Entwicklung. Aufgrund aktueller Einflüsse mag sich der Markt für Biokraftstoffe zeitweise anders entwickeln, er müsste jedoch bei Zielverfolgung mittelfristig in die vorgegebene Richtung tendieren.

⁴⁰ Darunter entfielen ca. 12,7% auf Biodiesel, ca. 3,7% auf BtL und ca. 3,9% auf Pflanzenöle.

2.3.8. Anbaubiomasse für elektrische Energie

Nachwachsende Rohstoffe zur Stromerzeugung⁴¹ in Deutschland waren in 2006 Biogas (38% der Endenergie), biogene feste Brennstoffe (51% der Endenergie) und biogene flüssige Brennstoffe (11% der Endenergie) (BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, 2007).

Von den eingangs genannten Nawaro werden im Folgenden zunächst Energiepflanzen zur Biogaserzeugung und flüssige Bioenergieträger wegen ihrer landwirtschaftlichen Flächenrelevanz und damit potenzieller Nutzungskonkurrenz weiter betrachtet. Darunter werden wiederum die Biomassen untersucht, welche einen primären Flächenbedarf aufweisen, diese sind konkret Pflanzenöle (Rapsöl und Palmöl) zur Stromerzeugung und Energiepflanzen zur Produktion von Biogas zur Stromerzeugung (Meó et al., 2006). Die Produktion von Biogas aus Abfall- und Reststoffen (z.B. Gülle) oder die potenzielle Nutzung von landwirtschaftlichen Erntenebenprodukten wie Stroh zur Verstromung sind zwar Bestandteile von Energieszenarien und wirken sich positiv im Hinblick auf die Einsparung fossiler Energie und die Minderung von Treibhausgasen aus⁴². Da sie als Nebenprodukte oder Abfälle/Reststoffe gelten, werden sie nicht als primär flächenrelevant angesehen und gehen selbst nicht in die Flächenberechnung ein. So wird zum Beispiel der reale Flächenbedarf zum Anbau von Getreide vollständig der Körnerernte zugerechnet während die Strohernte ohne Flächenzurechnung bleibt⁴³. Die Fläche für Getreideanbau stellt dennoch die Obergrenze für das mögliche Strohaufkommen dar.

Die energetische Nutzung von Holz für Strom/Wärme und potenziell auch für Kraftstoffe wird in Kapitel 2.2 behandelt.

Der Markt für flüssige Bioenergieträger zur Stromerzeugung war bis 2005 nur von untergeordneter Bedeutung und beruhte überwiegend auf der Verwendung von Rapsöl in kleinen Anlagen (bis ca. 100 kW). Erstmals in 2005 wurden geringe Mengen Palmöl von 1300 Tonnen in BHKW eingesetzt. Nach neuesten Zahlen für 2006 stieg der Palmöleinsatz zur Verstromung jedoch sprunghaft auf 331.000 Tonnen an (IE Leipzig,

⁴¹ Es wird hier nur die Stromerzeugung in Deutschland betrachtet. Stromimporte tragen einen zunehmenden Anteil zum Aufkommen in Deutschland bei, der 2004 bei 20% lag. Für den Zeitraum bis 2020 wird von einer Steigerung des Importanteiles auf 40% ausgegangen (Meó et al., 2006). Ein unbekannter Anteil der Stromimporte kann aus Anbaubiomasse erzeugt worden sein, für die eine entsprechende Anbaufläche im Ausland in Rechnung gestellt werden müsste. Dies kann aufgrund fehlender Daten hier nicht geleistet werden, es ergibt sich dadurch weiterer F+E-Bedarf.

⁴² Das gesamte Biomassepotenzial in Deutschland für energetische Nutzung wird auf ca. 260 PJ/a geschätzt (Wuppertal Institut et al., 2005; Meó et al., 2006). Davon entfällt ca. ein Drittel auf Anbaubiomasse (ca. 85 PJ), ca. 12% auf halmgutartige Rückstände (30 PJ), ca. 37% auf Exkremente und Einstreu (96 PJ), der Rest auf andere Rückstände und Abfälle aus Industrie und Kommunen. Dieses Potenzial wurde in 2006 zu etwa 18% für die Biogaserzeugung genutzt. Es verbleibt somit ein hohes Restpotenzial von ca. 213 PJ. Dieses kann zum einen die Biogaserzeugung bedienen, die laut Leitszenario 2006 (Nitsch, 2007) in 2030 maximal 81 PJ aus Nicht-Anbaubiomasse beanspruchen würde. Zum anderen bliebe Potenzial für andere Nutzungen wie für die BtL-Produktion, die insgesamt nach BAU (Wuppertal Institut et al., 2008) maximal 44 PJ aus Nicht-Anbaubiomasse in 2030 erreichen würde.

⁴³ Diese Vorgehensweise entspricht den üblichen Konventionen der Produktökobilanzierung. Dabei ist die Definition von Haupt- und Nebenprodukten sowie Abfällen/Rückständen entscheidend. Besteht wie bei der Ölsaaterzeugung ein ökonomisches Interesse sowohl an der Produktion von Pflanzenöl als auch an den dabei anfallenden Pressrückständen (zur Viehfütterung), so wird der Flächenbedarf bei mehreren Hauptprodukten gemäß den Gewichtsanteilen aufgeteilt (z.B. Ölsaaten werden auf die daraus hergestellten Öle und Ölkuchen aufgeteilt).

2007). Der Rapsöleinsatz in BHKW lag dagegen mit ca. 69.000 Tonnen in 2006 deutlich niedriger (IE Leipzig, 2007).

Allerdings ist der stationäre Einsatz von Palmöl mit hohen rechtlichen Unsicherheiten bezogen auf die Pflicht der Netzbetreiber zur Gewährung der EEG-Vergütung bzw. speziell des Nawaro-Bonus verbunden. Der vom Bundeskabinett am 05.12.07 beschlossene Entwurf zur Novellierung des EEG unterscheidet diesbezüglich explizit zwischen zulässigen (Positivliste) und unzulässigen (Negativliste) Biomassen. Palmöl und Sojaöl dürfen demnach nur dann den Bonus für nachwachsende Rohstoffe erhalten, „... sofern nachweislich die Anforderungen der Verordnung nach § 64 Abs. 2 Nr. 1 eingehalten sind ...“ (EEG-Entwurf, Anlage 2 III Positivliste Punkt 6). Dazu sind konkrete Anforderungen bezogen auf eine nachhaltige Bewirtschaftung land- und forstwirtschaftlicher Flächen, den Schutz natürlicher Lebensräume und eine bestimmte Treibhausgasminderung zu erfüllen und nachzuweisen. Analoge Anforderungen gelten seit der Verabschiedung der Nachhaltigkeitsverordnung generell auch für Bio-Kraftstoffe und deren Anrechenbarkeit auf die geltenden Quoten für die Beimischung gemäß Biokraftstoffquotengesetz.

Für den Einsatz von Palmöl zur Stromerzeugung in den BAU-Szenarien bedeutet dies, dass der bisherige Trend nicht linear fortgeschrieben wurde. Vielmehr flacht der gegenwärtige Trend in BAU I bereits bis 2010 deutlich ab und verläuft in der Folgezeit bis 2020 auf diesem Niveau. In BAU II wird eine abgeschwächte weitere Zunahme bis 2020 angenommen.

Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass auch eine produktspezifische Zertifizierung, wie sie im Entwurf der Nachhaltigkeitsverordnung vorgesehen ist, bestimmte Probleme nicht hinreichend lösen kann, da sie aller Voraussicht nach nicht geeignet ist, Landnutzungsänderungen durch Ausweitung der benötigten Anbauflächen und damit verbundene zusätzliche Umweltbelastungen zu vermeiden. Es besteht im Gegenteil Anlass zu der Vermutung, dass das Instrument der Zertifizierung durch die vorgebliche Absicht, einen wirksamen Klima- und Ressourcenschutz zu gewährleisten, die Nachfrage weiter ansteigen lässt und damit insbesondere im Hinblick auf die Folgen der Biodieselproduktion zur Verschlimmerung der Entwicklung beiträgt.

Für Rapsöl wird erwartet, dass dieses zukünftig verstärkt in Mini- und Klein-BHKW eingesetzt werden wird (Wuppertal Institut, FG 1, persönliche Mitteilung).

In 2004 wurden etwa 1,7 TWh an elektrischer Energie aus Biogas erzeugt. Von dem vorhandenen inländischen Biomassepotenzial von 260 PJ/a⁴⁴ (davon ca. 33% Nawaro – Wuppertal Institut et al., 2005) wurden etwa 15 PJ/a (6%) genutzt. Hiervon entfiel ein geschätzter Anteil von 1,5 PJ (10%) auf Nawaro aus Anbaubiomasse (Meó et al., 2006). Der größere Biomasseanteil zur Biogaserzeugung entfiel 2004 somit auf den Einsatz von Gülle und anderen Abfall- bzw. Reststoffen.

⁴⁴ Wuppertal Institut et al., 2005: von den 260 PJ/a sind: Ernterückstände und Exkremente 44%, industrielle Reststoffe 5%, kommunale Reststoffe 18%, Nawaro (auf 555.000 ha) 33%.

In 2005 wurde die inländische Anbaufläche für Energiegetreide, -gräser und -mais gegenüber 2004 um mehr als das Sechsfache ausgeweitet. Daraus ergibt sich ein Einsatz von ca. 9,3 PJ Energiepflanzen zur Biogaserzeugung in 2005. Nach Angaben des Fachverbandes Biogas wurden in 2006 bereits ca. 18 PJ bzw. ca. 5 TWh Strom aus Biogas produziert (Da Costa Gomez, 2007). Dies verdeutlicht die berichtete starke Marktentwicklung für Biogassubstrate aus Nawaro.

Die Teilstudie „Elektrische Energie“ des Instituts für Energetik und Umwelt in Leipzig im Rahmen der Studie „Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe“ (Meó et al., 2006) geht von starken Wachstumspotenzialen für den Einsatz von Biogassubstraten zur Stromerzeugung aus und beziffert diese mit 34 PJ/a bis 2010, und 63 PJ/a bis 2020.

Herleitung der BAU-Szenarien: Pflanzenöle und Biogas zur Stromerzeugung

Zunächst wird eine kurze Übersicht über die Konstruktion dieses Nawarosegmentes gegeben, die ausführliche Herleitung schließt sich an.

1. Biogas

1.1. Rohstoffe: Energiepflanzen aus deutschem Anbau

1.2. Produkte: Biogas zur Verstromung

1.3. Verwendung: Stromverbrauch

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	Stromerzeugung aus Biogas aus Energiepflanzen: 34 PJ/a in 2010 (IE Leipzig)	Stromerzeugung aus Biogas aus Energiepflanzen: 63 PJ/a in 2020 (IE Leipzig)	Stromerzeugung aus Biogas aus Energiepflanzen 2020 bis 2030: etwa 1,8% p.a. Wachstum seit 2020: 66 PJ/a in 2030	wie BAU I	wie BAU I	Stromerzeugung aus Biogas aus Energiepflanzen 2020 bis 2030: etwa 2% p.a. Wachstum seit 2020: 74 PJ/a in 2030
im Inland	Es wird davon ausgegangen, dass das Gesamtaufkommen auf Anbaubiomasse (Energiepflanzen) im Inland entfällt.					
im Ausland	wird hier nicht in Betracht gezogen					
ha-Produktivitäten						
im Inland	Für Energiepflanzen (im Mix zu etwa 80% Silomais) wird eine 1,5%ige Steigerung p.a. für den gesamten Zeitraum bis 2030 angenommen.					
im Ausland	entfällt					
Flächen	Globaler Flächenbedarf entspricht hier der Anbaufläche im Inland					
im Inland	berechnet aus Mengen geteilt durch Ertrag pro ha					
im Ausland	entfällt					

2. Pflanzenöle

2.1. Rohstoffe: Rapsöl aus inländischem Anbau; Palmöl aus Anbau im Ausland zur Verstromung in Deutschland

2.2. Produkte: Strom

2.3. Verwendung: Stromverbrauch

1. Gesamtaufkommen bzw. Gesamtabatz in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

1.a. Pflanzenöle:

Rapsöl:

- In 2004 wurden geschätzte 20.000 Tonnen Rapsöl in insgesamt 130 BHKW eingesetzt (Tabelle 31 und Abbildung 25).

- Das novellierte EEG führte in diesem Bereich zu einer Marktbelebung und in 2006 wurden bereits 35.000 Tonnen Rapsöl in BHKW verstromt (BMU, 2007).

- Für den Zeitraum bis 2030 werden nach Experteneinschätzung (Wuppertal Institut, FG 1, persönliche Mitteilung) für den Einsatz in allen Anlagen erwartet: in 2010 ca. 155.000 t Rapsöl, in 2020 ca. 213.000 Tonnen und in 2030 ca. 256.000 Tonnen.

Palmöl:

- Bereits in 2005 wurden geringe Mengen Palmöl in Höhe von ca. 1.300 Tonnen in BHKW eingesetzt (BMU, 2007).

- Nach neuesten Erkenntnissen wurden in 2007 bereits schätzungsweise 331.000 Tonnen Palmöl in BHKW verstromt (BMU, 2007).

- Für den Zeitraum bis 2030 werden nach Experteneinschätzung in einem restriktiven BAU I Szenario⁴⁵ (Wuppertal Institut, FG 1, persönliche Mitteilung) jeweils nur die Mengen an Palmöl zur Verstromung erwartet, die bereits für 2010 erwartet werden, das sind ca. 665.000 Tonnen in 2010, 2020 und 2030.

	BAU I			BAU II		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Mengen	Rapsöl zur Stromerzeugung: 155 kt; Palmöl zur Stromerzeugung: 665 kt	Rapsöl zur Stromerzeugung: 213 kt; Palmöl zur Stromerzeugung: wie 2010	Rapsöl zur Stromerzeugung: 256 kt; Palmöl zur Stromerzeugung: wie 2010	Rapsöl zur Stromerzeugung: wie BAU I; Palmöl zur Stromerzeugung: 689 kt	Rapsöl zur Stromerzeugung: wie BAU I; Palmöl zur Stromerzeugung: 948 kt	Rapsöl zur Stromerzeugung: wie BAU I; Palmöl zur Stromerzeugung: wie 2020
im Inland	Es wird davon ausgegangen, dass Rapsöl nur aus Anbau im Inland stammt.					
im Ausland	Es wird davon ausgegangen, dass Palmöl nur aus Anbau im Ausland stammt.					
ha-Produktivitäten						
im Inland	Für Raps wird eine 1,5%ige Steigerung p.a. für den gesamten Zeitraum bis 2030 angenommen.					
im Ausland	Es wird von gleichen Ertragssteigerungen p.a. wie für Raps ausgegangen.					
Flächen	Globaler Flächenbedarf entspricht hier der Summe von Anbaufläche im Inland und Flächenbedarf im Ausland für Importe					
im Inland	berechnet aus Mengen geteilt durch Ertrag pro ha					
im Ausland	berechnet aus Mengen geteilt durch Ertrag pro ha					

1.b. Biogas

- In 2004 wurden etwa 1,7 TWh an elektrischer Energie aus Biogas erzeugt. Von dem vorhandenen Biomassepotenzial von 260 PJ/a wurden damit etwa 15 PJ/a (6%) genutzt. Für 2006 waren dies etwa 47,5 PJ bzw. 18% (Nitsch, 2007). Hiervon entfällt ein geschätzter Anteil von ca. 10% auf Nawaro aus Anbaubiomasse (Meó et al., 2006). Der größere Biomasseanteil zur Biogaserzeugung entfällt somit auf den Einsatz von Gülle und anderen Abfall- bzw. Reststoffen.

Wir gehen in der vorliegenden Studie nach Meó et al., 2006, von 1,5 PJ Anbau von Nawaro mit dem primären Ziel der Biogaserzeugung für die Stromerzeugung in 2004 aus.

- Für 2005 gibt die FNR, 2006a, die inländische Anbaufläche für Energiegetreide, Energiegräser und Energiemais mit 166.815 Hektar an. Die Anbaufläche für diese Energiepflanzen wurde somit gegenüber 2004 um mehr als das sechsfache ausgeweitet. Legt man den gleichen mittleren Ertrag wie für 2004 (56 GJ pro ha) zugrunde, so ergibt sich ein Einsatz von ca. 9,3 PJ Nawaro zur Biogaserzeugung in 2005.

- In 2006 wurden Energiepflanzen zur Biogaserzeugung in Deutschland auf ca. 295.000 Hektar angebaut, was etwa 16 PJ oder. ca. 5 TWh entsprach.

⁴⁵ Unter restriktiven politischen Anforderungen, Bestandsschutz, aber keine neuen Importe aufgrund fehlender Zertifikate bzw. harter Anforderungen dafür ab 2010, öffentlicher Druck zugunsten Einsatz im Kraftstoffsektor.

- Die Teilstudie „Elektrische Energie“ des Institut für Energetik und Umwelt in Leipzig im Rahmen der Studie „Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe“ (Meó et al., 2006) geht von starken Wachstumspotenzialen für den Einsatz von Biogassubstraten zur Stromerzeugung aus und beziffert diese mit 34 PJ/a bis 2010 und 63 PJ/a bis 2020. Für den Zeitraum von 2020 bis 2030 gehen wir in der vorliegenden Studie von einem weiteren aber verlangsamten Wachstum von 1,8% p.a. aus (für den Zeitraum 2010 bis 2020 liegt das von Meó et al. erwartete mittlere jährliche Wachstum bei 6%), wonach in 2030 ein Einsatz von Nawaro für Biogas in Höhe von 66 PJ/a resultieren würde.

1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion

Wir gehen davon aus, dass

- das Rapsöl zur Stromerzeugung ausschließlich aus inländischer Produktion in Deutschland stammt;
- das Palmöl zur Stromerzeugung ausschließlich aus Direktimporten stammt;
- das Biogas zur Stromerzeugung ausschließlich aus inländischer Produktion in Deutschland stammt.

1.1.1. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Inland

Wir gehen davon aus, dass

- das Rapsöl zur Stromerzeugung ausschließlich aus inländischer Produktion in Deutschland aus Anbau im Inland stammt;
- das Biogas zur Stromerzeugung ausschließlich aus inländischer Produktion in Deutschland aus Anbau im Inland stammt.

1.1.2. Gesamtaufkommen aus inländischer Produktion aus Anbau im Ausland

Diese Option wird hier nicht in Betracht gezogen.

1.2. Direktimporte

Wir gehen davon aus, dass das Palmöl zur Stromerzeugung ausschließlich aus Direktimporten stammt.

2. Hektarproduktivitäten

2.1. Bei Anbau im Inland

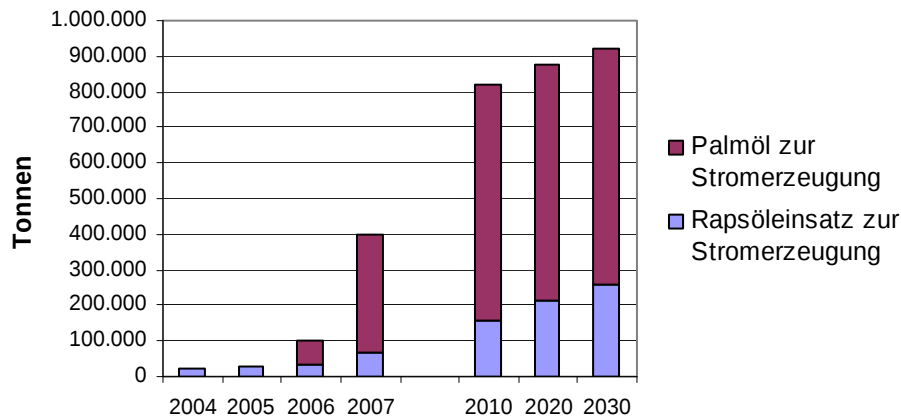
- Der spezifische Ertrag für Rapsöl liegt nach Angaben der FNR, 2006b, bei 1479 Liter pro Hektar, dies entspricht 1420 l Kraftstoffäquivalenten pro ha. Bei einer Dichte von 0,92 kg pro Liter ergibt sich ein Ertrag von 1,36 Tonnen Rapsöl pro Hektar in 2004/2005. Für den Zeitraum 2006 bis 2030 wurden auf Basis einer eigenen Expertenbefragung (UFOP) Ertragssteigerungen von 1,5% p.a. angenommen.

- Nach FNR, 2006a, betrug die Gesamtfläche für den inländischen Anbau von Energiegetreide, -gräser und -mais in 2.004 ca. 27.000 Hektar. Unter der Annahme, dass die gesamte Ernte von Energiegetreide, -gräser und -mais auf 27.000 Hektar in die Biogaserzeugung zur Stromgewinnung floss, und dass keine anderen Nawaro, weder aus ausländischem, noch aus inländischem Anbau, in die Biogaserzeugung gingen (dies wird auch von Meó et al. so dargestellt), ergibt sich ein Bruttoenergieertrag für Energiegetreide, -gräser und -mais zur Biogaserzeugung von ca. 56 GJ pro Hektar in 2004/2005. Für den Zeitraum von 2006 bis 2030 gehen wir von einer durchschnittlichen jährlichen Ertragssteigerung von 1,5% aus.

2.2. Bei Anbau im Ausland

Der Ertrag für Palmöl liegt bei ca. 3,5 Tonnen pro Hektar. Wir gehen wie für Raps von einer durchschnittlichen jährlichen Steigerung der Erträge von 1,5% für Palmöl aus.

Abbildung 25: Einsatz von Pflanzenölen (in Tonnen) in BHKW zur Stromerzeugung - BAU I.



Quelle: Meó et al., 2006; FNR, 2006b; BMU, 2007; und eigene Berechnungen bzw. Annahmen.

3. Globale Belegung landwirtschaftlicher Flächen

3.1. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Inland

- Für Rapsöl zur Stromerzeugung berechnet aus Aufkommen aus Anbau im Inland geteilt durch Ertrag.
- Für Biogas zur Stromerzeugung kann nach FNR, 2006a, von einer Gesamtfläche für den inländischen Anbau von Energiegetreide, -gräser und -mais von 27.000 Hektar in 2004 ausgegangen werden. Für 2005 gibt die FNR, 2006a, die inländische Anbaufläche für Energiegetreide, -gräser und -mais mit 166.815 Hektar an, die Anbaufläche für diese Energiepflanzen wurde somit gegenüber 2004 um mehr als das sechsfache ausgeweitet. In 2006 wurden Energiepflanzen bereits auf 295.000 Hektar angebaut. Für 2010, 2020 und 2030 wurde die Anbaufläche für Biogas zur Stromerzeugung berechnet aus Aufkommen aus Anbau im Inland geteilt durch Ertrag.

3.2. Belegung landwirtschaftlicher Flächen im Ausland

Für Palmöl zur Stromerzeugung berechnet aus Aufkommen aus Direktimporten geteilt durch Ertrag.

4. BAU II

4.a. Pflanzenöle

Die Annahmen im BAU II sind:

- Rapsöl: es besteht kein weiteres Wachstumspotenzial für Rapsöl aus inländischem Anbau zur Stromerzeugung. Damit wären die Annahmen und Ergebnisse dieselben wie in BAU I;
- Palmöl: für den Zeitraum bis 2030 werden nach Experteneinschätzung in einem weniger restriktiven BAU II Szenario⁴⁶ (Wuppertal Institut, FG 1, persönliche Mitteilung) die folgenden Mengen an Palmöl zur Verstromung erwartet: 690.000 Tonnen in 2010, 948.000 Tonnen in 2020 und in 2030.

4.b. Biogas

Im Vergleich zu BAU I gehen wir in BAU II davon aus, dass in 2030 ein etwas höheres Potenzial für die Biogaserzeugung aus Anbaubiomasse zur

⁴⁶ Bestandsschutz, plus moderate Entwicklung aufgrund Einführung von "laxen" Zertifikaten und Anforderungen hierfür.

Stromerzeugung erreicht werden könnte. Dieses Potenzial könnte bei ca. 74 PJ pro Jahr liegen (gegenüber ca. 66 PJ/a in BAU I; Wuppertal Institut, FG 1, persönliche Mitteilungen vom 8. und 9.3.2007).

5. Unsicherheiten und offene Punkte

- Die Fortsetzung des Trends zur Ausweitung des Einsatzes von Palmöl in BHKW kann derzeit schlecht eingeschätzt werden, und hängt vor allem vom Ergebnis der laufenden Überlegungen zu politischen Regelungen im Rahmen internationaler Abkommen und eines novellierten EEG ab.
- Zukünftige neue Anbausysteme für Energiepflanzen zur Biogaserzeugung können derzeit nicht als konkrete Potenziale in den BAU Szenarien gerechnet werden.

6. Varianten

- Eine Variante könnte der in Zukunft verstärkte Einsatz von Pflanzenölen aus unterschiedlichen Rohstoffen aus Anbau im Ausland in BHKW sein, vorbehaltlich der zuvor genannten Unsicherheiten.
- Zukünftige neue Anbausysteme für Energiepflanzen zur Biogaserzeugung könnten als Alternativen gerechnet werden.

Flüssige Bioenergieträger zur Stromerzeugung – BAU I

Unter der Annahme, dass in 2004 hier hauptsächlich von Rapsöl aus inländischem Anbau auszugehen sei⁴⁷, wurden in 2004 ca. 15.000 Hektar beansprucht. In 2005 wurden ebenfalls ganz überwiegend Rapsöl neben geringen Mengen Palmöl eingesetzt und insgesamt ca. 20.000 Hektar Landwirtschaftsfläche beansprucht. In 2006 wurden bereits erhebliche Mengen Palmöl in BHKW verstromt und dafür ca. 19.000 ha im Ausland benötigt, zusätzlich ca. 26.000 ha für Rapsöl im Inland, insgesamt also ca. 45.000 Hektar (Tabelle 31). Dieser Flächenbedarf würde sich auf ca. 266.000 Hektar in 2030 erhöhen, davon etwa je zur Hälfte für Rapsöl im Inland und für Palmöl im Ausland.

Tabelle 31: Globaler Flächenbedarf für Pflanzenöl zur Stromerzeugung in BHKW - BAU I.

		2004	2005	2006	2010	2020	2030
1. Stationärer Einsatz von Pflanzenölen zur Stromerzeugung							
1.1.1. Rapsöleinsatz zur Stromerzeugung	in t	19.961	26.930	35.104	154.872	212.919	255.808
1.1.2. Palmöl zur Stromerzeugung	in t		1.300	67.298	664.909	664.909	664.909
1.2.1. Rapsölerträge im Inland:							
Rapsöl	in t pro ha	1,36	1,36	1,36	1,46	1,68	1,93
1.2.2. Palmölerträge:							
Palmöl	in t pro ha	3,50	3,50	3,50	3,76	4,33	4,98
1.3. Globaler Flächenbedarf für pflanzliche Öle zur Stromerzeugung	in ha	14.677	20.173	45.040	282.652	280.309	265.929
davon: für Rapsöl im Inland	in ha	14.677	19.801	25.812	105.932	126.640	132.304
davon: für Palmöl im Ausland	in ha	0	372	19.228	176.720	153.670	133.626

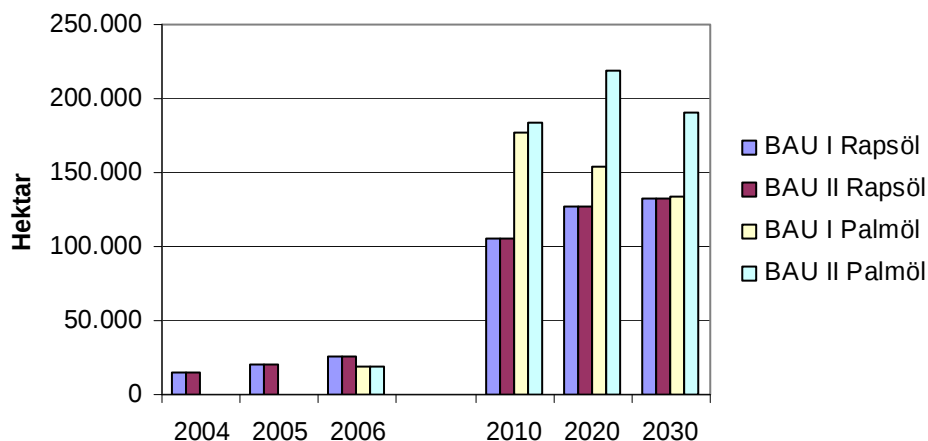
Quelle: Meó et al., 2006; FNR, 2006b; BMU, 2007; und eigene Berechnungen bzw. Annahmen.

Flüssige Bioenergieträger zur Stromerzeugung – BAU II

Unter BAU II Bedingungen würden für Rapsöl zur Stromerzeugung dieselben Flächenbedarfe wie bei BAU I vorliegen. Für Palmöl würde sich dagegen unter BAU II Bedingungen für 2030 mit 191.000 Hektar ein 1,4mal so großer Flächenbedarf ergeben wie bei BAU I (Abbildung 26).

⁴⁷ Die Zuordnung auf inländische Flächen erfolgt hier willkürlich, da die verfügbaren Angaben eine Aufteilung der differenzierten Verwendung nach Herkunft nicht zulassen.

Abbildung 26: Globaler Flächenbedarf für Pflanzenöl zur Stromerzeugung - BAU I und BAU II.



Quelle: Meó et al., 2006; FNR, 2006b; BMU, 2007; und eigene Berechnungen bzw. Annahmen.

Biogas aus Nawaro zur Stromerzeugung – BAU I

Die zuvor geschilderten Daten und Annahmen in BAU I führen zu einem gesamten (globalen) Flächenbedarf für Nawaro zur Biogaserzeugung für die Verstromung in 2010 von ca. 0,57 Millionen Hektar (Tabelle 32). Für 2020 würden sich danach ca. 0,92 Millionen Hektar ergeben, für 2030 ca. 0,84 Millionen Hektar. Dieser Flächenbedarf wird aus Kostengründen auch in Zukunft aller Voraussicht nach nahezu vollständig auf inländischen LW-Flächen beruhen (Meó et al., 2006). Wir nehmen hier vereinfachend an, dass der globale Flächenbedarf für Nawaro zur Biogaserzeugung über den gesamten Zeitraum bis 2030 ausschließlich inländische Flächen betrifft.

Tabelle 32: Globaler Flächenbedarf für Biogas aus Nawaro-Anbau zur Stromerzeugung – BAU I.

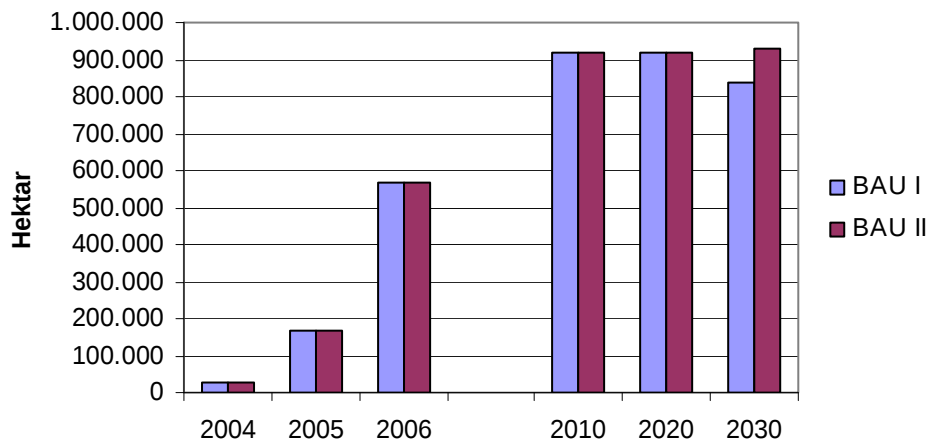
		2004	2005	2006	2010	2020	2030
2. Biogas aus Nawaro zur Stromerzeugung:							
2.1. Nawaro zur Stromerzeugung	in PJ	1,5	9,3	16,4	34	63	66
2.2. Nawaro Erträge im Inland (hier: Energiegetreide, -gräser und-mais):							
Energiegetreide, -gräser und-mais (rückgerechnet)	in GJ Brutto pro ha	56	56	56	60	69	79
2.3. Globaler Flächenbedarf für Nawaro für Biogas zur Stromerzeugung	in ha	27.000	166.815	295.000	569.302	917.290	838.915
davon: im Inland als Fläche für Energiegetreide, -gräser und-mais	in ha	27.000	166.815	295.000	569.302	917.290	838.915
davon: im Ausland	in ha						

Quelle: Meó et al., 2006; FNR, 2006b; und eigene Berechnungen bzw. Annahmen.

Biogas aus Nawaro zur Stromerzeugung – BAU II

Bei 74 PJ Biogaserzeugung aus Nawaro in 2030 würden, unter Zugrundelegung des heutigen Mix von Energiepflanzen und unter der Annahme von moderaten Ertragsteigerungen bis 2030 von 1,5% p.a., in 2030 etwa 0,93 Millionen Hektar in Deutschland für den Energiepflanzenanbau benötigt (Abbildung 27; 0,84 Millionen Hektar bei BAU I).

Abbildung 27: Globale Flächenbelegung für Biogas zur Stromerzeugung in Deutschland (in Hektar) – BAU I und BAU II.



Quelle: Meó et al., 2006; FNR, 2006b; und eigene Berechnungen bzw. Annahmen.

2.4. Globaler Agrar-Flächenbedarf Deutschlands für nachwachsende Rohstoffe

2.4.1. Globaler Brutto-Produktions-Agrarflächenbedarf für Nawaro

Insgesamt beanspruchte Deutschland in 2006 weltweit ca. 3,9 Millionen Hektar landwirtschaftliche Fläche (LF) für seinen Bedarf an nachwachsenden Rohstoffen, 20% davon für die stoffliche Nutzung, 80% für die energetische Nutzung (Tabelle 33). Insgesamt war der Flächenbedarf gegenüber 2004 um mehr als das Doppelte (2,2fach) gestiegen.

Bis 2030 würde sich der globale Flächenbedarf unter BAU I Bedingungen auf ca. 11,6 Mio. ha erhöhen, also um das 3-fache gegenüber 2006, davon ca. 10% für die stoffliche Nutzung, deren absoluter Flächenumfang gegenüber 2006 etwas mehr als die Hälfte ansteigen würde.

Verglichen mit der im Inland verfügbaren landwirtschaftlichen Nutzfläche von ca. 17 Millionen Hektar entspricht die globale Flächenbeanspruchung durch nachwachsende Rohstoffe in 2006 etwa 23% derselben. Bezogen auf die Fläche für Ackerland und Dauerkulturen entsprach die globale Flächenbelegung für Nawaro in 2005 ca. 32% derselben. Real wurden in 2006 im Inland etwa 16% der Ackerfläche, also 1,8 Millionen Hektar für den Anbau von Nawaro belegt. Wäre also der gesamte globale Flächenbedarf Deutschlands für Nawaro in 2006 im Inland angefallen, so wäre etwa doppelt soviel Fläche hierfür erforderlich gewesen, als tatsächlich genutzt wurde.

Bis 2030 entspräche unter BAU I Bedingungen die globale Flächenbelegung durch den Bedarf an Nawaro in Deutschland sogar fast der gesamten (96%) dann im Inland verfügbaren Fläche für Ackerland und Dauerkulturen. Real würden in 2030 im Inland bereits 27% der Ackerflächen für den Anbau von Nawaro beansprucht.

Tabelle 33: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – Brutto-Produktionsfläche; BAU I Szenario.

Globale Flächenbelegung		2004	2005	2006	2010	2020	2030
Biokraftstoffe							
Biodiesel	in ha	870.776	1.322.647	2.050.422	2.648.510	5.489.042	7.626.429
Pflanzenöl als Direktkraftstoff	in ha	95.540	144.046	521.924	710.836	791.244	838.715
Bioethanol	in ha	39.154	112.011	237.899	683.472	675.618	626.430
BtL	in ha	0	0	0	4.860	149.533	198.170
Biogas als Kraftstoff	in ha	0	0	0	659	2.050	3.356
Bio-Wasserstoff	in ha						
Insgesamt	in ha	1.005.470	1.578.704	2.810.246	4.048.337	7.107.488	9.293.099
Strom/Wärme/KWK							
Pflanzenöle zur Verstromung	in ha	14.677	20.173	45.040	282.652	280.309	265.929
Biogas zur Verstromung	in ha	27.000	166.815	295.000	569.302	917.290	838.915
Insgesamt	in ha	41.677	186.988	340.040	851.954	1.197.599	1.104.845
Öle und Fette stoffliche Nutzung							
Pflanzliche Öle und Fette stofflich	in ha	449.793	457.291	468.880	491.633	544.219	575.456
Schmier- und Hilfsstoffe (Nawaro)	in ha	5.882	6.176	6.421	7.333	10.387	14.712
Insgesamt	in ha	455.675	463.468	475.301	498.966	554.606	590.168
Stärke und Zucker stoffliche Nutzung							
Stärke stofflich	in ha	187.872	213.311	214.015	217.462	206.185	195.654
Zucker stofflich	in ha	24.389	30.614	33.283	45.864	64.964	92.017
Insgesamt	in ha	212.262	243.925	247.298	263.327	271.148	287.671
Naturfasern stoffliche Nutzung							
Flachs und Hanf	in ha	21.651	24.528	27.405	38.913	91.768	224.910
Andere Naturfasern	in ha						
Insgesamt	in ha	21.651	24.528	27.405	38.913	91.768	224.910
Arznei- und Färbepflanzen stoffliche Nutzung							
Arzneipflanzen	in ha	12.202	16.640	17.877	22.824	54.032	88.012
Färbepflanzen	in ha	40	40	41	46	59	76
Insgesamt	in ha	12.242	16.680	17.918	22.870	54.091	88.088
Insgesamt: alle Nawaro	in ha	1.748.978	2.514.292	3.918.207	5.724.367	9.276.702	11.588.781
darunter: energetische Nutzung	in ha	1.047.148	1.765.692	3.150.285	4.900.292	8.305.088	10.397.944
darunter: stoffliche Nutzung	in ha	701.830	748.600	767.922	824.076	971.614	1.190.837
darunter: stoffliche Nutzung in % von Gesamt	%	40%	30%	20%	14%	10%	10%

Quelle: diese Studie.

Die Ermittlung der Importflächen als Teil des globalen Flächenbedarfs Deutschlands wurde zuvor in den einzelnen Nawarosegmenten jeweils beschrieben. Prinzipiell kommen die folgenden Unterscheidungskriterien zum Tragen:

- Der Rohstoff kann (in signifikantem Umfang) nur im Ausland angebaut werden: z.B. Palmöl, Soja, Zuckerrohr;
- der Rohstoff wird bekanntermaßen im Inland angebaut, da gibt es jedoch aufgrund des Umfangs der gesamten Verwendung nicht genügend Fläche, und der Mehrbedarf muss folglich im Ausland gedeckt werden: z.B. Raps;
- der Rohstoff wird bekanntermaßen (fast) nur aus inländischem Anbau genutzt: z.B. Weizen, Kartoffeln, Mais zur stofflichen Nutzung; Anbaubiomasse für Biogas.

Bei den Importanteilen am globalen Flächenbedarf unter BAU I Bedingungen lagen Nawaro zur stofflichen Nutzung und Nawaro für energetische Nutzung etwa gleich auf (Tabelle 34). Insgesamt würde deren Bedarf in 2030 zu 72% auf Flächen im Ausland beruhen.

Tabelle 34: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – Importanteile an Brutto-Produktionsfläche – BAU I.

Importquote für Verbrauch in Deutschland		2004	2005	2006	2010	2020	2030
Biokraftstoffe							
Biodiesel	in ha	26%	33%	73%	78%	91%	94%
Pflanzenöl als Direktkraftstoff	in ha	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Bioethanol	in ha	100%	39%	39%	0%	10%	15%
BtL	in ha				0%	50%	50%
Biogas als Kraftstoff	in ha				0%	0%	0%
Bio-Wasserstoff	in ha						
Insgesamt	in ha	26%	31%	56%	51%	73%	80%
Strom/Wärme/KWK							
Pflanzenöle zur Verstromung	in ha	0%	2%	43%	63%	55%	50%
Biogas zur Verstromung	in ha	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Insgesamt	in ha	0%	0%	6%	21%	13%	12%
Öle und Fette stoffliche Nutzung							
Pflanzliche Öle und Fette stofflich	in ha	75%	75%	75%	75%	76%	76%
Schmier- und Hilfsstoffe (Nawaro)	in ha	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Insgesamt	in ha	74%	74%	74%	74%	74%	74%
Stärke und Zucker stoffliche Nutzung							
Stärke stofflich	in ha	33%	40%	39%	35%	24%	12%
Zucker stofflich	in ha	71%	41%	45%	57%	66%	74%
Insgesamt	in ha	38%	40%	40%	39%	34%	32%
Naturfasern stoffliche Nutzung							
Flachs und Hanf	in ha	93%	93%	93%	91%	86%	78%
Andere Naturfasern	in ha						
Insgesamt	in ha	93%	93%	93%	91%	86%	78%
Arznei- und Färbepflanzen stoffliche Nutzung							
Arzneipflanzen	in ha	63%	39%	40%	42%	64%	71%
Färbepflanzen	in ha	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Insgesamt	in ha	63%	39%	39%	42%	64%	71%
Insgesamt: alle Nawaro	in ha	41%	38%	53%	48%	64%	72%
darunter: energetische Nutzung	in ha	25%	28%	51%	46%	64%	72%
darunter: stoffliche Nutzung	in ha	64%	63%	63%	63%	64%	64%

Quelle: diese Studie.

Unter BAU II Bedingungen würden in 2030 weltweit ca. 12,1 Millionen Hektar landwirtschaftlicher Fläche beansprucht (Abbildung 28), davon ca. 70% im Ausland. Gegenüber BAU I läge der globale Flächenbedarf nach BAU II um ca. 5% höher.

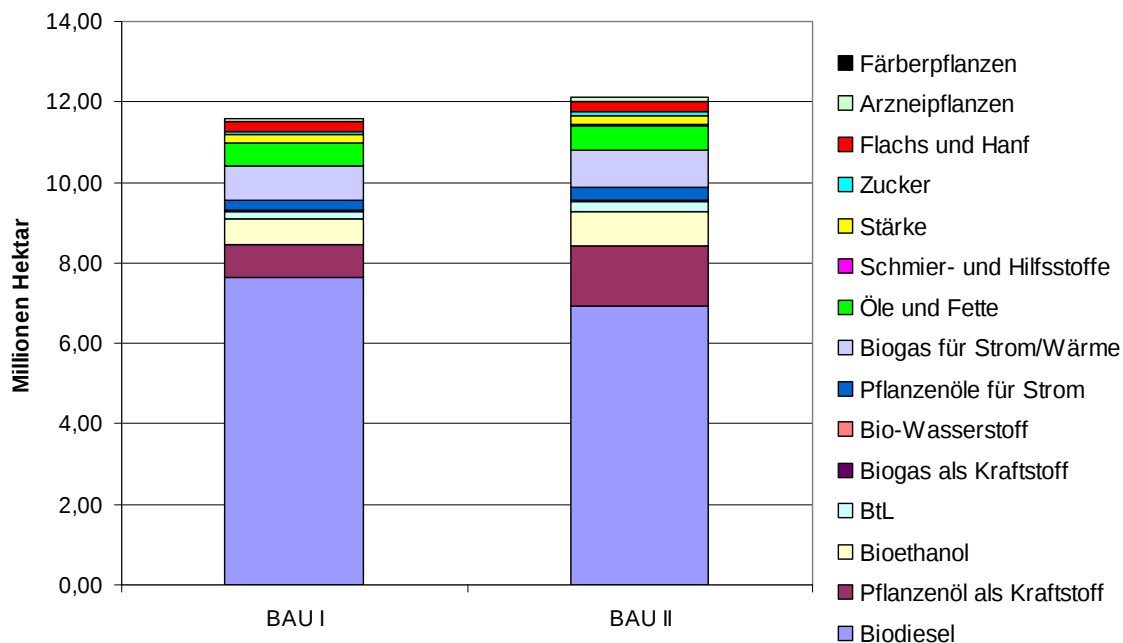
2.4.2. Sensitivitätsanalyse zu den erwarteten Hektarertragssteigerungen

Wie zuvor in den einzelnen BAU Szenarienelementen beschrieben, wurden auf Basis einer eigenen Expertenbefragung Ertragsteigerungen auf den Anbauflächen für den Zeitraum 2010 bis 2030 angenommen. Diese Annahmen führen per se dazu, dass der Flächenbedarf in geringerem Umfang steigt als die Verwendung der Nawaro. Um diesen Effekt quantitativ darzustellen, wurde die globale Flächenbelegung für Nawaro in einer Variante durchgehend ohne Ertragssteigerungen berechnet.

Unter der Annahme, dass die Erträge für Nawaro im Zeitraum bis 2030 nicht ansteigen würden, läge der globale Flächenbedarf in BAU I, sowie in BAU II um 140% höher (Tabelle 35). Die von uns verwendeten Werte zu den Hektarproduktivitätssteigerungen basieren auf einer eigenen Expertenbefragung und liegen niedriger als in vorigen Studien (z.B. Fritsche et al., 2004) deren Ergebnis zur künftigen Flächenverfügbarkeit infolge Ertragssteigerungen daher als zu günstig anzusehen ist. Da frühere optimistischere Annahmen zu Ertragssteigerungen auf der Fläche wiederum maßgeblich als Grundlagen

der gegenwärtigen Förderpraxis herangezogen wurden, ist eine erneute Prüfung zukünftiger Flächenpotenziale für den Energiepflanzenanbau geboten.

Abbildung 28: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe in 2030 – BAU I und BAU II (Brutto-Produktionsfläche)



Quelle: diese Studie.

Tabelle 35: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – mit und ohne (kE) Ertragssteigerungen – BAU I und Bau II (Brutto-Produktionsfläche).

Globale Flächenbelegung				
in 2030				
	BAU I	BAU II	BAU I kE	BAU II kE
Globale Flächenbelegung in Millionen Hektar	11,59	12,12	16,19	16,92
BAU = 100	100	100	140	140

kE: keine Ertragssteigerung bei globaler Flächenberechnung angenommen

Quelle: diese Studie.

2.4.3. Gesamteffekt der BAU-Varianten

Es wurden wie zuvor beschrieben drei Varianten der BAU-Szenarien gerechnet: ein erhöhter Anteil von Biopolymeren aus Weizenstärke, Importe von Biodiesel vollständig auf Sojabasis, und Zucker für die stoffliche Nutzung aus Zuckerrohr statt aus Zuckerrüben. Die zuletzt genannte Variante war ohne nennenswerte Auswirkung und wurde daher nicht weiter dargestellt.

Der Gesamteffekt aller drei Varianten auf die globale Flächenbelegung in 2030 wäre bei BAU I ein ca. 1,4-fach erhöhter globaler Flächenbedarf, bei BAU II sogar ein fast 1,7-fach erhöhter Bedarf globaler LW-Fläche (Tabelle 36). Der Importflächenanteil wäre ebenfalls

um 6% bzw. 14% erhöht. Der Anteil energetischer Nawaro an der globalen Fläche wäre aufgrund des starken Beitrags der Biopolymere kaum verändert.

Tabelle 36: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – Gesamteffekt der 3 BAU-Varianten (Brutto-Produktionsfläche).

Globale Flächenbelegung				
in 2030				
	BAU I	BAU II	BAU I Var.	BAU II Var.
Globale Flächenbelegung in Millionen Hektar	11,59	12,12	16,06	20,30
Importanteil an globaler Flächenbelegung	72%	69%	76%	79%
Anteil energetischer Nawaro an globaler Flächenbelegung	90%	89%	89%	91%
	BAU I	BAU II	BAU I Var.	BAU II Var.
Globale Flächenbelegung in Millionen Hektar	100	100	139	167
Importanteil an globaler Flächenbelegung	100	100	106	114
Anteil energetischer Nawaro an globaler Flächenbelegung	100	100	99	102

Quelle: diese Studie.

2.4.4. Brutto-Produktionsfläche versus Netto-Konsumfläche

In dieser Studie wurden zwei Berechnungsverfahren für den globalen Flächenbedarf angewandt:

- 1.) Die Zurechnung der gesamten Anbaufläche des landwirtschaftlichen Rohstoffs zur Nutzung als Nawaro, unabhängig von weiteren Nutzungen verschiedener Haupt- und Nebenprodukte. Dies beschreibt die **Brutto-Produktionsfläche** die real erforderlich ist, um den **Nawaro** mit der jeweiligen Menge zu erhalten;
- 2.) Die Zurechnung einer anteiligen Anbaufläche des landwirtschaftlichen Rohstoffs zur Nutzung als Nawaro, in Abhängigkeit von weiteren Nutzungen verschiedener Haupt- und Nebenprodukte. Dies beschreibt die **Netto-Konsumfläche für agrarische Waren** die anteilmäßig erforderlich ist, um den Nawaro mit der jeweiligen Menge zu erhalten.

Methode 2 wurde für die Darstellung des globalen Flächenbedarfs für den gesamten inländischen Verbrauch von Biomasse nach der Methode Bringezu/Steger, 2005, gerechnet. D.h. zum Beispiel dass der spezifische Flächenbedarf für Raps aufgeteilt wird nach den relativen Mengenanteilen für Öl und Ölkuchen (da Pressrückstände i.d.R. in die Verfütterung gehen und damit nicht der Ölverwendung zuzurechnen sind). Biodiesel aus Rapsöl hat damit einen deutlich geringeren spez. Flächenbedarf als wenn man die Fläche nach Methode 1 nur auf die Gewinnung von Öl bzw. Biodiesel zurechnet.

Tabelle 37 zeigt, dass der globale Netto-Flächenbedarf für den Konsum von Nawaro in 2004 nur etwa die Hälfte der Brutto-Produktionsfläche ausmachte, was auf den hohen Anteil von Ölsaaten zurückzuführen ist, deren Beitrag zur Tierfütterung hier abgezogen wurde und der Verbrauchskategorie „tierisch basierte Ernährung“ zugeschrieben wurde. Bis 2030 würde nach BAU-Szenarien bei absolut steigendem globalen Flächenbedarf der globale Netto-Konsum-Flächenbedarf relativ zur Bruttoproduktionsfläche in etwa gleich bleiben, d.h. ca. die Hälfte von 12 Millionen Hektar ausmachen.

Tabelle 37: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – Brutto-Produktionsfläche gegen Netto-Konsumfläche.

Globale Flächenbelegung						
Millionen Hektar						
	2004	2005	2006	2010	2020	2030
Brutto-Produktionsfläche						
BAU I	1,75	2,51	3,92	5,72	9,28	11,59
BAU II	1,75	2,51	3,93	6,50	10,39	12,12
Netto-Konsumfläche						
BAU I	0,89	1,34	2,06	3,24	5,01	6,00
BAU II	0,89	1,34	2,07	3,65	5,67	6,49
Netto-Konsumfläche in % von Brutto-Produktionsfläche						
BAU I	50,7%	53,5%	52,6%	56,6%	54,0%	51,7%
BAU II	50,7%	53,5%	52,7%	56,1%	54,6%	53,6%

Quelle: diese Studie.

Die detaillierten Daten für den globalen Netto-Konsum-Flächenbedarf Deutschlands für Nawaro zeigt Tabelle 38:

Tabelle 38: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe – Netto-Konsum-Fläche – BAU I.

Globale Flächenbelegung			2004	2005	2006	2010	2020	2030
BAU I								
Biokraftstoffe								
Biodiesel	in ha		348.310	529.059	820.169	1.059.404	2.195.617	3.050.572
Pflanzenöl als Direktkraftstoff	in ha		38.216	57.618	208.770	284.335	316.498	335.486
Bioethanol	in ha		39.154	112.011	237.899	683.472	675.618	626.430
BtL	in ha		0	0	0	4.860	149.533	198.170
Biogas als Kraftstoff	in ha		0	0	0	659	2.050	3.356
Bio-Wasserstoff	in ha							
Insgesamt	in ha		425.681	698.688	1.266.838	2.032.730	3.339.316	4.214.013
Strom/Wärme/KWK								
Pflanzenöle zur Verstromung	in ha		5.871	8.069	18.016	113.061	112.124	106.372
Biogas zur Verstromung	in ha		27.000	166.815	295.000	569.302	917.290	838.915
Insgesamt	in ha		32.871	174.884	313.016	682.363	1.029.414	945.287
Öle und Fette stoffliche Nutzung								
Pflanzliche Öle und Fette stofflich	in ha		179.917	182.917	187.552	196.653	217.688	230.183
Schmier- und Hilfsstoffe (Nawaro)	in ha		2.353	2.471	2.569	2.933	4.155	5.885
Insgesamt	in ha		182.270	185.387	190.120	199.587	221.842	236.067
Stärke und Zucker stoffliche Nutzung								
Stärke stofflich	in ha		187.872	213.311	214.015	217.462	206.185	195.654
Zucker stofflich	in ha		24.389	30.614	33.283	45.864	64.964	92.017
Insgesamt	in ha		212.262	243.925	247.298	263.327	271.148	287.671
Naturfasern stoffliche Nutzung								
Flachs und Hanf	in ha		21.651	24.528	27.405	38.913	91.768	224.910
Andere Naturfasern	in ha							
Insgesamt	in ha		21.651	24.528	27.405	38.913	91.768	224.910
Arznei- und Farberpflanzen stoffliche Nutzung								
Arzneipflanzen	in ha		12.202	16.640	17.877	22.824	54.032	88.012
Farberpflanzen	in ha		40	40	41	46	59	76
Insgesamt	in ha		12.242	16.680	17.918	22.870	54.091	88.088
Insgesamt: alle Nawaro	in ha		886.977	1.344.092	2.062.595	3.239.789	5.007.581	5.996.036
darunter: energetische Nutzung	in ha		458.552	873.572	1.579.854	2.715.093	4.368.730	5.159.300
darunter: stoffliche Nutzung	in ha		428.425	470.520	482.741	524.696	638.850	836.736
darunter: stoffliche Nutzung in % von Gesamt	%		48%	35%	23%	16%	13%	14%

Quelle: diese Studie.

In Kapitel 2.6 wird darüber hinaus dargestellt, welcher Flächenbedarf sich infolge der Importe aller agrarischen Waren nach Deutschland im Ausland ergibt. Somit werden zu Nawaro auch pflanzliche und tierische Nahrungsmittel einbezogen. Dieser Flächenbedarf wird gegen gerechnet mit dem Flächenbedarf der für Exporte landwirtschaftlicher Waren aus Deutschland erforderlich war. Darauf aufbauend wird in Kapitel 2.7 der gesamte

globale Flächenbedarf für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren in Deutschland dargestellt.

2.5. Flächennutzung im Inland

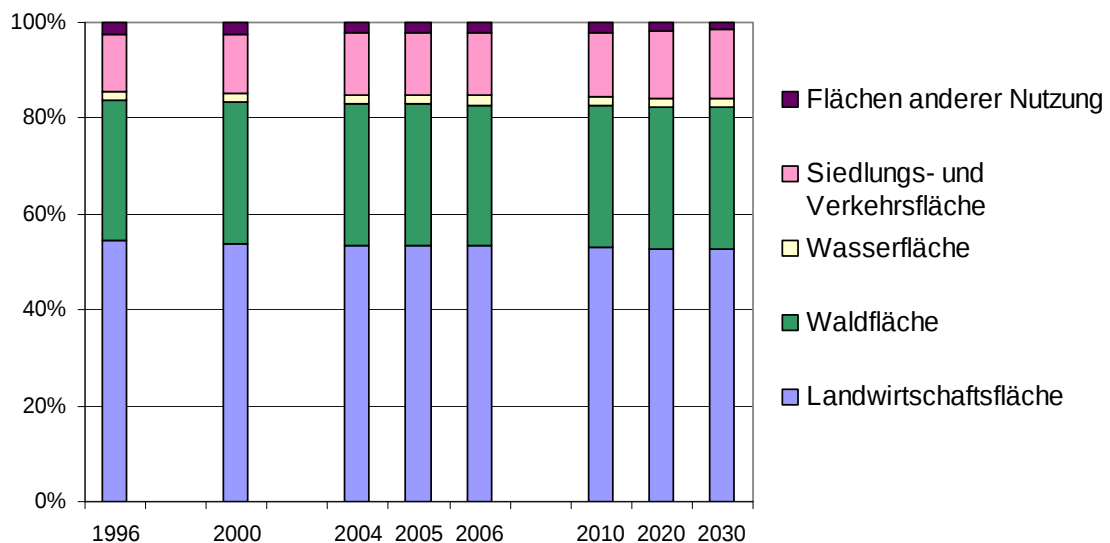
2.5.1. BAU Szenarien und Alternativszenario für Agrar-Flächen

BAU Szenario I

Die gesamte Bodenfläche Deutschlands beträgt ca. 357.000 km². Davon sind aktuell (2006) etwa die Hälfte (53%) Flächen für die Landwirtschaft, ca. 30% sind Flächen für die Forstwirtschaft und 12,8% sind Siedlungs- und Verkehrsflächen, der Rest entfällt auf Abbauland, Wasserflächen und Flächen anderer Nutzung⁴⁸ (Tabelle 39 und Abbildung 29).

Von 1996 bis 2006 ist die LW-Fläche um etwa 2% zurückgegangen, ist die Waldfläche um 0,9% gestiegen, und hat die Siedlungs- und Verkehrsfläche um 10,5% zugelegt. Etwa 4,7% der LW-Nutzfläche wurden in 2005 ökologisch bewirtschaftet, etwa 2% waren es in 1996. Rund 4.200 km² ökologisch bewirtschaftete Fläche entfielen 2005 auf Ackerland und Dauerkulturen, ca. 3.800 km² auf Wiesen und Weiden.

Abbildung 29: Flächennutzung in Deutschland 1996 bis 2030 – BAU I Szenario.



Quelle: Destatis, 2004, 2007; diese Studie für 2010 bis 2030.

Bei der inländischen Flächennutzung sind zwei Trends von besonderer Bedeutung. Erstens, die Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsflächen (SuV-Flächen). Diese nehmen kontinuierlich zu, im Schnitt mit ca. 114 Hektar pro Tag⁴⁹. Im Zeitraum 2000 bis

⁴⁸ Quelle: Statistisches Bundesamt (2004): Fachserie 3, Reihe 5.2, Stichtag 31.12.2004.

⁴⁹ Wie das Statistische Bundesamt mitteilt, hat die Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland in den Jahren 2002 bis 2005 insgesamt um 1.670 km² oder 114 ha/Tag zugenommen. Dies geht aus den Ergebnissen der Flächenerhebung 2005 hervor. Gegenüber dem Vierjahresdurchschnittswert von 2001 bis 2004 von 115 ha/Tag hat sich die Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke damit nur unwesentlich verlangsamt. Betrachtet man die Ergebnisse der jährlichen Erhebungen der Siedlungs- und

2005 verlief diese Zunahme auf Kosten einer Abnahme der Flächen für die Landwirtschaft und der Flächen anderer Nutzung. Dabei erfolgte in erster Linie eine Abnahme der nicht landwirtschaftlich genutzten Fläche für die Landwirtschaft, während die landwirtschaftliche Nutzfläche insgesamt von 2000 bis 2005 nur geringfügig um ca. 0,2% abnahm, wobei sich von Jahr zu Jahr Abnahmen und Zunahmen abwechselten. Wir gehen in BAU von der optimistischen Annahme aus, dass die landwirtschaftliche Nutzfläche zukünftig konstant auf dem Niveau von 2006 gehalten werden kann, während eine weitere Zunahme der SuV-Flächen weiter zu Lasten der nicht landwirtschaftlich genutzten Fläche für die Landwirtschaft und der Flächen anderer Nutzungen geht. Der Trend der Zunahme der SuV-Flächen ist nach neueren Daten praktisch ungebrochen. Ein Ziel der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie ist die Reduzierung des Zuwachses an SuV-Fläche auf 30 ha pro Tag bis 2020. Wir haben dieses Ziel im BAU I Szenario zugrunde gelegt und eine lineare Zielerreichung bis 2020 unterstellt. Von 2020 bis 2030 haben wir zudem eine weitere (linear verlaufende) Reduzierung auf 20 ha pro Tag angenommen.

Unter den genannten Bedingungen nimmt die SuV-Fläche in Deutschland nach BAU auf ca. 49.929 km² in 2020 - zulasten der nicht genutzten Landwirtschaftsfläche und Flächen anderer Nutzung - zu. Dies entspricht recht gut Annahmen des UBA (I.1.6., persönliche Mitteilung) von 50.400 km² in 2030 bzw. ca. 14% der Bodenfläche Deutschlands⁵⁰.

Der zweite, inzwischen weniger bedeutende Trend, betrifft die Ausweitung der extensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen. Das Ziel für den Ökolandbau wurde in der alten Koalitionsvereinbarung verankert und mit dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau unterstützt. Ziel der alten rotgrünen Bundesregierung (bis 2005) war, den ökologischen Landbau von 3,2% der LW-Nutzfläche in 2000 auf 20% in 2010 auszudehnen. Dieses Ziel ist nach Einschätzung von Experten⁵¹ nicht mehr zu erreichen. Wir gehen für das BAU I Szenario davon aus, dass der lineare Trend von 2002 bis 2005 der Zunahme der Ökolandbauflächen bis 2030 fortgesetzt wird. Würde diese Entwicklung so eintreten, dann würden in 2030 ca. 10,1% der LW-Nutzfläche ökologisch bewirtschaftet werden (gegenüber 4,7% in 2005).

Verkehrsfläche im Zeitraum 2002 bis 2005, so wechseln sich hier Rückgang und Anstieg der Flächeninanspruchnahme ab. Da auf ein einzelnes Jahr bezogene Aussagen jedoch häufig durch externe Effekte - in erster Linie sind hier Umstellungen im amtlichen Liegenschaftskataster zu nennen - beeinflusst sind, spiegeln die vorgenannten vierjährigen Durchschnittszahlen den langfristigen Trend besser wider (Destatis online 2007).

Die 114 ha pro Tag beziehen sich auf die nominale Zunahme. Die reale Zunahme liegt niedriger, z.B. im Zeitraum 2001 bis 2004 in einer Größenordnung von nur 105 ha pro Tag gegenüber nominal 115 ha pro Tag, denn ein Teil des Siedlungsflächenzuwachses ist in den neuen Bundesländern darin begründet, dass Flächen von stillgelegten Truppenübungsplätzen nicht, wie sonst üblich, als Waldflächen umgebucht wurden, sondern teilweise als Erholungsflächen. Diese Flächen zählen somit zur Siedlungs- und Verkehrsfläche, obwohl sie meist nicht intensiv genutzt werden.

⁵⁰ Das UBA geht dabei in einem worst case von einer Verminderung der Zunahme der Fläche für Wohnen von 35 ha/Tag in 2001-2004 auf 17,8 ha/Tag in 2017-2020 aus. Die Annahmen sind somit andere als in dieser Studie, die von einem generellen Rückgang der Zunahme von SuV-Flächen ausgeht, das Ergebnis ist jedoch vergleichbar.

⁵¹ UBA persönliche Mitteilung vom 17.11.2006.

Die Grundannahmen für die Entwicklungen der wichtigsten Flächennutzungsarten in Deutschland bis 2030 im BAU Szenario I sind:

Flächen für die Landwirtschaft insgesamt	Diese wird als Restmenge von der gesamten Bodenfläche und Fläche für alle anderen Nutzungen berechnet und nimmt von 2004 (aktuellste statistische Daten) bis 2030 um ca. 1,6% ab. Diese bleibt von 2006 bis 2030 konstant.
Darunter: Landwirtschaftlich genutzte Fläche insgesamt	
darunter: Ackerland und Dauerkulturen: Ökolandbau	Dieser Anteil steigt, wobei der lineare Trend zwischen 2002 und 2005 zugrunde gelegt und bis 2030 extrapoliert wird. Wird im BAU Szenario nicht in Betracht gezogen.
darunter: Ackerland und Dauerkulturen: ökologische Kompensationsfläche	
darunter: Wiesen und Weiden: Ökolandbau	Dieser Anteil steigt, wobei der lineare Trend zwischen 2002 und 2005 zugrunde gelegt und bis 2030 extrapoliert wird.
Darunter: nicht landwirtschaftlich genutzte Landwirtschaftsfläche	Dies ist der eine Flächenanteil, der vor allem aufgrund der Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsflächen abnimmt.
Waldfläche	Diese bleibt von 2005 bis 2030 konstant
Wasserfläche	Für 2005 bis 2030 wird die gleiche Veränderung p.a. wie zwischen 2000 und 2004 p.a. angelegt
Flächen anderer Nutzung	Für 2005 bis 2030 wird die gleiche Veränderung p.a. wie zwischen 1996 und 2000 p.a. angelegt. Dies ist der andere Flächenanteil, der vor allem aufgrund der Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsflächen abnimmt.
Siedlungs- und Verkehrsfläche	Von 2005 bis 2020 wird eine Reduzierung der Zunahme auf 30 ha Zunahme pro Tag angelegt; bis 2030 dann eine Reduzierung der Zunahme auf 20 ha Zunahme pro Tag; jeweils linear verlaufend

Den Verlauf der wichtigsten Flächennutzungskategorien nach BAU I Szenario zeigt Abbildung 29. Bis 2030 würden die genutzten Flächen für Land- und Forstwirtschaft in etwa auf dem Stand von 2005/2006 verbleiben. Der Anstieg der SuV-Fläche würde im Zeitverlauf geringer ausfallen.

BAU Szenario II

Gegenüber BAU I wird bei BAU II angenommen, dass die Entwicklung der Flächen für den ökologischen Landbau von 2006 bis 2030 so voranschreitet, wie es dem linearen Trend der Zunahme zwischen 1996 und 2001 entspräche. Gegenüber BAU I wäre die Fläche für den Ökolandbau bei BAU II in 2030 etwa um ein Drittel erhöht (Tabelle 40). Würde diese Entwicklung so eintreten, dann würden in 2030 ca. 13,1% der LW-Nutzfläche ökologisch bewirtschaftet werden (gegenüber ca. 10,1% bei BAU I und 4,7% in 2005).

Tabelle 39: Entwicklung der Flächennutzung in Deutschland bis 2030 – BAU I Szenario.

		1996	2000	2004	2005	2006	2010	2020	2030
Inland:									
Bodenfläche insgesamt	km ²	356.904	357.023	357.058	357.058	357.058	357.058	357.058	357.058
Gebäude- und Freifläche	km ²	21.937	23.081	23.938	24.047	24.260	25.000	26.073	26.540
Betriebsfläche	km ²	2.514	2.528	2.518	2.588	2.586	2.576	2.551	2.526
darunter: Abbauland	km ²	1.894	1.796	1.764	1.813	1.804	1.770	1.710	1.670
Erholungsfläche	km ²	2.374	2.659	3.131	3.338	3.368	3.470	3.619	3.684
Verkehrsfläche	km ²	16.786	17.118	17.446	17.538	17.693	18.233	19.015	19.356
Landwirtschaftsfläche	km ²	194.394	192.490	191.124	190.720	190.400	189.326	188.094	187.994
Landwirtschaftlich genutzte Fläche insgesamt	km ²	173.360	170.680	170.205	170.351	169.510	169.510	169.510	169.510
darunter: Ackerland und Dauerkulturen	km ²	120.620	120.200	121.071	121.062	120.693	120.693	120.693	120.693
darunter: Ackerland und Dauerkulturen: Ökolandbau	km ²	1.858	2.865	4.029	4.236	4.392	5.107	6.896	8.685
darunter: Ackerland und Dauerkulturen: ökologische Kompensationsfläche	km ²								
darunter: Dauerkulturen	km ²	2.300	2.160	2.084	2.029	2.032			
darunter: Stilllegungsflächen/Brache (ohne Nawaro)	km ²				7.938	7.390			
darunter: Wiesen und Weiden	km ²	52.740	50.480	49.134	49.289	48.817	48.817	48.817	48.817
darunter: Wiesen und Weiden: Ökolandbau	km ²	1.684	2.596	3.650	3.838	3.988	4.723	6.562	8.401
Nicht landwirtschaftlich genutzte LW-Fläche insgesamt	km ²	21.034	21.810	20.919	20.369	20.890	19.816	18.584	18.484
Waldfläche	km ²	104.468	105.017	105.398	105.398	105.398	105.398	105.398	105.398
Wasserfläche	km ²	6.548	6.653	6.758	6.785	6.811	6.917	7.181	7.444
Flächen anderer Nutzung	km ²	7.882	7.478	6.744	6.643	6.542	6.138	5.127	4.116
darunter: Friedhof	km ²	335	350	352	353	356	367	383	390
nachrichtlich: Siedlungs- und Verkehrsfläche	km ²	42.052	43.940	45.621	46.050	46.458	47.876	49.929	50.823
Betriebsfläche ohne Abbauland	km ²	620	732	754	775	782	806	840	855
Ökolandbau in % der Landwirtschaftlich genutzten Fläche insgesamt		2,0%	3,2%	4,5%	4,7%	4,9%	5,8%	7,9%	10,1%

Quelle: diese Studie nach DESTATIS.

Alternativszenario für Agrar-Flächen

Im Vergleich zu den BAU-Szenarien wurde hier angenommen, dass wesentlich höhere Anteile des ökologischen Landbaus erreicht werden können. Diese Annahmen basieren auf Annahmen im EEA Report No.7, 2006. Danach würden in 2010 der Anteil vom Ökolandbau an der LW-Nutzfläche 12.4% erreicht haben, in 2020 22.4% und in 2030 30.0%. Gegenüber dem BAU Szenario I wäre die Fläche für den Ökolandbau beim Alternativszenario in 2030 etwa um das Dreifache erhöht (Tabelle 40).

Zudem wird im Alternativszenario ab 2007, basierend auf Annahmen des EEA Report No.7, 2006, ein Anteil von ökologischer Kompensationsfläche an der (intensiv bewirtschafteten) Fläche für Ackerland und Dauerkulturen angenommen. Dieser Anteil stiege, in 2007 beginnend, linear bis auf 1% in 2010, 2% in 2020 und 3% in 2030 an. Die ökologische Kompensationsfläche würde in 2030 ca. 3.621 km² umfassen und damit einer Fläche von etwa 7% des Ökolandbaus in 2030 entsprechen.

Tabelle 40: Entwicklung der Flächennutzung für den Ökolandbau und für ökologische Kompensationsflächen in Deutschland bis 2030 – Szenarienvergleich.

km ²								
	1996	2000	2004	2005	2006	2010	2020	2030
BAU I								
Ackerland und Dauerkulturen: Ökolandbau	1.858	2.865	4.029	4.236	4.392	5.107	6.896	8.685
Wiesen und Weiden: Ökolandbau	1.684	2.596	3.650	3.838	3.988	4.723	6.562	8.401
Insgesamt: Ökolandbau	3.542	5.460	7.679	8.074	8.379	9.831	13.458	17.086
Ackerland und Dauerkulturen: ökologische Kompensationsfläche	0	0	0	0	0	0	0	0
BAU II								
Ackerland und Dauerkulturen: Ökolandbau	1.858	2.865	4.029	4.236	4.616	5.773	8.665	11.557
Wiesen und Weiden: Ökolandbau	1.684	2.596	3.650	3.838	4.138	5.225	7.940	10.655
Insgesamt: Ökolandbau	3.542	5.460	7.679	8.074	8.755	10.998	16.605	22.212
Ackerland und Dauerkulturen: ökologische Kompensationsfläche	0	0	0	0	0	0	0	0
Alternativ								
Ackerland und Dauerkulturen: Ökolandbau	1.858	2.865	4.029	4.236	6.971	11.093	20.004	26.731
Wiesen und Weiden: Ökolandbau	1.684	2.596	3.650	3.838	5.038	9.985	18.006	24.061
Insgesamt: Ökolandbau	3.542	5.460	7.679	8.074	12.009	21.079	38.010	50.792
Ackerland und Dauerkulturen: ökologische Kompensationsfläche	0	0	0	0	0	1.207	2.414	3.621
BAU I = 100								
	1996	2000	2004	2005	2006	2010	2020	2030
BAU I								
Ackerland und Dauerkulturen: Ökolandbau	100	100	100	100	100	100	100	100
Wiesen und Weiden: Ökolandbau	100	100	100	100	100	100	100	100
Insgesamt: Ökolandbau	100	100	100	100	100	100	100	100
Ackerland und Dauerkulturen: ökologische Kompensationsfläche								
BAU II								
Ackerland und Dauerkulturen: Ökolandbau	100	100	100	100	105	113	126	133
Wiesen und Weiden: Ökolandbau	100	100	100	100	104	111	121	127
Insgesamt: Ökolandbau	100	100	100	100	104	112	123	130
Ackerland und Dauerkulturen: ökologische Kompensationsfläche								
Alternativ								
Ackerland und Dauerkulturen: Ökolandbau	100	100	100	100	159	217	290	308
Wiesen und Weiden: Ökolandbau	100	100	100	100	126	211	274	286
Insgesamt: Ökolandbau	100	100	100	100	143	214	282	297
Ackerland und Dauerkulturen: ökologische Kompensationsfläche								

Quelle: diese Studie nach DESTATIS und EEA, 2006.

Landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland

Zwischen 2001 und 2006 hat sich die landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland insgesamt nur wenig verändert (minus 0,5%). Wir gehen in den BAU Szenarien davon aus, dass die für 2006 berichtete LW-Nutzfläche von ca. 16,95 Millionen Hektar über

den gesamten betrachteten Zeitraum bis 2030 zur Verfügung stehen wird (Abbildung 30). Wir gehen weiter unter BAU Bedingungen davon aus, dass auch Grünland bis 2030 auf dem Stand von 2006 (ca. 4,9 Millionen Hektar) verfügbar sein wird (unabhängig von seiner Nutzung).

Somit würde auch Land für Ackerbau und Dauerkulturen über den gesamten Zeitraum bis 2030 insgesamt in gleichem Umfang genutzt werden können.

Was sich aber infolge der in den BAU-Szenarien prognostizierten Entwicklungen ändern wird, ist das Ausmaß des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen auf Ackerland und Dauerkulturen⁵². Diese machten in 2006 insgesamt 1,83 Millionen Hektar oder ca. 15% des Ackerlandes aus. Unter BAU I Bedingungen würden nachwachsende Rohstoffe bis 2030 im Inland insgesamt 3,3 Millionen Hektar Brutto-Produktionsfläche oder ca. 27% des Ackerlandes belegen. Die treibende Kraft hinter dieser Entwicklung wäre der Anbau von Biomasse zur energetischen Nutzung, der in 2030 etwa 81% der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe beanspruchen würde (gegenüber 89% in 2006).

Die nach den einzelnen Segmenten bestimmte Inlandsfläche für den Anbau von Nawaro deckt sich insgesamt in etwa mit der Größenordnung der durch Ertragssteigerung freigesetzten Fläche. Es verbleibt jedoch ein gewisser Rest. So könnten bei einer 1% p.a. Steigerung der Hektarproduktivität, und unter den zuvor genannten Bedingungen, in 2030 ca. 0,46 bis 0,83 Millionen Hektar Ackerland auf nicht für Nawaro belegten Flächen verfügbar werden (in BAU II bzw. BAU I). Dies entspräche ca. 4% bis 7% des gesamten Ackerlandes (in BAU II bzw. BAU I).

Unter BAU Bedingungen dürfte diese Fläche aller Voraussicht nach für vermehrte Exporte eingesetzt werden. Die für den Export landwirtschaftlicher Waren in Deutschland bereitgestellte Fläche nahm bereits in der Vergangenheit deutlich zu, von 1991 auf 2004 um ca. 0,9 Millionen Hektar, wobei der Anteil dieser Inlandsfläche an der für den Export erforderlichen Fläche (aus Inlandsfläche und Fläche die für importierte Vorprodukte erforderlich war) relativ konstant bei 71% lag. Bei linearer Fortschreibung dieses Trends, und unter Einberechnung von Produktivitätssteigerungen von 1% pro Jahr, würden bis 2030 weitere 1,23 Millionen Hektar landwirtschaftliche Fläche im Inland gegenüber 2004 für den Export benötigt werden, darunter ca. 1,04 Millionen Hektar Ackerland und Dauerkulturen. Dies wäre sogar deutlich mehr als die bis 2030 durch Hektar-Produktivitätssteigerungen verfügbar werdende Fläche von 0,46 bis 0,83 Millionen Hektar. Dies verdeutlicht auch die zunehmende Konkurrenz zwischen dem Anbau für Nawaro und dem für Nahrungsmittelexporte.

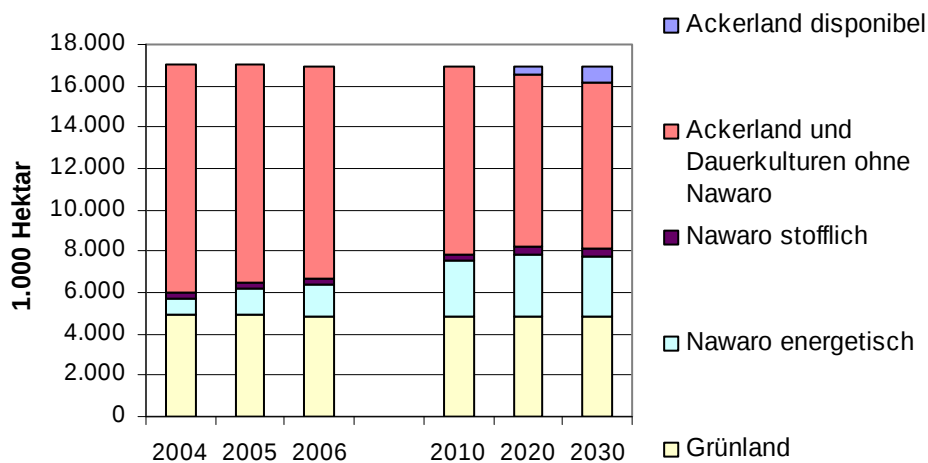
Wir gehen daher davon aus, dass die Verwendung jener rechnerisch zusätzlich verfügbaren, "disponiblen" Landwirtschaftsfläche im Inland für den Export und die

⁵² im Folgenden kurz als Ackerland bezeichnet.

Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung den BAU-Standardfall darstellt (dies wird durch die weiter unten durchgeführten Berechnungen zur globalen Flächenbelegung für den deutschen Verbrauch in Relation zur weltweit verfügbaren Anbaufläche noch unterstützt).

In einer Variante zur BAU-Entwicklung wird dagegen angenommen, dass diese 0,46 bis 0,83 Millionen Hektar Ackerland (in BAU II bzw. BAU I) in 2030 zur Produktion von BtL (Variante A) oder Biodiesel aus Sonnenblumen (Variante B) verwendet würden, wodurch der Importbedarf für Biodiesel aus Soja und Palmöl und auch die damit verbundenen Treibhausgasemissionen vermindert würden. Dies wird in Kapitel 4.3.2 untersucht (dort unter Fragestellung 1).

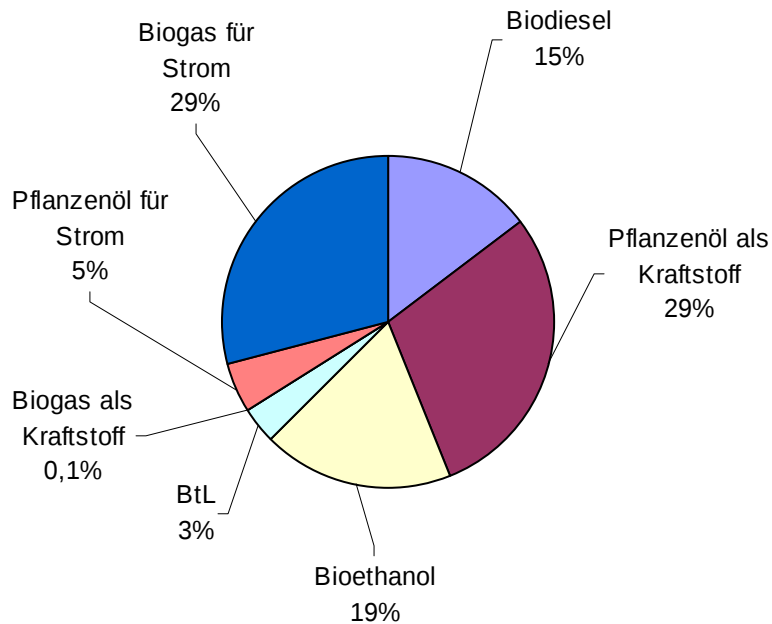
Abbildung 30: Landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland 2004 bis 2030 – BAU I Szenario.



Quelle: Destatis, diese Studie.

Unter den energetischen Nawaro würden nach BAU I Bedingungen in 2030 die schon jetzt verfügbaren Biokraftstoffe Biodiesel, Pflanzenöl und Bioethanol mit insgesamt ca. 63% den größten Anteil der inländischen Fläche für energetische Nawaro beanspruchen (Abbildung 31). Daneben würde Biogas zur Stromerzeugung knapp ein Drittel der Fläche für energetische Nawaro einnehmen. BtL, Biogas als Kraftstoff und Pflanzenöl zur Stromerzeugung würden dagegen keine wesentlichen Flächenerfordernisse im Inland haben.

**Abbildung 31: Anbaufläche für energetische Nawaro in Deutschland 2030
– BAU I Szenario.**



Quelle: Destatis, diese Studie.

Unter BAU II Bedingungen würden nachwachsende Rohstoffe aus Sicht der Brutto-Produktionsfläche bis 2030 insgesamt 3,7 Millionen Hektar (3,3 Millionen Hektar in BAU I) oder ca. 31% des Ackerlandes in Deutschland belegen (27% in BAU I). Auch in BAU II wäre der Anbau von Biomasse zur energetischen Nutzung die treibende Kraft hinter dieser Entwicklung, und würde in 2030 ca. 88% der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe beanspruchen (gegenüber 84% in 2006).

Unter BAU II Bedingungen ergibt sich für den Beitrag der einzelnen energetischen Nawaro in 2030 nur für Biodiesel und Pflanzöl als Kraftstoff ein deutlich anderes Bild als für BAU I. Biodiesel nimmt bei BAU II (rein rechnerisch) nur noch 1% der Anbaufläche für Nawaro in Deutschland ein, Pflanzöl als Kraftstoff dagegen 46% (gegenüber 15% bzw. 29% in BAU I).

Die Einschätzungen verschiedener Studien, nach Szenarien die als BAU - Referenz o.ä. bezeichnet werden können, zu den künftigen Flächenverfügbarkeiten für den Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland, liegen überwiegend in einem Bereich von 3 bis 4 Millionen Hektar, einschließlich der vorliegenden Studie (Tabelle 41). Lediglich die Studien von Thrän et al., 2005, und Schönleber et al., 2007, kommen auf deutlich höhere Potenzialeinschätzungen bis etwa 7 Millionen Hektar (bzw. ca. 43% der landwirtschaftlich genutzten Fläche in 2020). Dies liegt hauptsächlich in den hohen Annahmen zur Flächenfreisetzung durch Ertragssteigerungen begründet, und

sollte einer kritischen Prüfung unterzogen werden. Auch andere Studien wie Fritsche et al. waren von höheren Ertragssteigerungen ausgegangen, als in der vorliegenden Studie. Insofern müsste ein Vergleich der zukünftigen Flächenpotenziale um den Vergleich von Produktionskapazitäten im Kontext des gesamtwirtschaftlichen Verbrauchs landwirtschaftlicher Waren erweitert werden. Dies ist jedoch nicht möglich, da allen Studien, mit Ausnahme der vorliegenden, gemein ist, dass die globale Flächenbelegung durch den Verbrauch in Deutschland nicht berücksichtigt wurde und die Ergebnisse der anderen Studien bei gesamtwirtschaftlicher Betrachtung somit zu relativieren sein dürften.

Unter Berücksichtigung von Umwelt- und Naturschutzbelangen werden in der Regel deutlich niedrigere Flächenpotenziale im Inland von 2 bis 3 Mio. ha für den Zeitraum 2020 bis 2030 eingeschätzt. Auch nach einer Schätzung des Naturschutzbunds Deutschland e.V. liegt die unter umweltverträglichen Rahmenbedingungen für Energiepflanzenanbau nutzbare Fläche in Deutschland bei 2 bis 2,5 Millionen Hektar (NABU, 2007). Dieser Flächenumfang, so NABU, kann unter den Bedingungen einer massiven Effizienzsteigerung und eines Ausbaus der erneuerbaren Energien insgesamt als untere Grenze des Biomassebeitrags angesehen werden, die bei starken umwelt- und naturschutzbedingten Restriktionen (wie naturverträgliche Landwirtschaft bei ausreichender Nahrungsmittelproduktion) möglich ist. Thrän et al., 2005, halten selbst bei einem Anteil von 20% Ökolandbau bei halbem Ertrag gegenüber konventionellem Anbau ein Flächenpotenzial von 5,8 Mio. ha in 2020 (bzw. ein Drittel der LW-Nutzfläche) für möglich⁵³, ausgehend von den bereits erwähnten hohen Erwartungen an Flächenfreisetzungen durch Hektarproduktivitätssteigerungen, die einer kritischen Prüfung unterzogen werden sollten.

Tabelle 41: Flächenpotenziale für den Anbau von Nawaro in Deutschland bis 2030 – Vergleich verschiedener Studien und Szenarien.

	Flächenpotenziale für Nawaro in Deutschland in Millionen Hektar										
	Referenz bzw. BAU-Szenarien u.ä.				Umwelt/Naturschutz/Nachhaltigkeit				Biomasseausbau		
	2010	2020	2030	Bezeichnung	2010	2020	2030	Bezeichnung	2010	2020	2030
EEA 2006					1,00	2,00	3,00	Umweltkompatibel			
Fritsche et al. 2004	2,03	2,48	3,48	Referenz	0,82	1,88	3,01	Umwelt	1,97	3,45	4,44
Nitsch et al. 2004	2,50	3,40	4,30	technische Potenziale	0,15	1,10	2,00	Berücksichtigung von Naturschutzbelangen			
Thrän et al. 2005	4,54	7,30		Potenziale	3,00	5,80		20% Ökolandbau mit halbem Ertrag			
Schönleber et al. 2007	4,50	7,10									
Nusser et al. 2007	1,92	3,42		Flächenbedarf							
diese Studie	2,97	3,35	3,29	BAU I							
	2,98	3,54	3,73	BAU II							

Quellen: wie angegeben.

⁵³ Dasselbe Ergebnis würde nach Thrän et al. eintreten, wenn weitere 10% der landwirtschaftlich genutzten Fläche im vollen Umfang aus der Agrarproduktion zu Naturschutzzwecken umgewidmet werden würde.

2.5.2. Mögliche weitere Flächenpotenziale im Inland zum Anbau von Nawaro

Die mittlere Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland lag zwischen 2001 und 2005 bei ca. 113 Hektar pro Tag (Tabelle 42). Davon entfielen ca. 35 ha/Tag auf den Wohnungsbau (Umweltbundesamt, Jahresbericht 2006).

Für den künftigen Wohnungsbau gibt es unterschiedliche Projektionen (z. B. des BBR im Raumordnungsbericht 2005 und in der Raumordnungsprognose 2020/2050) mit noch relativ optimistischen Annahmen hinsichtlich der Bevölkerungsentwicklung sowie hohen Wachstumsraten hinsichtlich des Pro-Kopf-Wohnflächenkonsums und daraus abgeleitet hohen „Wohnungsbaupotenzialen“, die als Worst-Case-Szenario dienen können. Die tägliche Siedlungsflächenzunahme für Wohnen würde sich allerdings auch unter Worst-Case-Bedingungen bis zum Jahr 2020 halbieren, nämlich von 35 ha pro Tag im Zeitraum 2001 bis 2004 auf 17,8 ha pro Tag im Zeitraum 2017 bis 2020. In der Summe könnte bis zum Jahr 2020 schlimmstenfalls eine zusätzliche Siedlungsfläche von 13.112 km² durch Wohnungsneubau belegt werden (87,4 km² pro Jahr) – wenn es nicht gelingt, die Bautätigkeit auf Siedlungsbrachen zu lenken.

Die reale⁵⁴ SuV-Flächeninanspruchnahme würde - sofern die mittlere Zunahme der Gewerbe-, Verkehrs- und Erholungsflächen zeitlich konstant bleibt - von ca. 105 ha pro Tag (2001 bis 2004) auf ca. 85 ha pro Tag (2017 bis 2020) zurückgehen.

Trotz verlangsamten Wachstums würde bis 2020 die SuV-Fläche um durchschnittlich jährlich rd. 336 km² zunehmen und 2020 würde ihr Anteil am Bundesgebiet bei über 14% liegen⁵⁵.

Flächen für den vermehrten Anbau von Nawaro müssen entweder aus

- Umnutzungen von bislang für Nahrungs- und Futtermitteln genutzten Flächen ggf. in Verbindung mit Nutzungsintensivierung (Erhöhung der Hektarerträge),
- Rodung von Wald oder
- Inkulturnahme von bislang stillgelegten Landwirtschaftsflächen oder sonstigen ungenutzten Flächen (z. B. Siedlungsbrachen)

stammen.

Nach dem Bundeswaldgesetz scheidet die Rodung von Wald in Deutschland derzeit in der Gesamtbilanz aus, denn jeder gerodete Wald muss wieder aufgeforstet werden. Für die Ausweitung der Biomassegewinnung bleibt also nur die Umnutzung innerhalb der bereits landwirtschaftlich genutzten Flächen zulasten der Nahrungs- und

⁵⁴ Anmerkung: Für Wohnbauflächen wurde mit dem UBA-Modell gerechnet. Für Gewerbeflächen wurde die Inanspruchnahme der Jahre 2001 bis 2004 konstant fortgeschrieben. Deshalb weichen diese Zahlen von einer Prognose des BBR (vgl. folgende Fußnote) etwas nach unten ab. Vor allem kommt es nach der UBA-Projektion zu keinem neuen Anstieg der Flächenneuanspruchnahme zum Jahr 2020 sondern zu einem stetigen Rückgang. Die o. g. statistischen Artefakte in der Flächenstatistik, die in den Jahren 2003, 2004 und 2005 massiv zum Tragen kamen, wurden bei dieser Projektion herausgerechnet.

⁵⁵ BBR (2005): Raumordnungsbericht 2005. Berichte Bd. 21, Bonn, S. 56 - S. 58;

Futtermittelproduktion, die Inkulturnahme derzeit stillgelegter landwirtschaftlicher Flächen oder die Nutzung von Flächen, die bislang weder land- noch forstwirtschaftlich genutzt wurden, welche nun Gegenstand der folgenden Betrachtung sein soll.

Für 2004 ergibt sich laut Statistik insgesamt ca. 5.624 km² Siedlungsbrachen und andere minder genutzte Flächen⁵⁶. Dies entspricht einem Anteil von 12,3% der Siedlungs- und Verkehrsflächen.

Inwieweit diese Siedlungsbrachen überhaupt für die Breitstellung von Biomasse zur Verfügung stehen, hängt zunächst von den städtebaulichen Rahmenbedingungen ab. Maßgeblich ist vor allem, ob eine baldige Wiederbebauung dieser Flächen zu erwarten ist⁵⁷ oder ob mittel- oder sogar langfristig keine realistische Chance besteht, diese Fläche wieder einer neuen baulichen Nutzung zuzuführen⁵⁸.

Ob sich die vorhandenen Brachen für den Anbau von Nawaro eignen, hängt von ihrer Größe und ihrer Lage ab. Meist spricht die Kleinteiligkeit dieser Flächen und/oder ihre verstreute oder ungünstige Lage zumindest gegen eine konventionelle landwirtschaftliche Nutzung als Acker, Mähwiese oder Weide. Denkbar sind allenfalls

- (klein-)gärtnerische Nutzungen, z. B. von aufgelassenen Wohngrundstücken durch die Anwohner, Gärtnereien oder Baumschulen,
- gelegentliches Mähen und Verwertung des Gras- und Heckenschnitts, sofern dies (z. B. bei Verkehrsbegleitflächen oder bei der Zwischennutzung als Grünfläche) nicht ohnehin geschieht (vgl. Kapitel 2.3.1.9),
- extensive Beweidung z. B. durch Schafe oder Ziegen sowie
- Aufforstung (gezielt oder im Rahmen der natürlichen Sukzession) und spätere Verwertung von Holz.

Weder aus städtebaulicher noch aus Umweltsicht spricht im Prinzip etwas gegen eine vorübergehende Nutzung derartiger Flächen als Biomasselieferant. Eine intensive agrarische Nutzung dieser Flächen erscheint jedoch nur eingeschränkt wirtschaftlich sinnvoll und machbar.

Unter der Annahme, dass Siedlungsbrachen und andere mindergenutzte Flächen in 2020 wie in 2004 einem Flächenanteil von 12,3% der SuV-Flächen entsprechen, läge ihr Umfang in 2020 bei ca. 6.200 km² (Tabelle 42). Im Vergleich zu den global

⁵⁶ Gleichzeitig zum Wachstum der SuV-Flächen wachsen auch in den bisherigen Siedlungen die ungenutzten Flächen, da immer mehr Industrie- und Gewerbeflächen, Flächen der Bahn oder der Post, Kasernengelände und andere militärische Liegenschaften (z. B. Flugplätze) sowie zunehmend auch Flächen mit Wohngebäuden nicht mehr genutzt werden und brach fallen. Mit der verhaltenen Nachfrage nach Wohnraum und gewerblichen Flächen in Stagnations- und Schrumpfungsregionen wächst auch die Fläche der neuen Wohn- und Gewerbegebiete, die zwar mit Infrastruktur erschlossen sind, aber nur teilweise oder gar nicht genutzt werden.

⁵⁷ In diesem Fall sind die Chancen in den westdeutschen Wachstumsregionen noch am besten.

⁵⁸ Dies trifft auf viele stagnierende Regionen sowohl in den alten, als auch in den neuen Bundesländern zu.

beanspruchten Flächen für Nawaro entspräche dies 6% unter BAU I Bedingungen oder 5% unter BAU II Bedingungen. Bezogen auf die im Inland in 2020 für Nawaro erforderliche Anbaufläche läge das Flächenpotenzial von Siedlungsbrachen und anderen minder genutzten Flächen bei 17% in BAU I und 16% in BAU II.

Somit ergibt sich ausgehend von rein quantitativen Betrachtungen zum Flächenausmaß kein signifikant entlastendes Flächenpotenzial für den potenziellen Anbau von Nawaro auf Siedlungsbrachen und anderen minder genutzten Flächen. Denn deren Potenzial läge real - unter Berücksichtigung der Eignung für den Anbau von Biomasse im Vergleich zu den hochproduktiven Flächen für den Nawaroanbau - mit Sicherheit deutlich niedriger als der reine Flächenumfang.

Hier zeigt sich, dass künftig nicht noch mehr fruchtbare Ackerflächen zersiedelt werden sollten, zumal denaturierte Flächen nur schwer wieder effizient bewirtschaftet werden können. Dies wird in den zuvor dargestellten BAU Szenarien auch unterstellt.

Tabelle 42: Mögliche Flächenpotenziale im Inland zum Anbau von Nawaro im Kontext von Siedlungsbrachen und anderen minder genutzten Flächen und im Vergleich zum Flächenanspruch für Nawaro.

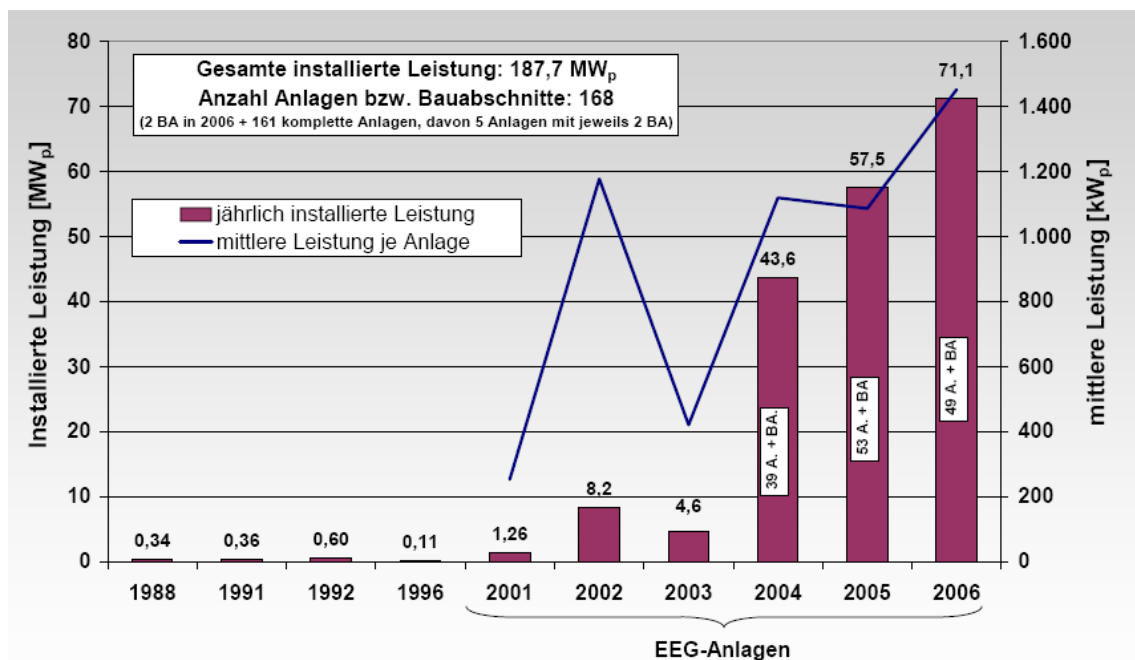
1. Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen:			
	in ha pro Tag		
	1996 bis 2000	2001 bis 2004	
Insgesamt	128	113	
Verkehrsfläche	23	22	
Wohnungsneubau Einfamilienhäuser	31	28	
sonstiger Wohnungsbau	17	7	
sonstige Bauflächen (z.B. Gewerbe)	31	23	
Betriebsfläche ohne Abbau land	6	1	
Erholungsflächen und Friedhöfe	20	32	
Wohnungsbau insgesamt	48	35	
2. Entwicklung der Zunahme von SuV bis 2017-2020:			
		in ha pro Tag	
		2017 bis 2020	
Worst case für Flächen für Wohnungsbau in 2017 bis 2020		17,8	
daraus ergibt sich für SuV insgesamt		85,0	
3. SuV Flächen in 2020:			
		2020	
zusätzliche SuV-Fläche durch Wohnungsneubau in km2		13.112	
SuV insgesamt in km2		50.403	
in % der Bodenfläche		14,1%	
4. Vergleich mit Siedlungsbrachen und anderen mindergenutzten Flächen			
		2004	
Mögliches Potenzial an Siedlungsbrachen und anderen mindergenutzten Flächen in km2		5.624	
in % der SuV-Fläche		12,3%	
5. Vergleich von 4. mit Nawaro Flächen			
		2020	2020
hochgerechnet auf 2020: Mögliches Potenzial an Siedlungsbrachen und anderen mindergenutzten Flächen in km2		6.200	
		BAU I	BAU II
zum Vergleich: in 2020 global beanspruchte Fläche für Nawaro in km2		92.767	103.918
davon: in 2020 im Inland beanspruchte Fläche für Nawaro in km2		33.486	35.447
Mögliches Potenzial an Siedlungsbrachen und anderen mindergenutzten Flächen in Relation zur globalen Nawaro Fläche		6%	5%
Mögliches Potenzial an Siedlungsbrachen und anderen mindergenutzten Flächen in Relation zur Nawaro Fläche im Inland		17%	16%

Quelle: Statistisches Bundesamt, Umweltbundesamt, und diese Studie.

2.5.3. Flächennutzung durch Photovoltaik-Freiflächenanlagen

Mit der Novellierung des EEG im Jahr 2004 hat nicht nur die Nutzung von PV-Anlagen auf Dächern sondern auch diejenige auf Freiflächen (PV-FFA) und damit deren Inanspruchnahme durch PV-FFA sprunghaft zugenommen (Abbildung 32). Vor diesem Hintergrund werden anhand von zwei BAU-Szenarien auf der Basis des diesbezüglich modifizierten BMU-Leitszenarios (BMU, 2007; BMU, 2007a), mögliche Entwicklungen des PV-FFA-Marktes und der damit verbundenen Flächeninanspruchnahme durch PV-FFA bis zum Jahr 2030 aufgezeigt.

Abbildung 32: Entwicklung der jährlich zugebauten PV-FFA-Leistung zwischen 1988 und 2006.



Quelle: Böhnisch, 2007

Bei der Analyse und Bewertung der Flächeninanspruchnahme durch PV-FFA ist zu berücksichtigen, dass nach dem geltenden EEG folgende Flächen für eine Bebauung mit PV-FFA in Frage kommen:

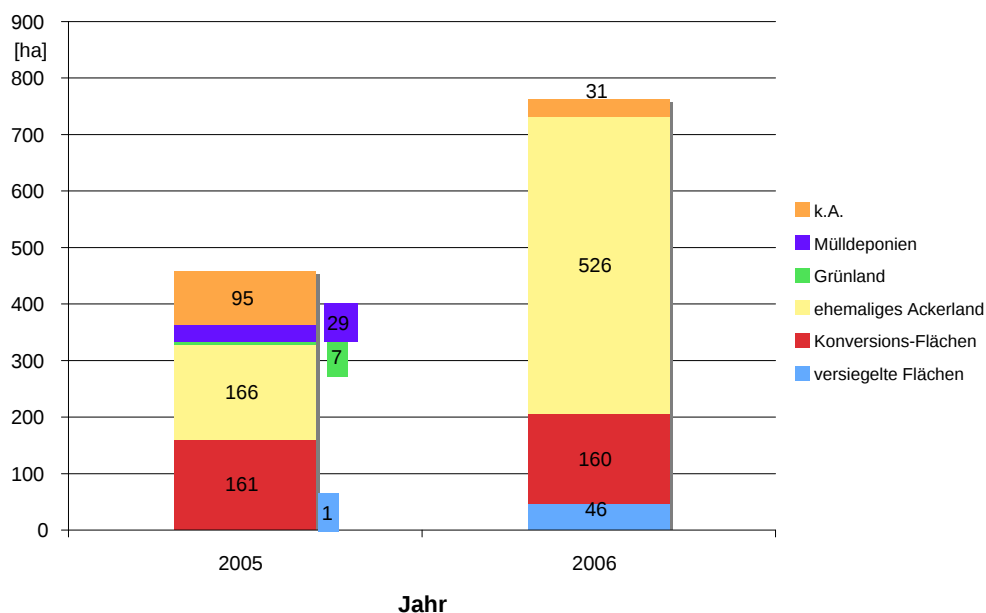
- bereits versiegelte Flächen (z.B. Mülldeponien),
- Konversionsflächen aus wirtschaftlicher oder militärischer Nutzung,
- zu Grünland umgewidmeten Ackerflächen.

Vor der Novellierung des EEG im Jahr 2004 konnten PV-FFA bis zu einer Leistung von 100 kWp auch auf landwirtschaftlichen Flächen errichtet werden. Die damit verbundene Flächennutzung liegt aber um mindestens eine Größenordnung unter der heutigen gesamten Flächen-Nutzung (s.u.) und wird somit als vernachlässigbar gering angesehen. Zudem spielen solch kleine Anlagen auf dem heutigen Markt in der Regel

keine signifikante Rolle mehr. Die Nachfrage konzentriert sich vielmehr auf zunehmend größere Anlagenleistungen⁵⁹, so dass die durchschnittliche Leistung pro PV-FFA auf mittlerweile deutlich über 1 MWp gestiegen ist (siehe Abbildung 32).

Von den o.g. verschiedenen erlaubten Flächen für die Nutzung durch PV-FFA wird am meisten und zunehmend von ehemaligem Ackerland Gebrauch gemacht, wie die Darstellung der jüngsten Entwicklung der Inanspruchnahme von Grundfläche durch PV-FFA in Abbildung 33 zeigt. Der Anteil von Ackerfläche an der insgesamt beanspruchten Grundfläche ist demnach innerhalb nur eines Jahres von 36% (166 ha) in 2005 um fast das Doppelte auf rd. 69% in 2006 gestiegen. Die Nutzung von bereits versiegelten Flächen gewann ebenfalls signifikant an Bedeutung, die nunmehr quasi aus dem Stand heraus einen Anteil von ca. 6% bzw. eine Flächennutzung von 46 ha erlangt haben. Dagegen stagniert die Nutzung von Konversionsflächen bei etwa 160 ha und verliert damit zunächst prozentual an Bedeutung (-14 Prozentpunkte). Allerdings wird es dabei nicht bleiben, da diese Flächen bei den aktuell bekannten Planungen, besonders in den neuen Bundesländern, eine besondere Bedeutung spielen.

Abbildung 33: Entwicklung der Flächen-Inanspruchnahme durch PV-FFA nach Flächenarten zwischen 2005 und 2006.



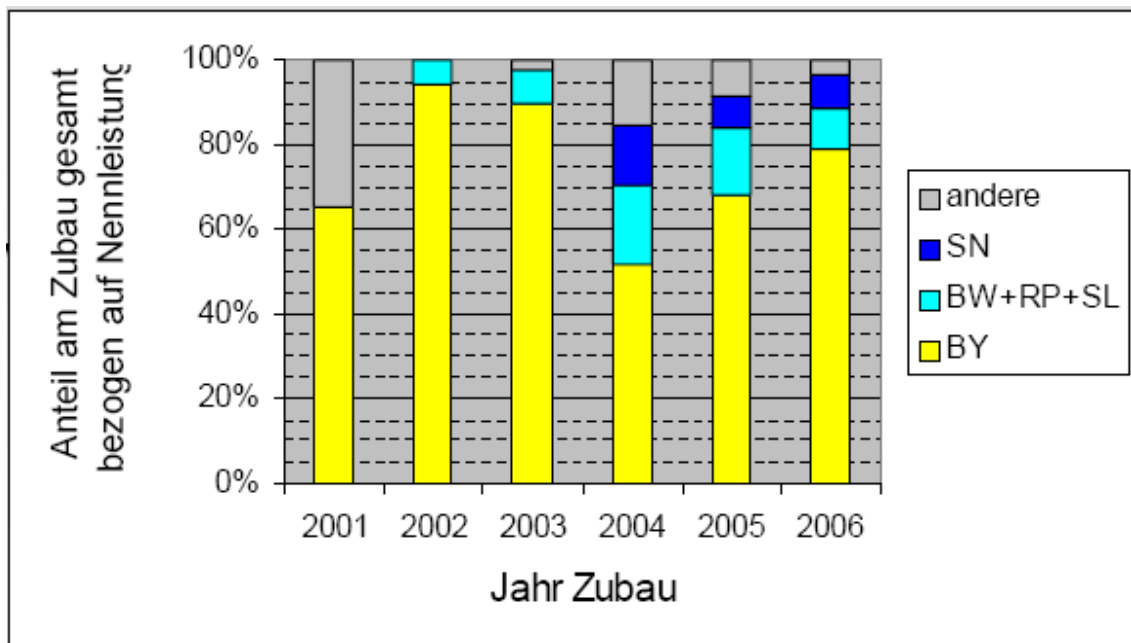
Quellen: Böhnisch, 2007; Mack, 2007; Reichmuth, 2007.

Zusätzlich zur vorherigen Betrachtung der in Nutzung befindlichen Flächen, ist auch deren besondere regionale Verteilung zu berücksichtigen, da die mit Abstand meisten

⁵⁹ Beim derzeit größten Projekt in Waldpolenz in Sachsen ist eine Leistung von 40 MWp geplant, die bis 2009 in Betrieb genommen werden soll (Sonnenseite 2007).

Anlagen in den vergangenen Jahren in Bayern installiert wurden (siehe Abbildung 34). Demnach befinden sich ca. 70% der installierten Leistung in Bayern, die dort wiederum zum deutlich überwiegenden Teil auf Ackerflächen stehen. Die Konzentration der Freiflächennutzung durch PV-FFA auf den Süden Deutschlands ist bei der Bewertung von Flächenanteilen besonders zu berücksichtigen. Eine Bezugnahme auf Deutschland führt ansonsten unter Umständen zu verfälschenden Schlussfolgerungen.

Abbildung 34: Bisherige Entwicklung der regionale Verteilung des PV-FFA-Zubaus in Deutschland zwischen 2001 und 2006.



Quelle: Mack, 2007; BY: Bayern, BW: Baden-Württemberg, RP: Rheinland-Pfalz, SL: Saarland, SN: Sachsen

Herleitung der BAU-Szenarien: Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA)

I. Marktentwicklung in Deutschland (Ist und BAU-I-Projektion)

Aktuelle Marktentwicklung

(nach Böhnisch, 2007; Mack, 2007; Reichmuth, 2007)

Seit der EEG-Novellierung im Jahr 2004 wurden bis Ende 2006 ca. 102 neue PV-FFA mit einer elektrischen Leistung von zusammen 128 MWp in Deutschland zugebaut. Die installierte Leistung von PV-FFA stieg damit auf insgesamt rund 188 MWp zum Ende des Jahres 2006 an, so dass der Marktanteil an der insgesamt installierten PV-Leistung in Deutschland - trotz des insgesamt sehr hohen Wachstums - „nur“ um einen Prozentpunkt (von 6% in 2004 auf rd. 7% in 2006) gesteigert wurde. Die durchschnittliche Anlagenleistung nahm in der gleichen Zeit von 0,9 MWp (2004) auf 1,1 MWp (2006) zu. Insgesamt wurden 99% der bestehenden PV-FFA im Rahmen des EEG gebaut und in Betrieb genommen.

Mono- und polykristalline Silizium-Solarmodule (Wafertechnik) haben je nach Quelle mit ca. 72-75% (minus 10-13 Prozentpunkte ggü. 2004) den größten

Anteil an der installierten Leistung und auch mit ca. 56% an der gesamten Anlagenzahl (jeweils bezogen auf den Zeitraum 2001-2006). Dünnschichtmodule (a-Si- und CdTe-Module) haben aber zuletzt deutlich Marktanteile hinzugewonnen und kommen momentan auf etwa 19-25% der installierten Leistung (bis zu plus 14 Prozentpunkte ggü. 2004) und 38% der Anlagenzahl. Bei diesen Angaben ist allerdings noch eine signifikante statistische Dunkelziffer in Höhe von bis zu 8% zu berücksichtigen, für die keine spezifischen Angaben vorliegen!

Der mittlere spezifische Flächenbedarf der realisierten PV-FFA ist zwischenzeitlich von ca. 3,5 ha/MWp in 2004 auf ca. 4,1 ha/MWp in 2006 angestiegen. Hauptursache hierfür sind die technologiebedingten Unterschiede bei den spezifischen Flächenbedarfszahlen (siehe Abbildung 35) in Kombination mit der jeweiligen Marktentwicklung. Die Technologie mit dem geringsten spezifischen, leistungsbezogenen Flächenbedarf, die fest installierten Si-Wafer-basierten Systeme, verliert zunehmend Marktanteile, während sowohl die flächenintensivsten Systeme, die zweiachsig nachgeführten Si-Wafersysteme, als auch die flächenintensiveren Dünnschichtsysteme auf CdTe-Basis deutlich zulegen.

Der Großteil der PV-FFA wurde bisher auf ehemaligen Ackerflächen (ca. 69%) sowie in deutlich geringerem Umfang auf Konversionsflächen (ca. 21%) und versiegelten Flächen (ca. 6%) errichtet. Die Nutzung von Grünland bleibt dagegen nach aktuellem Kenntnisstand vernachlässigbar gering. Regional betrachtet, ergeben sich jedoch große Unterschiede zu dieser Struktur der Flächennutzung, die vor allem durch das Land Bayern geprägt wird. In Sachsen wird fast nur von Konversionsflächen Gebrauch gemacht (Anteil Ackerfläche unter 5%) und auch in der Region Südwest⁶⁰ spielen Konversionsflächen eine größere Rolle als Ackerflächen (ca. 19%).

Übergreifende Annahmen

Das EEG mit seinen spezifischen Vergütungs- und Degressionssätzen für die Einspeisung von EE-Strom, bleibt als wesentliche fördernde Rahmenbedingung grundsätzlich bestehen. Speziell für die PV-FFA gilt zudem seit 2005 eine höhere Degressionsrate (6,5% p.a.) als für Dachanlagen und, die Vergütungspflicht für PV-FFA, die ab dem 1.1.2015 errichtet werden, entfällt (§11 (3) EEG).

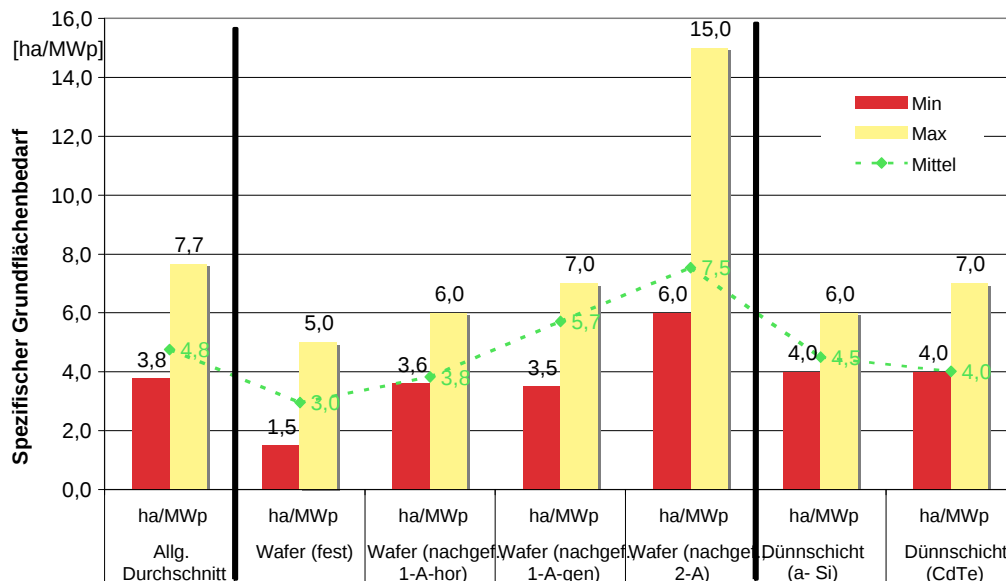
Die am 5.7.07 veröffentlichten Empfehlungen für eine Novellierung des EEG bezogen auf die PV-FFA (stufenweise Erhöhung der Degression auf 8,5% p.a. in 2009 und 2010 sowie auf 9,5% p.a. ab 2011) werden umgesetzt.

Die Entwicklung der PV-FFA folgt weiterhin tendenziell der allgemeinen Marktentwicklung des PV-Marktes und wird an die jährlich zugebaute Leistung gekoppelt. Dabei wird für das nachfolgende Szenario BAU I die weitere relative Marktentwicklung bis 2015 gemäß dem aktuellen BMU-Leitszenario zugrunde gelegt, während für BAU II eine optimistischere relative Marktentwicklung unterstellt wird (s.u.).

Die weitere Marktentwicklung der PV-FFA wird generell nicht durch einen Mangel an freien Flächen bestimmt, sondern im wesentlichen durch die planungsrechtlichen Anforderungen und die lokale Umsetzungspraxis bzw. Akzeptanz sowie durch die Kostenentwicklung bei den verschiedenen PV-Systemen und die Novellierung (Anpassung der Vergütungssätze für PV-FFA) des EEG.

⁶⁰ Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Saarland

Abbildung 35: Spezifischer Grundflächenbedarf verschiedener PV-Technologien im Vergleich⁶¹



Quellen: Böhnisch, 2007; Mack, 2007; Reichmuth, 2007.

Annahmen für BAU I

Der Zubau an PV-FFA wird gemäß dem Zubau im BMU-Leitszenario zunächst von 2007 bis zum Jahr 2015 mit einem Marktanteil der PV-FFA am Gesamtmarkt in Höhe von 7% p.a. fortgeschrieben. Aufgrund der wegfallenden EEG-Vergütung Anfang 2015 und der Annahme, dass die Gestehungskosten immer noch signifikant über den dann geltenden Strompreisen liegen, wird in den Jahren 2015 und 2016 jeweils ein Rückgang des PV-FFA-Zubau um 50%, bezogen auf den gesamten Neuanlagenmarkt, unterstellt. Dieser liegt dann ab 2017 für den restlichen Zeitraum bis 2030 bei jährlich 2%.

Die bestehenden Marktstrukturen, d.h. vor allem die Anteile der verschiedenen PV-Systeme und ihrer flächenspezifischen Eigenschaften, werden dabei unverändert gemäß dem heutigen Stand (Ende 2006) fortgeschrieben.

Von den heute bekannten Ausbauplanungen mit einer Flächenbelegung in Höhe von 2.850 ha wird erwartet, dass aus wirtschaftlichen und genehmigungspraktischen Gründen, sowie aufgrund mangelnder Akzeptanz, nur die Hälfte der o.g. Fläche bis zum Jahr 2009 tatsächlich mit PV-FFA belegt sein wird.

Die vorherigen Annahmen führen im BAU I Szenario zu einer Entwicklung der Flächennutzung durch PV-FFA bis 2030 wie in Abbildung 36 dargestellt.

Annahmen für BAU II

⁶¹ Wafer = kristallines Silizium; nachgef. = nachgeführt; 1-A-hor/gen = einachsig horizontal/geneigt; 2-A = zweiachsig

In Abgrenzung zu BAU I wird hier zum einen unterstellt, dass nur die Anlagenkosten von Dünnschicht-Systemen (vor allem von CdTe-Modulen), zumindest in Höhe der jetzigen und künftigen Degressionsrate, gesenkt werden und damit wirtschaftlich bleiben können. Dagegen werden Wafer-Systeme kurz- bis mittelfristig höchstens noch an wenigen, sehr guten Standorten konkurrenzfähig sein können. Die technische Marktstruktur wird demnach sukzessiv zugunsten von CdTe-Systemen (von knapp 30% in 2006 auf 75% in/ab 2010 bezogen auf den jährlichen Zubau) und zu Lasten von Waferbasierten Systemen (analog zu oben von 33% in 2006 auf nur noch 2% in/ab 2010) verändert.

Zum anderen wird unterstellt, dass aufgrund der bisherigen Optimierungen und der verbleibenden Potenziale, bezogen auf Baukosten und Anlagenenerträge, der Anteil des PV-FFA-Zubaus an dem gesamten PV-Zubau von heute 7% schrittweise auf 10% p.a. in 2010 und die folgenden Jahre bis 2015 erhöht werden kann. Erst in 2015 und 2016 findet dann wieder jeweils, wie in BAU I, eine Halbierung der Wachstumsrate auf dann nur noch 5% p.a. bis zum Jahr 2030 statt. Die spezifischen Gestehungskosten liegen demnach dann zwar immer noch signifikant oberhalb des durchschnittlichen Strompreises, aber deutlich unter denen im BAU I Szenario.

Ferner wird von den heute bekannten Ausbauplanungen mit einer voraussichtlichen Flächenbelegung in Höhe von 2.850 ha erwartet, dass im Gegensatz zu BAU I auch alle Planungen bis zum Jahr 2009 umgesetzt werden.

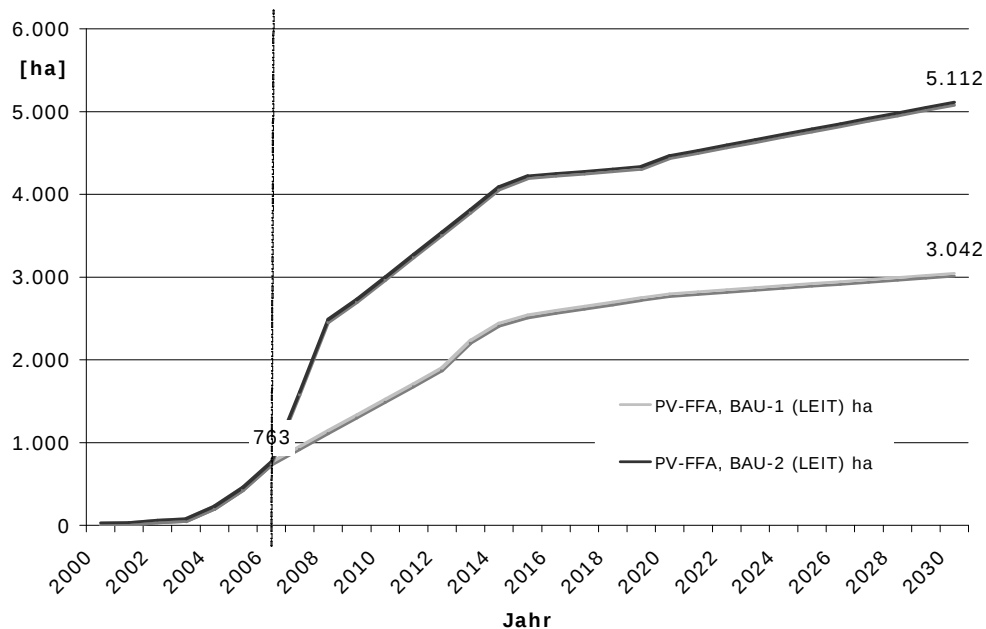
Die vorherigen Annahmen führen im BAU II Szenario zu einer Entwicklung der Flächennutzung durch PV-FFA bis 2030 wie in Abbildung 36 dargestellt.

Bei BAU I ergibt sich in 2030 ein Flächenbedarf von ca. 3.000 Hektar, bei Bau II ca. 5.000 Hektar. Dabei ist zu erwarten, dass davon weiterhin der weitaus überwiegende Teil auf landwirtschaftliche Nutzfläche entfällt. Im Vergleich zum inländischen Flächenbedarf nach BAU in 2030 für die Strom/Wärmegewinnung aus Anbaubiomasse von bis zu 1 Million Hektar erscheint die Flächeninanspruchnahme nach BAU für PV-FFA gering, eine signifikante Nutzungskonkurrenz ergibt sich daraus nicht. Dabei sind jedoch sowohl Energieausbeute als auch Umweltwirkungen pro Hektar bei PV-FFA deutlich besser als bei Biogas aus Anbaubiomasse (siehe Kapitel 3). Weiterhin kann bei PV-FFA die Erosion von landwirtschaftlichem Boden, die insbesondere durch den Anbau von Silomais befördert wird, weitestgehend vermieden werden. Zieht man den umfassenden Öko-Indikator 99 (H) Wert⁶² heran, so hat PV ein um 100% höheres Potenzial Umweltbelastungen zu vermindern, als Biogas aus Energiemais (Graebig, 2007). Das sollte jedoch nicht bedeuten, dass zukünftig Strom aus PV-FFA im Vergleich zu PV-Anlagen auf oder an Gebäuden bevorzugt gefördert werden sollte, da letztere zum einen in Punkto Umweltwirkung und Akzeptanz in der Regel noch besser abschneiden als die Freiflächenanlagen und zum anderen über ein ausreichend hohes

⁶² Der Öko-Indikator 99 drückt die gesamte Umweltrelevanz eines Produktes oder Systems in einer einzelnen Zahl aus, Einheit: Punkte [Pt]. Wirkkategorien werden normalisiert und unterschiedlich stark gewichtet. Je kleiner diese Zahl ist umso „umweltfreundlicher“ ist das Produkt.
<http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96kobilanz> und <http://www.pre.nl/eco-indicator99/ei99-reports.htm>

energetisches Angebotspotenzial verfügen, wenn zugleich die zu deckende Nachfrage durch Einsparungen und Effizienzsteigerungen verringert wird.

Abbildung 36: Mögliche Entwicklungen der Flächennutzung (Grundfläche) durch PV-FFA in Deutschland zwischen 2000 und 2030.



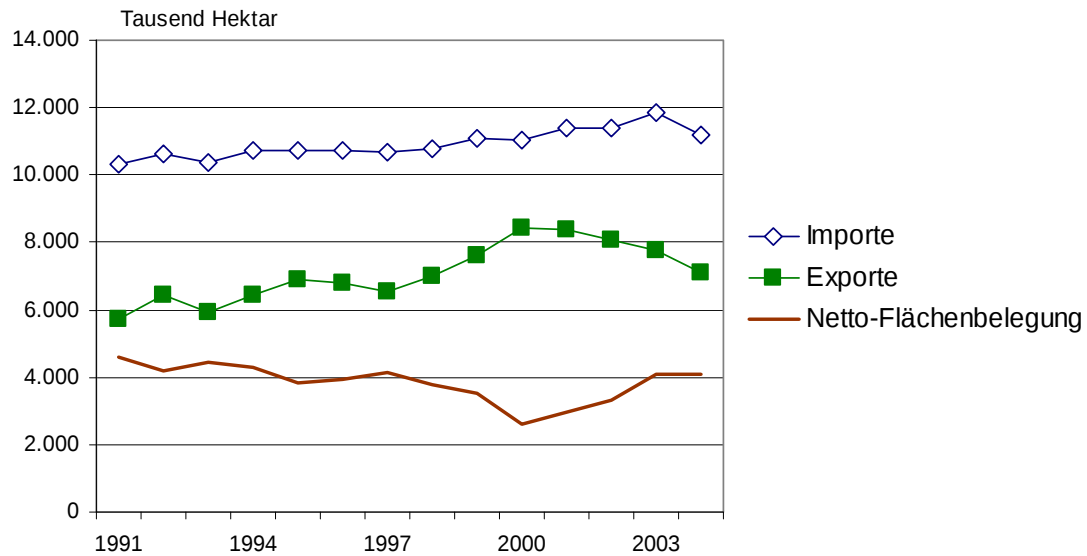
Quellen: DLR/WI, 2007; eigene Berechnungen

2.6. Flächenbelegung Deutschlands für den Außenhandel mit landwirtschaftlichen Waren

Basierend auf Vorarbeiten von Schütz, 2003, und Bringezu/Steger, 2005, wurden die für importierte und exportierte landwirtschaftliche Waren erforderlichen Flächenbelegungen für Deutschland im Zeitraum 1991 bis 2004 berechnet. Die Differenz von Import- und Exportflächen ergibt die Netto-Flächenbelegung durch den Außenhandel.

In 2004 belegte Deutschland insgesamt ca. 11,2 Mio. ha für seine Importe landwirtschaftlicher Waren im Ausland, das entsprach 9% mehr als 1991 (Abbildung 37). Flächen für Exporte umfassten in 2004 ca. 7,1 Mio. ha, fast ein Viertel mehr als 1991, wobei seit 2000 ein rückläufiger Trend zu beobachten war. Die Netto-Flächenbelegung im Außenhandel betrug somit ca. 4,1 Mio. ha in 2004 und lag aufgrund des höheren Anstiegs von Exportflächen gegenüber Importflächen in 2004 um fast 11% niedriger als in 1991. Der zeitliche Verlauf zeigt von 1991 bis 2000 einen abnehmenden Trend und danach einen Anstieg bis zum Jahr 2004.

**Abbildung 37: Flächenbelegung für Importe und Exporte
landwirtschaftlich basierter Waren des deutschen
Außenhandels 1991 bis 2004 – Netto-Konsumflächen.**



Quelle: diese Studie, basierend auf Eurostat Comext, 2005.

Tabelle 43 zeigt die TOP 10 der landwirtschaftlichen Waren oder Warengruppen jeweils für Importe, Exporte und die Netto-Flächenbelegung, nach Anteilen an der Gesamtbelegung in 2004 und mit den relativen Veränderungen seit 1991.

Nur Ölkuchen aus Soja rangieren bei allen drei Kategorien unter den ersten 10 der meist gehandelten Güter. Die relativ hohen Exportanteile erklären sich aus dem hohen Import von Sojabohnen (Platz 1) und deren Pressung in deutschen Ölmühlen. Offenbar ist das Aufkommen an Sojapressrückständen so hoch, dass erhebliche Mengen auch exportiert werden. Netto ergibt sich dennoch ein deutlicher Importüberschuss für Ölkuchen aus Soja.

Die Importflächenbelegungen der TOP 10 Waren machten 2004 insgesamt 56% der gesamten Importflächen aus. Sie waren seit 1991 mit plus 18% doppelt so stark angestiegen, wie die gesamte Flächenbelegung für den Import landwirtschaftlicher Waren (plus 9% seit 1991).

Überwiegend wurden 2004 im Ausland Flächen für die Rohstoffimporte der Ernährungsindustrie beansprucht. Diese Waren bestimmten auch weitgehend die Netto-Flächenbelegung im Außenhandel Deutschlands.

Die Flächenbelegung für deutsche Exporte landwirtschaftlicher Waren in 2004 zeigte ein anderes Bild, als für Importe oder für die Netto-Flächenbelegung. Exportflächen wurden vor allem belegt für Getreide, Kaffeeerzeugnisse und Kakaoerzeugnisse sowie tierisch basierte Nahrungsmittel. Seit 1991 war die Flächenbelegung für die TOP 10

der Exporte mit plus 44% ebenfalls deutlich stärker angestiegen als der Flächenbedarf für alle Exporte (plus 24%).

Ölsaaten dominieren insgesamt die Netto-Flächenbelegung des deutschen Außenhandels in 2004, vor allem Soja, Raps, Sonnenblumen und Lein. Dies unterstreicht die Importabhängigkeit der pflanzlichen Ölverarbeitung in Deutschland, die bereits im Kontext der stofflichen und energetischen Nutzung von Nawaro beschrieben wurde. Außerdem werden im Außenhandel netto hohe Flächenanteile belegt für Rohstoffe, die im Inland nicht angebaut werden können, vor allem Kaffee, Kakao, (exotische) Früchte, Nüsse und Naturkautschuk. Das ist schon länger bekannt, aber die Einbettung in eine Gesamtschau globaler Flächenbelegung stand bislang aus. Auch Wein trägt einen wesentlichen Teil zum Netto-Flächenbedarf Deutschlands bei. Die Netto-Flächenbelegung der TOP-10 Güter legte um 10% zu⁶³ und die Struktur hat sich seit 1991 insgesamt verfestigt, während die gesamte Netto-Flächenbelegung (für alle Güter) um 11% sank.

Tabelle 43: Flächenbelegung Deutschlands im Außenhandel mit landwirtschaftlichen Waren im Zeitraum 1991 bis 2004 – TOP 10 und insgesamt. Netto-Konsumflächen.

TOP 10 in 2004								
Importe			Exporte			Netto-Flächenbelegung		
Waren	% von gesamt	Veränderung seit 1991	Waren	% von gesamt	Veränderung seit 1991	Waren	% von gesamt	Veränderung seit 1991
Sojabohnen	14%	19%	Weizen	8%	57%	Sojabohnen	38%	18%
Kaffee, roh	12%	16%	Ölkuchen aus Soja	7%	34%	Kaffee, roh	30%	5%
Ölkuchen aus Soja	8%	19%	Roggen	5%	373%	Ölkuchen aus Soja	11%	5%
Rapssaat	5%	142%	Kaffee, verarbeitet	5%	76%	Kakaobohnen	10%	-33%
Kakaobohnen	4%	-31%	Kakaoprodukte	5%	103%	Rapssaat	9%	316%
Naturkautschuk	3%	18%	Rindfleisch, frisch	4%	-30%	Naturkautschuk	7%	6%
Geflügelfleisch	3%	-5%	Milchpulver	3%	-25%	Früchte und Nüsse	5%	28%
Kakaoprodukte	2%	54%	Stärke	3%	46%	Weine	5%	25%
Weine	2%	22%	Käse und Quark	3%	113%	Sonnenblumensaat	3%	5%
Früchte und Nüsse	2%	34%	Milch und Sahne	3%	52%	Leinsaat	2%	-31%
Summe TOP 10	56%	18%	Summe TOP 10	48%	44%	Summe TOP 10	120%	10%
INSGESAMT	100%	9%	INSGESAMT	100%	24%	INSGESAMT	100%	-11%

Quelle: diese Studie, basierend auf Eurostat Comext, 2005.

⁶³ Für die Summe der TOP 10 für die Netto-Flächenbelegung ergeben sich hier 120% weil nur Importüberschüsse in den TOP 10 vertreten sind. Insgesamt ergeben sich unter Einbeziehung der (negativen) Exportüberschüsse natürlich 100%.

2.7. Globale Flächenbelegung Deutschlands für den inländischen Konsum

Addiert man zur inländisch vorhandenen landwirtschaftlichen Nutzfläche die netto durch den Außenhandel (Importe minus Exporte) im Ausland beanspruchte Fläche hinzu, so ergibt sich die für den inländischen Konsum global beanspruchte Fläche. In der Gesamtbilanz beanspruchten die Deutschen für den eigenen Inlandskonsum in 2004 ca. 0,25 Hektar pro Kopf landwirtschaftliche Fläche, netto etwa ein Fünftel⁶⁴ mehr, als im Inland zur Verfügung stand. Abbildung 38 zeigt, dass mit ca. 61% den größten Anteil die tierisch basierte Ernährung ausmacht, pflanzlich basierte Ernährung nimmt 32% ein, nachwachsende Rohstoffe für die energetische Nutzung ca. 3% und nachwachsende Rohstoffe für die stoffliche Nutzung ca. 4%.

Im Vergleich zur EU-15 mit 0,43 ha pro Kopf (Bringezu/Steger, 2005), beanspruchte Deutschland pro Person deutlich weniger landwirtschaftliche Fläche weltweit⁶⁵. Zudem entfiel ein geringerer Anteil auf tierisch basierte Ernährung, 61% für Deutschland gegenüber 73% in EU-15. Dies kann vor allem auf die intensive Bewirtschaftung inländischer Flächen für die tierische Produktion zurückgeführt werden⁶⁶. Außerdem könnten andere Konsumgewohnheiten als in der restlichen EU-15 eine Rolle spielen. Dagegen entfiel mit zusammen ca. 7% ein deutlich höherer Anteil der globalen Flächenbelegung für den deutschen Konsum auf nachwachsende Rohstoffe (für EU-15 wurden für alle Non-Food Verwendungen 2% beansprucht). Dabei muss sicherlich die Dynamik der Verwendung von Nahrung berücksichtigt werden, was einen Vergleich zwischen 2004 (Deutschland) und 2000 (EU-15) in diesem Fall stark beeinträchtigen dürfte. Dennoch gilt, dass der inländische Konsum in Deutschland (wie auch der in EU-15) weltweit zum größten Teil Fläche für die tierische Ernährung beansprucht, und dass sich somit für diesen Bereich auch das höchste theoretische Flächeneinsparpotenzial ergibt (siehe Kapitel 3).

Der deutsche globale Flächenbedarf von 0,25 ha pro Kopf in 2004 liegt, im Gegensatz zum Flächenbedarf der EU-15 insgesamt (0,43 ha pro Kopf), noch in dem Bereich, der auch weltweit (in 2000) mit ca. 0,25 ha pro Kopf für intensiv bewirtschaftete Fläche⁶⁷ (Ackerland und Dauerkulturen) zur Verfügung stand.

Sollte jedoch die erwartete Entwicklung eintreten, dass bis 2030 verstärkt landwirtschaftliche Flächen im Ausland für den inländischen Verbrauch nachwachsender Rohstoffe beansprucht werden, so könnte sich diese Situation

⁶⁴ Brutto unter Berücksichtigung der Inlandsfläche für den Export sogar zwei Fünftel.

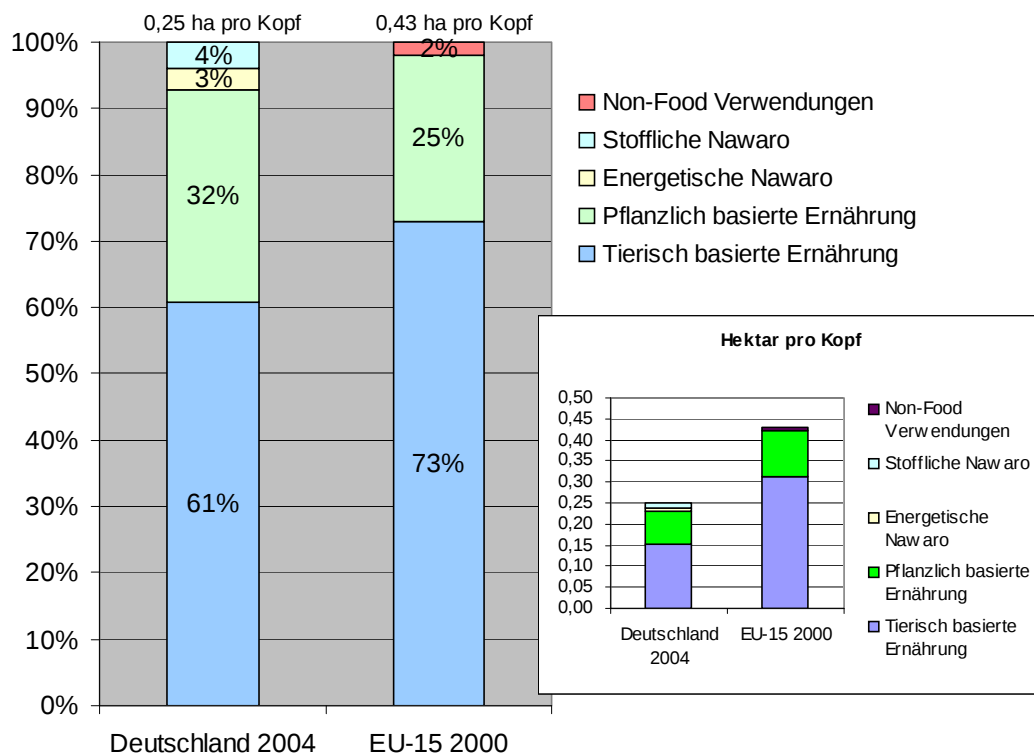
⁶⁵ Bislang liegt keine entsprechende Betrachtung für die erweiterte EU-27 vor. Es wäre wünschenswert, den Vergleich mit aktuelleren Zahlen für EU-27 anzustellen, dies konnte im Rahmen der vorliegenden Studie jedoch nicht geleistet werden.

⁶⁶ Auch im Inland werden ca. 63% der landwirtschaftlichen Nutzfläche für die tierische Produktion belegt. Die Erträge für z.B. Raufutter (in Heugewicht) liegen mit ca. 8,3 Tonnen pro ha sogar über den Erträgen für Getreide mit ca. 7,4 Tonnen pro ha oder Raps mit ca. 4,1 Tonnen pro ha. Erträge für Raufutter in anderen europäischen Ländern liegen in der Regel deutlich niedriger.

⁶⁷ Zur Diskussion um die Auswahl dieses Flächenbezugs siehe Bringezu/Steger, 2005.

ändern. Nach den BAU Szenarien dieser Studie würde in 2030 durch den gestiegenen Bedarf an Nawaro in Deutschland unter BAU I Bedingungen – in Netto-Konsumflächen bezogener Betrachtungsweise – mit einer globalen Flächenbelegung von 2.800 m² pro Kopf (bzw. 3.000 m² pro Kopf in BAU II) der dann weltweit verfügbare landwirtschaftliche Raum intensiv bewirtschafteter Fläche von ca. 2.000 m² pro Kopf deutlich überschritten (Abbildung 39). Dies dürfte unter Nachhaltigkeitsaspekten ein Problem darstellen⁶⁸.

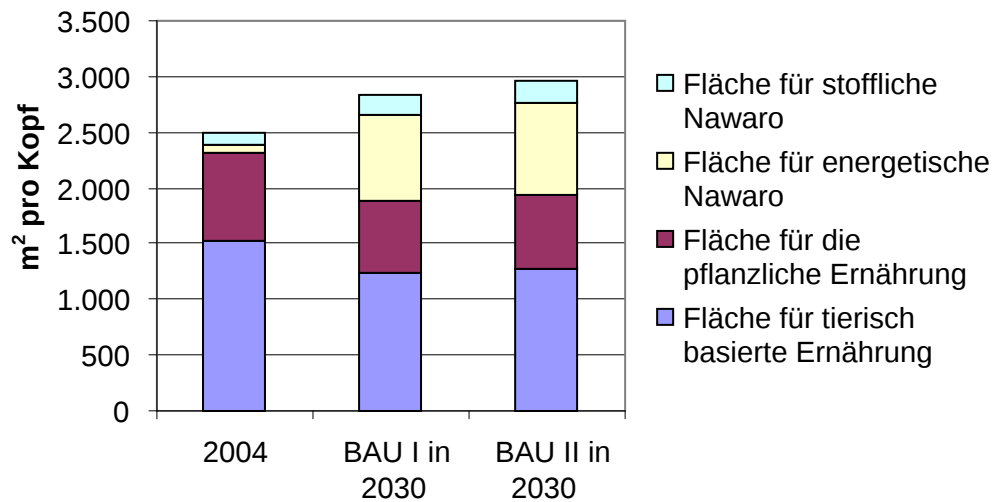
Abbildung 38: Verwendung der globalen agrarischen Flächenbelegung in Deutschland und in der EU-15. Netto-Konsumflächen.



Quellen: für EU-15: Bringezu/Steger, 2005; für Deutschland: diese Studie.

⁶⁸ Dabei stellen die Folgen des Klimawandels mit unbekannten Risiken für die global verfügbaren Anbauflächen einen bedeutenden Unsicherheitsfaktor dar.

Abbildung 39: Globale Flächenbelegung Deutschlands für den Konsum landwirtschaftlicher Waren in 2004 und 2030 (BAU I und BAU II). Netto-Konsumflächen.



Quelle: diese Studie.

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

3. Alternative Szenarienelemente

Die BAU-Szenarien und ihre Varianten laufen auf zunehmenden globalen Flächenbedarf für die zukünftige Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen hinaus.

Im folgenden werden Elemente für Alternativszenarien vorgestellt, mit dem Ziel, den globalen Flächenrucksack zu vermindern und inländische Produktion und Außenhandel auf eine global eher ökologische ausgewogene Bilanz einzustellen - durch effektive Strategien zur Förderung einer nachhaltigen Flächennutzung für die stoffliche und energetische Versorgung.

Folgende alternative Szenarienelemente werden grundsätzlich betrachtet:

A. Angebotsseitig:

- **Biogas statt Biokraftstoff**, d.h. Verringerung des Einsatzes von Biokraftstoffen der ersten Generation und stattdessen Ausbau der Nutzung von Biogas für den Strom-/Wärme-/Kraftstoffbereich;
- **Ackerbau (oder Forstwirtschaft) statt Viehzucht**, d.h. schrittweise Verringerung der inländischen Tierproduktion und Kompensation durch entsprechende Ausweitung des Anbaus von Non-Food-Biomasse (langfristig für Biomaterialien)
- **Photovoltaik statt Biomasse**, eine langfristige Perspektive: Verringerung des Anteils der primär energetischen Verwendung von Biomasse, indem die Nutzenergie durch weniger flächenintensive, auf Mineralien basierten Technologien bereitgestellt wird. Langfristig gehört hierzu auch Wasserstoff, der über solarthermische Kraftwerke erzeugt wird.

B. Verbrauchsseitig:

- **Verminderung des Fleisch-Milch-Konsums**: Ausgehend von Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) wird angenommen, dass die dort vorgeschlagenen Verzehrsmengen für tierische Nahrungsmittel pro Kopf nicht überschritten würden.
- **Steigerung der Ressourceneffizienz**: Erhöhung der Material- und Energieeffizienz in den Verwendungsbereichen der Biomasse und ihrer Produkte. Dazu wird hier zum einen die Verringerung der Verderb- bzw. Nichtnutzungsquote im Bereich Handel und Haushalten betrachtet. Zum anderen wird untersucht, wie sich eine von der EU avisierte Senkung der spezifischen CO₂ Emissionen bzw. des Kraftstoffverbrauchs auswirken würde.

3.1. Biogas statt Biokraftstoffe der ersten Generation

Im Gegensatz zu den Biokraftstoffen der ersten Generation (Biodiesel, Pflanzenöle und Bioethanol aus Getreide), kann mit Biogas ein deutlich höherer Energieertrag pro Fläche erzielt werden⁶⁹ (Tabelle 44). Zudem steht für Biogas der Vorteil, dass weitgehend Reststoffe verwendet werden können, die keiner Anbaufläche bedürfen. Nach einer Studie des Wuppertal Institut mit IE Leipzig (Wuppertal Institut et al., 2005) wurde für Deutschland ein gesamtes Biogaspotenzial von 260.000 TJ ermittelt. Davon sind knapp ein Drittel nachwachsende Rohstoffe aus landwirtschaftlichem Anbau. Der größere Anteil von etwa zwei Drittel sind die Ernterückstände und Exkrementen, industrielle Reststoffe und kommunale Reststoffe. Das gesamte Biogaspotenzial wird somit derzeit nur zu etwa 18% ausgeschöpft⁷⁰.

Tabelle 44: „Kraftstoffenergieertrag“ verschiedener Biokraftstoffe pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche.

	Liter Kraftstoffäqui- valente pro Hektar Anbaufläche
Biodiesel aus Raps	1408
Rapsöl	1420
Bioethanol aus Zuckerrüben	4054
Bioethanol aus Getreide	1660
Bioethanol aus Lignozellulose	640
Bioethanol aus Zuckerrohr (Brasilien)	4197
BtL	3907
Biogas (Biomethan aus Silomais)	4977

Quelle: FNR, 2006b.

Anmerkungen:

- 1) Bei Bioethanol aus Lignozellulose ist zu berücksichtigen, dass auf der gleichen Fläche zusätzlich weitere Rohstoffe für die Nahrungsmittel- oder Bioethanolproduktion hergestellt werden.
- 2) Bei BtL ist nur Anbaubiomasse berücksichtigt.
- 3) Die Potenziale für Pflanzenöl und Biodiesel sind nicht addierbar.
- 4) Die Flächen für Biogas und BtL stehen jeweils in Konkurrenz zu den anderen Flächen.
- 5) Der Bruttokraftstoffenergieertrag gibt den produzierten Energieinhalt eines Biokraftstoffs pro ha Anbaufläche an. Er ergibt sich aus dem Produkt der produzierten Menge und dem Energieinhalt. Bei der Berechnung der Kraftstoffäquivalente wird der durch den jeweiligen Biokraftstoff zu ersetzende fossile Kraftstoff zur Berechnung der Äquivalentwerte verwendet (auf Basis der unteren Heizwerte).

⁶⁹ Daraus kann jedoch nicht geschlossen werden, dass ähnliche Minderungspotenziale für Treibhausgase resultieren.

⁷⁰ In 2006 wurden 47.500 TJ Primärenergieäquivalente durch Biogas zur Stromerzeugung bereitgestellt (BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, Stand Juni 2007, S. 11).

Wir gehen in diesem alternativen Szenarioelement davon aus, dass im Extremfall im Inland gar keine Biomasse mehr für Biokraftstoff angebaut wird, und stattdessen - wegen der höheren Energieausbeute - die Fläche für Mais und/oder andere Energiepflanzen für Biogas genutzt würde. Daraus ergeben sich zwei mögliche Alternativen:

- a) Bei gleich bleibendem globalem Flächenrucksack wird auf der frei werdenden Fläche im Inland Biogas aus Anbaubiomasse erzeugt. Die Fragestellung hierzu lautet, wie viel Treibhausgase (THG) damit eingespart werden könnten bzw. in welchem Maße der spezifische Beitrag von einem Hektar Fläche zur Minderung von THG steigen würde;
- b) Über Biogas wird die gleiche Menge Nutzenergie wie bei Biokraftstoffen aus inländischem Anbau generiert. Die damit einhergehende Einsparung von Fläche vermindert den globalen Flächenrucksack. Hier ist zu klären, welche Größenordnung diese Minderung erreichen kann.

Würde nach (a) in Deutschland im Jahre 2030 anstelle von Biokraftstoffen auf derselben Fläche im Inland Anbaubiomasse zur Erzeugung von Biogas in Blockheizkraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung produziert werden, so würde sich nach BAU I im Alternativ-Szenarioelement I (ASV I) ein Netto-Einsparpotenzial⁷¹ von ca. 15,8 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente ergeben, bei BAU II im Alternativ-Szenarioelement II (ASV II) ca. 17,9 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (Tabelle 45). Im Vergleich zu den CO₂ Minderungspotenzialen nach dem Leitszenario 2006 von Nitsch, 2007, von 218 Millionen Tonnen⁷², wären dies etwa 7% bei BAU I bis 8% bei BAU II. Im Vergleich zu dem im Leitszenario 2006 angenommenen gesamten CO₂ Minderungspotenzial von 218 Millionen Tonnen CO₂, was insgesamt 31% Minderung gegenüber dem Referenzszenario entspricht (davon 9% im Kraftstoffbereich), wäre dies ein signifikanter Beitrag.

Pro Hektar Anbaufläche im Inland würden durch den Ersatz von Biokraftstoffen durch Biogas etwa 5,7 bis 5,8 Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden können. Verglichen mit einer Nettoeinsparung von Treibhausgasen nach BAU I von ca. 2,6 Tonnen THG pro Hektar LW-Fläche, und 3,5 t THG pro ha nach BAU II, wäre dies ein signifikanter Beitrag zur Steigerung des THG-Minderungspotenzials.

Würde im Fall (b) der Nutzenergiegehalt von Biokraftstoffen aus inländischem Anbau in 2030 durch dieselbe Energiemenge in Form von Biogas aus Anbaubiomasse ersetzt, so würde sich eine Einsparung des globalen Flächenbedarfs für den inländischen

⁷¹ Das Netto-Einsparpotenzial bezieht sich hier auf die Differenz der Einsparpotenziale von Biogas und Biokraftstoffen, nachdem sowohl beim Biogas als auch bei den Biokraftstoffen jeweils die Netto-Einsparungen gegenüber der fossilen Produktvariante berechnet wurden.

⁷² Dieses Minderungspotenzial ergibt sich aus der Differenz der CO₂-Emissionen nach Referenzszenario von 704 Millionen Tonnen in 2030 und den CO₂-Emissionen nach Leitszenario von 486 Millionen Tonnen in 2030; es umfasst die Bereiche Strom, Wärme und Kraftstoffe.

Konsum von ca. 67 m² bis 72 m² pro Kopf ergeben (Tabelle 45). Im Vergleich zum globalen Flächenbedarf nach BAU I von 2.800 m² pro Kopf und 3.000 m² pro Kopf nach BAU II, wäre dies ein relativ geringer Beitrag, um den Flächenrucksack in Richtung des global verfügbaren Wertes von 2000 m² pro Kopf zu vermindern.

Tabelle 45: Einsparung von Treibhausgasen bei Ersatz von Biokraftstoffen durch Biogas beim Anbau im Inland (a), und Einsparung von Fläche beim Ersatz der Energieinhalte von Biokraftstoffen aus Anbau im Inland durch Biogas (b).

	ASV I	ASV II
a) Biogaserzeugung auf ehem. "Biokraftstofffläche" im Inland		
Netto-Einsparung von THG in Millionen Tonnen CO ₂ -Äquivalente	15,8	17,9
dgl. in Tonnen CO ₂ -Äquivalente pro Hektar	5,8	5,7
b) Biogas ersetzt Energie von Biokraftstoffen aus Anbau Inland:		
	in m ² pro Kopf	
Globale Fläche für Konsum D	2.837	2.958
Einsparung durch Biogas statt Biokraftstoffe beim Anbau im Inland	67	72
Verfügbarkeit im Inland	2.160	
Verfügbarkeit weltweit	1.988	

Quelle: diese Studie.

Anmerkung: ASV I = alternative Szenariovariante I basierend auf BAU I; ASV II = alternative Szenariovariante II basierend auf BAU II.

3.2. Verminderung der tierischen Produktion

Ein Element, um die für das Jahr 2030 nach den BAU-Szenarien prognostizierte Zunahme in der Flächenbelegung Deutschlands zu reduzieren, wäre die Verringerung der Nutztierbestände im Inland. Dadurch, so die Hypothese, könnten Flächen, die ehemals zur Futtermittelerzeugung benötigt wurden, freigesetzt und folglich anderen Nutzungsarten zugeführt werden. Die Flächen, die Deutschland für die Futtermittelversorgung benötigt, liegen zu 91,8% im Inland (eigene Berechnung nach BMELV, 2006). Die Untersuchungsfrage lautet, in wie fern eine signifikante Umnutzung der Flächen, die derzeit für die Futtermittelerzeugung benötigt werden, den auf lange Sicht durch die Zunahme der Produktion von Biomasse für stoffliche und energetische Zwecke deutlich erhöhten Flächenbedarf Deutschlands kompensieren kann.

Verschiedene Studien zur Nutzung von Bioenergie gehen davon aus, dass es im Rahmen der GAP Reform von 2003 zu einer Reduzierung der Tierpopulationen bzw der tierischen Produktion kommt, verbunden mit einer signifikanten Flächenfreisetzung im Inland (z.B. EEA, 2006; Thrän et al., 2005).

Diesen Annahmen stehen Agrar-Modellrechnungen gegenüber, die zwar ebenfalls eine Verminderung der Tierpopulation und der tierischen Erzeugung infolge der GAP Reform gegenüber einer angenommenen Entwicklung nach Agenda 2000

voraussagen, jedoch in der Summe keine Reduzierung des inländischen Flächenbedarfs sehen (Küpker et al., 2006; Britz et al., 2006).

Die seit diesem Jahr in Deutschland in Umsetzung befindlichen marktpolitischen Neuerungen der GAP-Reform von 2003 haben einen großen Einfluss auf die Entwicklung der Nutztierbestände und der Futtermittelversorgung. Nach neueren Untersuchungen der Universität Bonn (Britz et. al, 2006) sowie der FAL Braunschweig (Küpker et. al, 2006) ist davon auszugehen, dass es trotz eines deutlichen Rückgangs in der Rinderproduktion und Stagnation bei den anderen Nutztieren bis 2010 bzw. 2013 zu keiner Flächenfreisetzung durch einen verminderten Futtermittelbedarf kommen wird (Tabelle 46). Ursache hierfür ist die Umstellung der an die Produktion gebundenen Prämienzahlungen auf Flächenprämien im Zuge der Reform. Dadurch wird es zu einem vermehrten Anbau von flächenintensiven Futtermitteln auf Grünland oder Gras auf Ackerland zu Lasten von ertragsintensivem Futter wie Silomais oder Getreide kommen.

Tabelle 46: Prognostizierte Veränderungen im Tierbestand und in der inländischen Verfügbarkeit von Landwirtschaftsfläche in Deutschland 2010 und 2013 bei Umsetzung der GAP im Vergleich zur Entwicklung nach Agenda 2000.

1. nach Britz et al. 2006 (Uni Bonn)			
Veränderungen in Deutschland 2010 infolge GAP-reform gegenüber Agenda 2000			
	in 1000 Tiere	in %	
Alle Rinderaktivitäten	-514	-3,9%	
	in 1000 ha	in %	
Ackerland	-203	-2,2%	
Ackerland plus Gemüse und Dauerkulturen	-203	-2,1%	
Futterflächen	201	2,9%	
LW-Nutzfläche ohne Stilllegung und Brache	-2	-0,0%	
LW-Nutzfläche insgesamt	-2	-0,0%	
2. nach Küpker et al. 2006 (FAL Braunschweig)			
Veränderungen in Deutschland 2013 infolge GAP-reform gegenüber Agenda 2000			
	in 1000 Tiere	in %	
Milchkühe	0	0,0%	
Mutterkühe	-17	-4,1%	
Mastochsen	-112	-8,6%	
Mastschweine	0	0,0%	
Schafe	10	0,8%	
	in 1000 ha	in %	
Ackerland	0	0,0%	
Futterpflanzen auf Ackerland	61	3,8%	
darunter: Silomais	-45	-4,2%	
darunter: andere Futterpflanzen	106	19,7%	
Grünland	4	0,1%	
Brachland	-3	-13,4%	
LW-Nutzfläche insgesamt	4	0,0%	

Quelle: Britz et al., 2006; Küpker et al., 2006.

Neue Prognosen der FAL sind in der Entwicklung, lagen aber bei Abschluss dieser Studie leider noch nicht vor.

Diese durch die Agrarmodelle prognostizierte Entwicklung kann im Grunde als eine BAU Entwicklung infolge der Umsetzung der GAP Reform gesehen werden. Die

Alternative hierzu wäre eine deutlich stärkere Reduzierung der inländischen Tierproduktion. In jedem Fall jedoch würde eine Verminderung der inländischen Tierproduktion bei gleich bleibendem Konsum durch eine Steigerung der Importe von Fleisch- und Milchprodukten sowie Futtermitteln kompensiert werden, so dass sich an der Größenordnung der global belegten Fläche nichts ändern würde.

3.3. Verminderung des Konsums tierischer Nahrungsmittel

Eine nur auf das Inland begrenzte Verminderung der Tierproduktion würde wenig an der global für den Konsum benötigten Fläche ändern. Daher wäre die Verminderung des Konsums tierisch basierter Ernährung erforderlich, sollten die Flächenerfordernisse für diesen Bereich reduziert werden.

Exkurs: Produktvergleich: spezifischer Flächenbedarf

Die folgende Zusammenstellung gibt Hinweise auf das spezifische Ausmaß von Flächenbedarf und damit potenzielle Flächenkonkurrenzen. Biokraftstoffe der ersten Generation benötigen mehr Fläche als ihre Ausgangsrohstoffe. Tierisch basierte Nahrungsmittel benötigen ein Vielfaches der Fläche von nicht verarbeiteten pflanzlichen Produkten, und auch deutlich mehr als Brot.

	Flächenbedarf in m ² pro Joule
Biodiesel aus Raps	0.22
Bioethanol aus Getreide	0.28
Kuhmilch	0.72
Rindfleisch	2.09
Schweinefleisch	0.79
Geflügelfleisch	0.54
Eier	0.60
Kartoffeln	0.11
Äpfel	0.16
Gemüse aus Freiland	0.34
Futter- und Industriegetreide	0.12
Raps und Rüben	0.18
Brot	0.19

Quelle: eigene Zusammenstellung nach Daten des BMELV, des WI und Busch (2008)

In dem Konsumszenario nach Busch, 2008, wird ausschließlich der inländische Verbrauch tierischer Nahrungsmittel berücksichtigt. Aus den für das Szenario zur Nutztierproduktion errechneten Daten zu den Flächenbelegungen in 2005, müssen demzufolge die für den Export tierischer Nahrungsmittel belegten Flächen abgezogen werden. Jene indirekt durch den Import von Nahrungsmitteln im Ausland belegten Flächen werden hinzuaddiert. Dies geschieht über den Selbstversorgungsgrad (SVG) bei Nahrungsmitteln, der der jährlich erscheinenden Statistik des Bundesministeriums

für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) zu entnehmen ist. Dabei wurde der SVG der jeweiligen fleischlichen Nahrung auf die jeweiligen gesamten Nutztierbestände und deren Flächeninanspruchnahme übertragen. Grund ist die Vereinfachung dienende Datenaggregation bei den Nutztierarten. Große Abweichungen sind dabei nicht zu erwarten. So entwickelten sich in den vergangenen Jahren, wie auch in Zukunft laut GAP-Modellierung der FAL, die Tierbestände bei Rindern zur Milch- und Rindern zur Fleischproduktion nahezu parallel. Unter Einbezug des SVG ergibt sich für die Futtermittel für Nutztiere für den inländischen Konsum tierischer Nahrungsmittel für 2005 eine globale Flächenbelegung von 10,9 Mio. ha, wobei davon 9,4 Mio. ha im Inland verortet sind. Diese 9,4 Mio. ha nur für den inländischen Konsum entsprechen also knapp 88% der gesamten Futtermittelfläche für die Tierproduktion innerhalb Deutschlands.

Beim Verbrauch tierischer Nahrungsmittel sind in den letzten zehn Jahren unterschiedliche Trends festzustellen. Während der Verbrauch von Fleisch, Nahrungsfetten und Eiern rückläufig ist, nimmt der Verbrauch von Milcherzeugnissen und Käse zu. Insgesamt ist ein leichter Rückgang im Verbrauch festzustellen. Der Fleischverbrauch in Deutschland stieg beginnend in den 1950er Jahren von einem niedrigen Niveau aus kontinuierlich an und erreichte seinen Höhepunkt Ende der 1980er Jahre mit über 100 kg pro Person und Jahr. Seit dem ist der Verbrauch im Abnehmen begriffen. Der Fleischverbrauch lag im Jahr 2005 bei 87,2 kg pro Person und Jahr.

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) betreibt seit Jahrzehnten Aufklärungsarbeit zum Thema Ernährung und gibt auf ihrer Internetseite, sowie in Publikationen auf wissenschaftlicher Basis, Empfehlungen bezüglich eines Wandels hin zu gesünderen Ernährungsweisen. Die DGE empfiehlt einen Anteil für Fleisch an der Ernährung eines Erwachsenen von 7%, für Milchprodukte von 18%, gibt jedoch keine Informationen zu genauen Mengenangaben. Basierend auf den aktuellen Verbrauchsstatistiken des BMELV, wird in dieser Arbeit eine Abnahme des Konsums tierischer Nahrungsmittel von 30% angelegt. Das entspricht der Abnahme des Konsums von Fleisch vom derzeitigen, auf den von der DGE empfohlenen Anteil an der Gesamternährung. Für Milch wird zwar nach DGE nur mit einem Rückgang von 20% gerechnet, bezogen auf den Futtermittel- und Flächenbedarf, wird bei den hier angestellten Berechnungen aber ebenfalls von einer Abnahme um 30% ausgegangen, da bei Käse und Milcherzeugnissen wegen der Produktivitätssteigerungen (Milchleistung je Kuh) eine höhere Milchproduktion bei gleichzeitig sinkender Anzahl an Milchkühen (und damit Flächenbedürfnissen) gewährleistet wird.

Entsprechend den Empfehlungen der DGE und anderer Ernährungsstudien, dass weißes Fleisch (Geflügel) rotem Fleisch (Rind, Schwein) aus gesundheitlichen Gründen (u.a. karzinogenes Risiko) vorzuziehen ist, wird für das 30%-Subzenario noch eine zweite Variante mit deutlich erhöhtem Anteil an Geflügelfleisch berechnet. Diese

Variantenbetrachtung ist von Interesse, da je nach Nutztierart die Fleischerzeugung eine deutlich unterschiedliche Flächeninanspruchnahme aufweist: Der spezifische Flächenbedarf für die Erzeugung von Rindfleisch liegt aufgrund der unterschiedlichen Futtermittelzusammensetzung fast um das 3,5-fache über dem von Hühnerfleisch. In Tabelle 47 ist die relative Veränderung des Fleischkonsums für die beiden Subszenarien aufgetragen. In Sub.2 steigt der Anteil von Geflügelfleisch auf 50% am gesamten Fleischkonsum.

Tabelle 47: Relative Veränderung des Fleischkonsums in 2030 in den beiden Subszenarien.

		Rind	Schwein	Geflügel	Schaf*	Pferd	Sonst.**	Gesamt
2005		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2030	Sub.1	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
	Sub.2	42,3	42,4	172,3	72,1	61,0	71,2	70,0

* inkl. Ziegen ** Wild, Kaninchen, Innereien (nicht flächenrelevant, nicht weiter betrachtet)

Quelle: Busch, 2008.

Die relativen Konsumveränderungen werden nun auf das Futtermittelaufkommen übertragen. Über die spezifischen Ertragszahlen lassen sich dann die Flächenbelegungen nach Futtermitteln bzw. Nutztieren ableiten (siehe Tabelle 48).

Tabelle 48: Futtermittelaufkommen (in 1.000 Tonnen) und Flächenbelegung (in 1.000 ha) nach Tierarten und Futtermittel in 2005 und 2030 (Netto-Konsum-Fläche).

	Aufk. 2005	Aufkommen 2030				Fläche 2005	Flächenbelegung 2030			
		Sub.1	%	Sub.2	%		Sub.1	%	Sub.2	%
Rinder	90.763	61.464	-32,3	37.142	-59,1	6.637	3.505	-47,2	2.118	-68,1
Schweine	17.762	12.029	-32,3	7.286	-59,0	2.695	1.423	-47,2	862	-68,0
Geflügel	6.570	4.450	-32,3	10.953	66,7	1.094	578	-47,2	1.422	30,0
Schafe	3.596	2.432	-32,4	2.494	-30,7	256	135	-47,3	139	-45,8
Pferde	2.981	2.017	-32,3	1.746	-41,4	213	112	-47,2	98	-54,1
Gesamt	121.673	82.391	-32,3	59.620	-51,0	10.894	5.753	-47,2	4.638	-57,4
	Aufk. 2005	Aufkommen 2030				Fläche 2005	Flächenbelegung 2030			
		Sub.1	%	Sub.2	%		Sub.1	%	Sub.2	%
Getreide	25.890	17.533	-32,3	17.249	-33,4	3.916	2.068	-47,2	2.061	-47,4
Hülsenfrüchte	538	364	-32,3	283	-47,4	168	89	-47,3	75	-55,6
Kraftfutter	7.901	5.351	-32,3	4.958	-37,2	1.548	818	-47,2	757	-51,1
Hackfrüchte	2.253	1.525	-32,3	922	-59,1	42	22	-47,6	13	-68,3
Grünfutter	84.085	56.941	-32,3	35.798	-57,4	5.155	2.722	-47,2	1.711	-66,8
Milch	1.006	677	-32,8	409	-59,3	65	34	-47,5	21	-68,3
Gesamt	121.673	82.391	-32,3	59.620	-51,0	10.894	5.753	-47,2	4.638	-57,4

Quelle: Busch, 2008.

In beiden Subszenarien macht sich der Einfluss der Ertragssteigerungen pro Flächeneinheit bemerkbar. Bei 30% geringerem Konsum tierischer Nahrungsmittel belegt Deutschland 47 bis 57% weniger globale Fläche für den Futtermittelanbau.

Neben positiveren Auswirkungen auf die Gesundheit hätte ein deutlich höherer Anteil von weißem Geflügelfleisch (50 statt 18%) demnach zugleich eine globale Flächenfreisetzung von 1,1 Mio. ha zufolge (vgl. Sub.1 und Sub.2). Bei diesen 57,4% Rückgang im Subszenario 2 mit unterschiedlichen Anteilen der Fleischarten an der Ernährung (mehr Geflügel, weniger Rind und Schwein) führt die hohe Geflügelimportquote (siehe SVG) zu einer geringeren Flächenabnahme im Ausland (-36,5%) als im Inland (-60,7%). Die Flächenfreisetzung durch den Minderkonsum tierischer Nahrung in den Subszenarien 1 und 2 beträgt 5,1 Mio. ha bzw. 6,3 Mio. ha. Dies entspricht der Bruttoflächenfreisetzung. Um jedoch ein realistisches Gesamtergebnis zu erhalten, muss diese Flächenfreisetzung mit der Flächenmehrbelegung durch den Mehrkonsum pflanzlicher Nahrungsprodukte verrechnet werden. Das Ergebnis aus a) der Verrechnung der Bruttoflächenfreisetzung und b) der Flächenmehrbelegung durch den erhöhten Konsum pflanzlicher Nahrung ist die Nettoflächenfreisetzung.

Der geringere tägliche Verbrauch tierischer Nahrungsmittel muss durch die Zufuhr von pflanzlicher Nahrung kompensiert werden. In der Berechnung geschieht das über die spezifischen Kaloriengehalte der Nahrung.

Entsprechend des Minderverbrauchs tierischer Nahrung in den Subszenarien wurde der Konsum pflanzlicher Nahrungsmittel um 30% erhöht. Hierbei wurde nicht in die zwei Subszenarien unterschieden, da die kumulierten Energiegehalte nahezu identisch sind.

Derzeit nimmt in Deutschland jede Person im Durchschnitt 3.447 kcal zu sich, davon entfallen 2.174 kcal auf pflanzliche und 1.273 kcal auf tierische Nahrungsmittel. Bei einem 30%-igen Mehrverbrauch pflanzlicher Nahrung (respektive 30% weniger tierische), wandelt sich das Verhältnis in 2.487 zu 960 kcal. Das ergibt einen um 14,4% erhöhten Bedarf an pflanzlichen Nahrungsmitteln. Die Zunahme wurde nun anteilig auf alle pflanzlichen Nahrungsmittelkategorien umgerechnet und die jährliche Erhöhung der pflanzlichen Nahrungsanteile entsprechend der Verminderung der tierischen bis 2030 bestimmt. Mithilfe der spezifischen Energiegehalte der Nahrungsmittel pro Kilogramm kann der Verbrauch der Nahrungsmittel für die Zukunft prognostiziert werden. In einem letzten Schritt wird über spezifische Flächenkoeffizienten, inklusive Ertragsteigerungen, der Flächenbedarf der einzelnen Nahrungsmittel in 2030 ermittelt. Danach sinkt die globale Flächenbelegung der Erzeugung pflanzlicher Nahrungsmittel für den deutschen Konsum von 3,9 Mio. ha in 2005 auf 3,3 Mio. ha in 2030. Wegen der Ertragszuwächse sinkt die Flächeninanspruchnahme also trotz eines steigenden Bedarfs.

Addiert man nun die gesamten globalen Flächeninanspruchnahmen Deutschlands für die Erzeugung tierischer und pflanzlicher Nahrungsmittel, ergibt sich für das Jahr 2030 eine um 38,5 bzw. 46,1% reduzierte Flächenbelegung weltweit in den Szenarien Sub.1 bzw. Sub.2. Die globale Flächenbelegung in 2030 würde danach 9,07 Mio. ha bzw.

7,95 Mio. ha betragen. Es käme demnach zu einer Nettoflächenfreisetzung von 5,68 bzw. 6,79 Mio. ha.

Tabelle 49: Energiegehalte und Verbrauch von tierischen und pflanzlichen Nahrungsmitteln in Deutschland.

Nahrungsmittel	Energiegehalt in kcal/kg	Verbrauch kg/Jahr 2005
Weizenmehl	3.020	68,8
Roggenmehl	2.660	9,4
Sonst. Getreide	3.500	13,4
Reis	3.480	4,1
Hülsefrüchte	600	0,5
Kartoffeln	700	70,3
Zucker	3.990	45,5
Kakao	3.430	2,8
Honig*	3.030	1,1
Gemüse	250	96
Obst	550	75,3
Zitrusfrüchte	550	40,1
Schalenfrüchte	6.000	3,5
Trockenobst	2.700	1,5
Margarine	7.220	5,8
Speiseöl	9.000	10,9
Speisefett	8.000	0,8
Schweinefleisch	2.500	53,8
Rindfleisch	1.750	12,1
Geflügelfleisch	2.000	17,7
Schafffleisch	2.000	1,1
Pferdefleisch	1.070	0,1
sonst. Fleisch*	1.150	2,4
Fisch*	1.000	14,8
Milch	660	381,5
Tierische Fette*	8.500	4,1
Eier	1.550	12,6

*nicht betrachtet, da nicht flächenrelevant

Quelle: Busch, 2008.

Nur auf die landwirtschaftliche Nutzfläche innerhalb Deutschlands in 2005 bezogen, ergäbe sich eine konsumbedingte Flächenreduktion von rund 4,8 bzw. 6,1 Mio. ha (28 bzw. 36% der Fläche von 2005).

Basierend auf diesen Flächenfreisetzungspotenzialen würde sich in 2030 insgesamt eine Flächeneinsparung durch verminderten Konsum tierisch basierter Ernährung von ca. 630 bis 770 m² pro Kopf ergeben. Rechnet man die Hektarproduktivitätssteigerungen heraus, so ergibt sich die Flächeneinsparung, die rein auf die Verbrauchsreduzierung zurückzuführen ist, sie würde zwischen 350 bis 520 m² pro Kopf betragen (Tabelle 51).

Tabelle 50: Entwicklung der globalen Flächenbelegung für tierische und pflanzliche Nahrungsmittel von 2005 bis 2030 (in 1.000 ha) (Netto-Konsumfläche).

	Sub.1	Sub.2
Globale Flächenbelegung 2005	14.742	14.742
Globale Flächenbelegung 2030	9.065	7.951
dav. im Inland	7.238	5.965
dav. Im Ausland	1.827	1.986
Bruttoflächenfreisetzung tierische Nahrung	-5.141	-6.256
Flächenentwicklung pflanzliche Nahrung	-535	-535
Nettoflächenfreisetzung	-5.677	-6.791
Freisetzung in% von 2005	-38,5	-46,1

Quelle: Busch, 2008.

Tabelle 51: Netto-Flächeneinsparung durch Verminderung tierischer Nahrungsmittel von 2005 bis 2030 (Netto-Konsumfläche).

		Sub.1	Sub.2
	2005	2030	2030
Bevölkerung	82.464.000	78.476.500	78.476.500
<i>m2 pro Kopf</i>			
Flächenbelegung in 2005	1.788		
Flächenbelegung in 2030		1.155	1.013
Flächeneinsparung in 2030		633	775
Flächeneinsparung in 2030 abzgl. Ha-Prod.Steigerungen		350	526

Quelle: basierend auf Busch, 2008.

Zu einer ähnlichen Einschätzung führt eine Berechnung auf Basis von Daten nach Rösch und Woitowitz, 2004. Hier würde auf Basis der Originaldaten (bei integriertem Landbau ein Flächeneinsparpotenzial von etwa 580 m² pro Kopf resultieren, bei 30% Anteil Ökolandbau etwa 470 m² pro Kopf. Rösch/Woitowitz gehen allerdings von sehr unterschiedlichen Reduktionsraten bei tierischer Ernährung aus, die von 8% bei Rindfleisch bis 83% bei Hühnerfleisch reichen, und damit im Detail nicht den hier getroffenen Annahmen entsprechen. Insgesamt beträgt die Reduktion tierischer Ernährung nach Rösch/Woitowitz bei den Mengen aber auch etwa 31%. Wir haben daher, und in Anlehnung an das Vorgehen in der vorliegenden Studie, die Werte nach Rösch/Woitowitz auf Basis einer Reduktion für alle tierischen Nahrungsmittel um jeweils 30% neu berechnet. Auf Basis dieser Daten würde bei integriertem Landbau ein Flächeneinsparpotenzial von etwa 370 m² pro Kopf resultieren, bei 30% Anteil Ökolandbau etwa 240 m² pro Kopf.

Eine Verminderung des Verbrauchs tierisch basierter Ernährung auf ein Niveau, das von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung empfohlen wird, würde somit einen Netto-Einspareffekt von bis zu etwa 500 m² pro Kopf erbringen.

Mit einem Anteil von 50% bis 63% (Sub.1 bis Sub.2) hat der Faktor des verringerten Konsums tierischer Nahrung einen deutlich größeren Einfluss auf den potenziellen Gesamtrückgang der globalen Flächenbelegung Deutschlands zur Nahrungsmittelproduktion als die Faktoren Flächenertragssteigerung (45% bis 32%: Sub.1 bis Sub.2) oder gar Bevölkerungsrückgang (5%: Sub.1 bis Sub.2). Dies zeigt, wie einflussreich die Veränderung von Ernährungsstilen bei der globalen agrarischen Flächenbelegung ist. Um eine Reduktion der global für die Tierproduktion beanspruchten Fläche zu erreichen, wäre ein Wandel im Verbraucherverhalten unabdingbar. Dadurch ließen sich erhebliche Potenziale für Flächeneinsparungen nutzen.

3.4. Photovoltaik statt Biomasse

Im Folgenden wird auf einen Vergleich der Stromerzeugung durch Photovoltaik Freiflächenanlagen mit der Stromerzeugung aus Biogas auf Basis von Energiemais fokussiert. Hierfür dient die Masterarbeit von Markus Graebig, 2007, an der Universität Cambridge als Vorlage, in der ein Vergleich der beiden Routen hinsichtlich der lebenszyklusweiten Umweltbelastungen bezogen auf die genutzte Fläche angestellt wurde.

In 2006 betrug in Deutschland der Beitrag von Photovoltaik (PV) zum Primärenergieverbrauch 0,05%, der Anteil von Biogas zur Stromerzeugung am PEV lag bei 0,3%⁷³ (BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, 2007: S. 11).

Im Leitszenario 2006 (Nitsch, 2007) wird eine Steigerung der Stromerzeugung durch Photovoltaik von 1.784 GWh in 2006 (davon 1659 Dächer, Fassaden; 125 Freiflächen) auf 8.967 GWh in 2020 (davon 8.182 Dächer, Fassaden; 785 Freiflächen) unterstellt. Dies entspricht insgesamt einer Steigerung um das Fünffache (4,9fache bei Dächer, Fassaden; 6,3fache bei Freiflächen). Für 2030 wird in Nitsch, 2007, lediglich die gesamte Strom- und Nutzwärmeerzeugung aus PV ausgewiesen, dies sind 12.798 GWh.

Für Biogas aus Anbaubiomasse zur Stromerzeugung gehen wir in dieser Studie von ca. 18.400 GWh in 2030 unter BAU I aus, von etwa 20500 unter BAU II. Dies entspricht gut den Annahmen im Leitszenario 2006 (ca. 20000 GWh).

Der spezifische Flächenbedarf für PV beträgt 4,4 ha pro GWh_{el} und Jahr (Graebig, 2007). In dieser Studie gehen wir von einem spezifischen Flächenbedarf für die Biogas-Mais Route von 64,8 ha pro GWh_{el} in 2005 aus (61,7 bei Graebig, 2007) und erwarten eine Hektarproduktivitätssteigerung auf 45,6 ha pro GWh_{el} in 2030. Dies bedeutet, dass bei angenommener Konstanz des Flächenertrages für PV die Stromerzeugung aus Biogas-Mais in 2030 etwa 10,4mal soviel Fläche pro Einheit

⁷³ Nach Wirkungsgradmethode. Bezogen auf die Stromerzeugung betrug der PV Anteil 2%, der Biogasanteil 12%.

elektrischer Leistung benötigen würde wie Strom durch Photovoltaik (gegenwärtig sind das mehr als 14mal so viel).

Nimmt man nun an, dass der gesamte Strom aus Biogas aus Anbaubiomasse in den beiden BAU-Szenarien⁷⁴ durch Strom aus Freiflächen-PV-Anlagen ersetzt würde, so ergäbe sich eine Verminderung der Flächeninanspruchnahme von ca. 100 m² pro Kopf (Tabelle 52). Im Kontext des gesamten globalen Flächenbedarfs Deutschlands für den Konsum landwirtschaftlicher Waren in 2030 von 2800 (BAU I) bzw. 3000 (BAU II) m² pro Kopf ist dies ein relativ geringer Beitrag.

Dabei darf jedoch nicht übersehen werden, dass Photovoltaikstrom im Vergleich zum Biomassestrom aus Biogas-Mais deutliche Vorteile für die Umwelt bringt. Im, für den Vergleich, ungünstigsten Fall, wenn Mais in einem sehr effektiven Kraft-Wärme-Kopplungssystem eingesetzt wird, und ein reduzierter Wirkungsgrad von PV unterstellt wird, erzielt PV immer noch eine 4mal höhere Verminderung von Treibhausgasen und nicht erneuerbarem Energieverbrauch im Vergleich zu Biogas. Weiterhin kann bei PV-Freiflächenanlagen die Erosion von landwirtschaftlichem Boden, die insbesondere durch den Anbau von Silomais befördert wird, weitestgehend vermieden werden. Zieht man den Öko-Indikator 99 (H) Wert heran, so hat PV ein um 100% höheres Potenzial Umweltbelastungen zu vermindern (Graebig, 2007).

Insgesamt würde unter der Annahme, dass der Strom aus Biogas aus Anbaubiomasse durch Photovoltaikstrom ersetzt würde, und unter den in BAU I bzw. BAU II getroffenen Voraussetzungen, in der alternativen Szenariovariante I (ASV I) netto ca. 2,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente mehr eingespart werden als im Vergleich zu Strom aus konventionellen Kraftwerken (Tabelle 52). In der alternativen Szenariovariante II (ASV II) wären dies ca. 3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente.

Tabelle 52: Einsparung von Treibhausgasen bei Ersatz von Strom aus Biogas aus Anbaubiomasse durch Photovoltaikstrom, sowie Einsparung von Fläche.

	ASV I	ASV II
Ersatz von Biogas aus Anbaubiomasse durch PV		
Netto-Einsparung von THG in Millionen Tonnen CO ₂ -Äquivalente	2,7	3,0
	in m ² pro Kopf	
Globale Fläche für Konsum D	2.837	2.958
Einsparung durch Ersatz von Biogas durch PV	103	103
Verfügbarkeit im Inland	2.160	
Verfügbarkeit weltweit	1.988	

Quelle: diese Studie, basierend auf Graebig, 2007.

Anmerkung: ASV I = alternative Szenariovariante I basierend auf BAU I; ASV II = alternative Szenariovariante II basierend auf BAU II.

⁷⁴ Andere Studien gehen sogar von etwas geringeren Flächenpotenzialen für die Erzeugung von Biogas aus Anbaubiomasse aus, ca. 555.000 Hektar (Wuppertal Institut et al., 2005; Meó et al., 2006).

Insgesamt sprechen somit alle Umweltparameter auf längere Sicht für einen Ersatz von Biogas aus Anbaubiomasse durch mineralisch basierte Systeme wie PV. Die hier durchgeführten Berechnungen belegen zunächst, dass die Ausdehnung des Einsatzes von Mais-Biogas unter dem Gesichtspunkt der Umweltentlastung keine optimale Lösung darstellt. Selbst Freiflächen-Fotovoltaik bringt hier eine größere Umweltentlastung.

Davon nicht berührt ist die Biogasverstromung aus Gülle, Abfällen und sonstigen Reststoffen, die nach wie vor aus ökologischen Gründen Sinn macht.

Generell steht bei dem Vergleich PV gegenüber Biomasse die aus Umweltsicht jeweils zu bevorzugende Variante im Vordergrund des Interesses, wobei auf Grund der globalen Flächenknappheit die Umweltentlastung pro Flächeneinheit untersucht wird. Rein ökonomisch betrachtet, ist Strom aus PV zurzeit noch ca. dreimal so teuer wie aus Mais/Biogas. Die Frage der Grundlastfähigkeit stellt sich generell erst ab einem wesentlich höheren Anteil an PV-Strom als dies selbst bei einer Verdoppelung des derzeitigen Anteils der Fall wäre. Berücksichtigt man gleichwohl eine durch Speicherung des Stroms geringere Umwandlungseffizienz (ca. 30%), ist die PV-Variante der Mais/Biogas-Route immer noch überlegen. Berücksichtigt man ferner, dass Mais/Biogas auch für KWK genutzt wird und stellt dem ein PV-System mit Wärmepumpe als funktionale Äquivalenz gegenüber, so steigt die Vorzüglichkeit des PV-Systems bezüglich der verminderten Treibhausgase (Graebig, 2007).

Die Ergebnisse sollten gleichwohl **n i c h t** so interpretiert werden, dass daraus eine Empfehlung zur flächendeckenden Installation von Freiland-PV abgeleitet wird.

PV-Anlagen sollten stattdessen - auch vor dem Hintergrund der nationalen und globalen Flächenknappheit - vorrangig auf Dach- u. Fassadenflächen zur Anwendung kommen. Die Analyse zeigt jedoch, dass die Mais/Biogas-Technologie eine umweltbezogen vergleichsweise ineffiziente Art und Weise des Klimaschutzes darstellt. Längerfristig ist von der Anwendung von mineralisch basierten Technologien zur Nutzung von Solarenergie ein höheres Potenzial als von der Nutzung von Anbaubiomasse zu erwarten, so dass die weitere Förderung der letzteren aus Umweltsicht kritisch zu beurteilen ist.

Wie sich der Vergleich bezogen auf die Einkommenssituation der Landwirte darstellt, wäre zu untersuchen, denn auch von Freiflächen-PV könnten die Landwirte profitieren, hierzu liegen jedoch keine Erkenntnisse vor.

3.5. Steigerung der Ressourceneffizienz durch Verminderung des Anteils nicht verwerteter Lebensmittel

Für Deutschland gibt es nach unserem gegenwärtigen Recherchestand keine Studie, die eine quantitative Aussage über den Anteil nicht verwerteter Lebensmittel im Handel und in Haushalten zulassen würde.

Als Anhaltspunkt kann eine Studie der Universität für Bodenkultur Wien zu Nahrungsmitteln im Restmüll dienen (Schneider und Obersteiner, 2007). Danach werden in Wiener Haushalten etwa 50 kg überlagerte Lebensmittel pro Person und Jahr weggeworfen, noch original verpackt oder angebrochen. Laut Agrarmarkt Austria (AMA) werden damit in Wien jeden Tag soviel Lebensmittel weggeworfen, dass man damit ganz Graz (280.000 Einwohner) versorgen könnte.

Überträgt man die Menge von 50 kg in Haushalten weggeworfene Lebensmittel pro Person und Jahr auf Deutschland, so würde dies etwa 4 Millionen Tonnen Verluste an verzehrfähigen Lebensmitteln pro Jahr entsprechen. Bei einem gesamten Bruttokonsum an Lebensmitteln von ca. 58 Millionen Tonnen pro Jahr (nach BMELV; dies entspricht ca. 2 kg pro Kopf und Tag) läge die „Verlustrate“ bei ca. 7%. Unter der Annahme, dass sich diese Verluste gleichmäßig über das gesamte Spektrum an Nahrungsmitteln verteilen, könnten durch die vollständige Vermeidung dieser Verluste ca. 200 m² landwirtschaftliche Nutzfläche pro Kopf und Jahr eingespart werden. Im Kontext des gesamten globalen Flächenbedarfs Deutschlands für den Konsum landwirtschaftlicher Waren in 2030 von 2800 (BAU I) bzw. 3000 (BAU II) m² pro Kopf erscheint dies nicht sehr bedeutend, ergibt jedoch immerhin noch eine Verminderung um etwa 6%

Als zweiter Bereich neben Haushalten könnten Lebensmittelverluste im Handel ein Potenzial zur Verminderung des globalen Flächenrucksacks für den Konsum von Nahrungsmitteln darstellen. Zu diesem Bereich gibt es sehr divergierende Angaben, die keine schlüssige Ableitung eines Verminderungspotenzials erlauben. Hier ist weiterer Forschungsbedarf angezeigt.

Abschließend seien hierzu einige Beispiele genannt:

- Vereinigtes Königreich: 9% Verluste an Lebensmitteln im Handel, entsprechend 50 kg pro Einwohner und Jahr (Schneider, 2005);
- Schweiz: 14 bis 36 kg pro Einwohner und Jahr Verluste im Handel (Schneider, 2005);
- Österreich, Wien: 2,9 kg pro Einwohner und Jahr Obst- und Gemüseabfälle des Lebensmittel-Einzelhandels;
- Deutschland: 3-8% des Warenwertes Verluste entlang der Wertschöpfungskette, 4-15% für Obst und Gemüse (Schneider, 2005);
- USA: Weniger als insgesamt 2% Verluste im Einzelhandel (9 kg/E*a; davon zur Hälfte Milchprodukte, Obst Gemüse; bei verarbeitetem Obst/Gemüse inkl. Saft liegt die Verlustrate bei 10%; ein hoher Anteil der „Lebensmittelverluste“ geht auf gescheiterte Produkt-Einführungen zurück) (Kantor et al., 1997).

3.6. Steigerung der Ressourceneffizienz durch eine Obergrenze für CO₂-Emissionen bzw. eine Verminderung des Kraftstoffverbrauchs bei PKW

Die folgende Darstellung der Grundlagen zur Schätzung eines verminderten globalen Flächenbedarfs durch die Effizienzstrategie verminderter Kraftstoffverbrauch beruht auf van der Sand et al., 2007, und wurde um aktuelle Daten und Erkenntnisse erweitert.

Die europäische, japanische und koreanische Automobilindustrie hat sich 1998 gegenüber der Europäischen Union freiwillig verpflichtet, den CO₂-Ausstoß von neuen Personenkraftwagen bis 2008 auf durchschnittlich 140 g/km zu senken. Als Zwischenziel wurde für das Jahr 2003 ein Zielwert von 165-170 g/km genannt. Die Erreichung des 2008er Zieles wird jedoch allgemein als fraglich angesehen. Drei der in der Studie von van der Sand et al., 2007, untersuchten Fahrzeuge, liegen mit 158 g/km (Seat Ibiza), 154 g/km (VW Golf A4) und 224 g/km (Mercedes S-Klasse) über dem Durchschnittszielwert von 140 g/km. Lediglich der VW Lupo liegt mit 81 g/km deutlich unter dem durchschnittlichen Zielwert. Die Europäische Union erwog zunächst, die Automobilindustrie gesetzlich zu einer Absenkung auf durchschnittlich 120 g/km⁷⁵ zu verpflichten, hat im Februar 2007 jedoch einen Grenzwert von 130 g/km vorgeschlagen⁷⁶.

In dem letzten Monitoring-Bericht der Europäischen Kommission zur Selbstverpflichtung der Europäischen Automobilindustrie werden die CO₂-Emissionen für in Deutschland neu zugelassene Fahrzeuge mit 178 g/100 km für Benzin und 168 g/100 km für Dieselfahrzeuge für das Jahr 2004 angegeben⁷⁷ (Europäische Kommission, 2006). Dies entspricht einem Benzinverbrauch von 7,5 l/100 km bzw. 6,3 l Diesel pro 100 km. Um den **Zielwert von 130 g CO₂/km in 2012** zu erreichen, müssten die CO₂-Emissionen für Benziner folglich um 48 g/km (2,25 l Benzin pro 100 km), die für Diesel Pkw um 38 g/km (1,66 l/100 km) gesenkt werden.

Somit würden bei Umsetzung des Zieles 130 g CO₂ pro km beim spezifischen Dieserverbrauch fast 26% und beim spezifischen Benzinverbrauch knapp 30% eingespart werden können. Es wird direkt ersichtlich, dass diese mittelfristig erreichbaren Einsparungen im Hinblick auf die angestrebte Klimaentlastung viel effektiver wären als die geltenden Biokraftstoffquoten oder selbst die anvisierte Quote von 17% des gesamten energetischen Biokraftstoffanteils, insbesondere wenn man bedenkt, dass die Nettoeinsparung von Treibhausgasen deutlich geringer liegt. Bereits eine Verminderung des Diesel- bzw. Benzinverbrauchs um einen Liter pro 100 km

⁷⁵ Verbesserungen in der Fahrzeugtechnologie sollen dabei die Emissionen auf 130 g/km senken. Die restlichen 10 g/km sollen durch Effizienzverbesserungen bei z.B. Klimaanlage und Reifen, und der Beimischung von Biokraftstoffen kommen (Europäische Kommission, 2007)

⁷⁶ Nach Angaben des europäischen Dachverbands der Umwelt- und Verkehrsverbände „Transport and Environment – T&E, 2007 – lag der Schnitt in EU-24 in 2006 bei 160 g/km.

⁷⁷ In 2006 betrug die CO₂ Emission aller neu in Deutschland zugelassenen Fahrzeuge 171 g/km, gegenüber 172 in 2005 (T&E, 2007).

würde eine Ersparnis von ca. 16% beim Dieserverbrauch und ca. 13% beim Benzinverbrauch erbringen.

So wird im Leitszenario 2006 davon ausgegangen, dass sich im Bereich Kraftstoffverbrauch in Deutschland bis 2030 ein CO₂ Minderungspotenzial durch Effizienzsteigerungen den Ausbau erneuerbarer Energien von 64 Millionen Tonnen gegenüber 2005 erzielen lässt (Nitsch, 2007). Dies entspräche etwa 9% Einsparung auf Basis des Referenzszenarios 2006.

Die Auswirkungen auf die globale Flächenbilanz Deutschlands für den inländischen Konsum agrarischer Produkte zeigt Tabelle 53. Würden die Einsparungen durch das 130 g CO₂ pro km-Ziel für PkW erreicht (und höhere Klimaentlastungen durch Effizienzsteigerungen im Fahrzeugbereich umgesetzt werden), so läge der globale Flächenbedarf Deutschlands bei 2260 m² pro Kopf anstelle BAU I (gegenüber 2840 m²/Kopf mit Biokraftstoffen) und bei 2480 m² pro Kopf anstelle BAU II (gegenüber 2960 m²/Kopf mit Biokraftstoffen), jeweils auf die Netto-Konsumfläche bezogen. Die Distanz zur weltweit verfügbaren intensiv landwirtschaftlich genutzten Fläche von 2000 m² pro Kopf wäre dann zwar immer noch deutlich, aber doch schon wesentlich geringer. Noch extremer wäre die Minderung des globalen Flächenbedarfs, wenn stattdessen die erforderlichen Brutto-Produktionsflächen betrachtet werden.

Tabelle 53: Globaler Flächenbedarf in m² pro Kopf für den Konsum agrarischer Waren mit und ohne Biokraftstoffe unter BAU I und BAU II Bedingungen in 2030, sowie Flächenverfügbarkeit im Inland und weltweit (Netto-Konsumfläche).

	BAU I	BAU II
	m ² pro Kopf	
Globale Fläche für den Konsum in Deutschland	2837	2958
darunter: für Biokraftstoffe	574	477
Global Fläche ohne Biokraftstoffe	2262	2482
Verfügbarkeit im Inland	2160	
Verfügbarkeit weltweit	1988	

Quelle: diese Studie.

Die oben angegebenen Werte für die durchschnittlichen CO₂ Emissionen neu zugelassener Fahrzeuge in Deutschland von z.B. 171 g/km entsprechen nach Recherchen der Deutschen Umwelthilfe (DUH, 2007) nicht den realen Verbrauchswerten. Diese liegen bei standardisierten Messverfahren um 10 bis 25 Prozent höher. Die DUH fordert Bundesverkehrsministerium und Kraftfahrtbundesamt auf, Fehlangaben der Hersteller noch vor Umstellung der KfZ-Steuer auf CO₂-Bezug zu korrigieren. Die von der DUH festgestellte Diskrepanz bedeutet, dass die Verminderungspotenziale für Kraftstoffverbrauch und CO₂ Emissionen bei Erreichen des 130 g/km Zieles noch größer wären als zuvor angegeben. Für den globalen

Flächenrucksack hätte dies keinen Einfluss, da auch bei diesen Mengen Biokraftstoffe komplett eingespart werden könnten.

Nach Angaben der Deutschen Umwelthilfe (DUH, 2007) lag der Anteil von Fahrzeugen mit einem CO₂-Ausstoss von mehr als 210 g/km an PKW-Modellen des Jahres 2008 je nach Hersteller zwischen 65% (Mercedes) und 2% (Fiat), weniger als 140 g CO₂/km erreichen 33% der PKW-Modelle von Renault bis 2% derer von Mercedes, weniger als den EU-Zielwert von 120 g CO₂/km erreichen 13% der Fiat-Modelle bis 0% der Modelle von Mercedes und Audi. Kurzfristig scheint hier keine ziel führende Trendwende erkennbar.

Dies zeigen auch die Trendanalysen des europäischen Dachverbands der Umwelt- und Verkehrsverbände „Transport and Environment“ – T&E, 2007. Um den EU-Zielwert von 130 g CO₂/km, zu erreichen, wären wesentlich höhere Reduktionsraten erforderlich als die im Schnitt von der ACEA⁷⁸ berichteten Verminderungen, die ausgehend von 161 g CO₂/km in 2004 gerade mal auf 160 g CO₂/km in 2005 und in 2006 sanken. Kontraproduktiv wirke zudem die Zunahme des durchschnittlichen PKW-Gewichtes von Neufahrzeugen in der EU von 1355 kg pro Auto in 2004 auf 1.382 kg pro Auto in 2006. T&E fordert ein Festhalten am ursprünglichen 120 g CO₂/km Ziel der EU bis 2012 für alle Fahrzeugtypen. Die vorliegenden Szenarioanalysen unterstützen die Sinnhaftigkeit dieser Forderung.

Exkurs: Flächenbelegung für eine Tankfüllung mit 60 Litern Biokraftstoffen der ersten Generation

Bei einer Tankfüllung mit 60 Litern Biokraftstoffen der ersten Generation werden etwa 0,04 Hektar bzw. 400 Quadratmeter landwirtschaftliche Nutzfläche (Brutto-Produktionsfläche) benötigt. Wird dazu Getreide verwendet, so könnte mit der gleichen Menge eine Person ein Jahr lang ernährt werden.

	ha Anbaufläche pro 60 l Tankfüllung
Biodiesel aus Raps	0,043
Rapsöl	0,042
Bioethanol aus Getreide	0,036

Quelle: eigene Berechnung nach FNR, 2006b.

Bei Erschließung ähnlicher Effizienzpotenziale beim Gütertransport wären noch erheblich größere Flächenentlastungen möglich.

⁷⁸ Verband der Europäischen Automobilhersteller.

Auf längere Sicht sollte für PKW eine Verminderung des CO₂ Ausstoßes auf 85 bis 80 g pro km angestrebt werden, was bereits heute technisch realisierbar wäre. Dies würde signifikant zur Einsparung von nicht erneuerbarer Energie und Treibhausgasen beitragen. Es hätte jedoch keinen weiteren Einfluss auf den globalen Flächenrucksack, da bereits bei 130 g/km Biokraftstoffe rein rechnerisch komplett eingespart werden könnten.

3.7. Schlussfolgerungen aus den Alternativen

Sollte die globale Flächeninanspruchnahme Deutschlands bis 2030 auf eine weltweit ausgewogene Basis gebracht werden, so müsste der inländische Konsum landwirtschaftlicher Waren so deutlich reduziert werden, dass im Vergleich zu Business-as-Usual etwa 1000 m² pro Kopf oder ca. ein Drittel weniger Fläche benötigt würde.

Die Betrachtung der alternativen Szenarienelemente zeigt, dass punktuelle Strategien auf der Angebotsseite, wie Ersatz von Biokraftstoffen durch Biogas beim inländischen Anbau, Verminderung der Tierproduktion oder Ersatz der Stromerzeugung aus Anbaubiomasse durch Photovoltaik, zwar einen (unterschiedlichen) Beitrag zur nationalen TGH-Emissionsminderung leisten können, bezogen auf die globale Flächennutzung aber keinen oder nur einen relativ geringen Effekt zeigen würden.

Eine Veränderung des Verbrauchs ist daher zum Erreichen einer global ausgewogenen Flächennutzung unumgänglich.

Allein eine Verringerung des Treibstoffverbrauchs der Pkw-Fahrzeugflotte um ca. 30% (entsprechend der diskutierten Begrenzung des CO₂-Ausstoßes auf 130 g pro km) würde den globalen Flächenverbrauch Deutschlands mittelfristig um etwa 500 m² pro Kopf vermindern, wenn dabei gleichzeitig auf den Einsatz von Biokraftstoffen verzichtet würde. Der Klimaschutzeffekt dieser Maßnahme wäre mit ca. 29,6 Millionen Tonnen Einsparpotenzial an Treibhausgasen deutlich größer als der Quoteneinsatz von Biokraftstoffen.

Auch eine Verminderung des Verbrauchs tierisch basierter Ernährung auf ein Niveau, das von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung empfohlen wird, würde einen Netto-Einspareffekt von bis zu etwa 500 m² pro Kopf erbringen.

Zusätzlich könnte eine Verminderung des Anteils nicht verwerteter Lebensmittel einen Einspareffekt von mindestens 200 m² pro Kopf erbringen, wobei noch offen bleibt, welches zusätzliche Potenzial sich durch Verminderung der Verluste im Handel ergeben würde.

Sowohl die Konsumveränderung als auch die Verminderung von Lebensmittelverlusten würde sich auch synergistisch auf den Klimaschutz auswirken.

Insgesamt wäre ein Einsparpotenzial möglich, welches wesentlich zu einer nachhaltigeren Entwicklung mit Bezug auf den globalen landwirtschaftlichen Flächenbedarf Deutschlands beitragen würde und sogar einen gewissen Raum böte zur Produktion von Biomasse für die primär stoffliche Verwendung (z.B. in Bioraffinieren) und für die Nahrungsmittelversorgung zur Deckung des wachsenden weltweiten Bedarfs oder für die Verwendung größerer Flächen für Naturschutz oder biologischen Anbau. Das Potenzial könnte de facto nur über Maßnahmen zur Veränderung des Verbrauchs genutzt werden, wobei diese sich synergistisch auf den Ressourcen- und Klimaschutz auswirken würden.

Eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse aus den Alternativszenarienelementen zeigt Tabelle 54.

Tabelle 54: Die wesentlichen Ergebnisse aus den Alternativszenarienelementen (Netto-Konsum-Fläche).

Angebotsseitig	Einsparpotenzial globale Flächenbelegung (2030)	Einsparpotenzial THG-Äquivalente
Biogas statt Biokraftstoffe	a) konstant b) 0,01 ha/Kopf (100 m ² pro Kopf)	15,8 – 17,9 Mio. T n.a.
PV statt Biogas	0,01 ha/Kopf (100 m ² pro Kopf)	2,7 – 3,0 Mio. T
Verminderung inländische Tierproduktion	+/- bei gleichem Konsum	+/- bei gleichem Konsum
Verbrauchsseitig		
Verminderung tierisch basierte Ernährung	0,04 – 0,05 ha/Kopf 400 bis 500 m ² pro Kopf	n.a. (synerg.)
Verminderung Verluste Nahrungsmittel	Ca. 0,02 ha/Kopf ca. 200 m ² pro Kopf	n.a. (synerg.)
Emissionsminderung 130 g CO ₂ /km	0,05 – 0,06 ha/Kopf 500 bis 600 m ² pro Kopf	29,6 Mio. T 26% Diesel, 30% Benzin

a: Biogas auf ehemaligen Biokraftstoffflächen im Inland

b: Biogas ersetzt Energie von Biokraftstoffen aus Anbau im Inland

Quelle: diese Studie.

4. Umweltwirkungen⁷⁹

Dieser Teil der Studie hat eine vergleichende Analyse und Bewertung von Umweltwirkungen bezogen auf die BAU-Szenarien insgesamt oder auf einen Hektar Anbaufläche zum Ziel. Verglichen wird jeweils ein Produkt aus Biomasse mit einem substituierbaren Produkt auf nicht nachwachsender Materialbasis. Die Basisannahme ist, dass die auf Biomasse basierten Produkte solche auf nicht nachwachsender (fossiler) Basis ersetzen (andernfalls ergäbe sich in jedem Fall eine zusätzliche Umweltbelastung durch die Nutzung von Biomasse). Die Frage ist, welcher Netto-Effekt sich für die Umwelt ergibt.

Es werden zum einen ausgewählte exemplarische Vergleiche angestellt, mit der Fragestellung, wofür ein Hektar, der nicht für die Nahrungsmittelversorgung benötigt wird, sinnvoller Weise verwendet werden sollte, um die Umwelt möglichst zu entlasten. Dabei liegt der Fokus auf dem Treibhauspotenzial und dem nicht erneuerbaren (fossilen) Energieverbrauch.

Zum anderen sollte der Gesamteffekt der BAU-Szenarien geschätzt werden, wobei auf Grund der Variationsbreite der Wirkungseffekte zwischen verschiedenen Prozesslinien mit Spannweiten gerechnet werden muss. Diese Betrachtung wird für energetische Nawaro durchgeführt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Beurteilung des zukünftigen Nettoeffektes der Veränderung von Treibhausgasemissionen, weil einerseits der Einsatz von energetischer Biomasse ohne Berücksichtigung von Flächennutzungsänderungen i.d.R. zur Nettoeinsparung von Treibhausgasen im Vergleich zu fossilen Produktpartnern führt (Komponente 1), die dafür erforderliche Flächeninanspruchnahme aber auf einer Ausdehnung der globalen Ackerfläche auf Kosten von Naturflächen führen wird, und damit zu THG-Emissionen resultierend aus Landnutzungsänderung (Komponente 2). Der Nettoeffekt ergibt sich dann aus Komponente 1 minus Komponente 2.

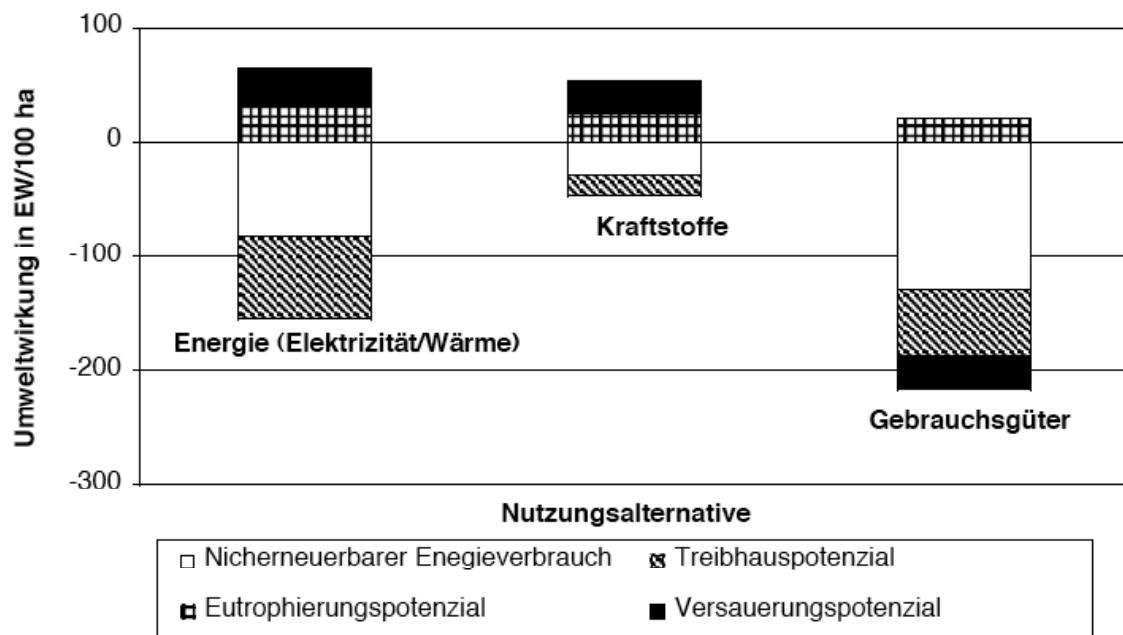
Für stoffliche Nawaro existiert bislang keine Grunddatenbasis, die eine sinnvolle Berechnung der Umweltwirkungen der stofflichen Nawaro-Segmente zuließe. Die Beurteilung der Gesamteffekte in den BAU-Szenarien muss sich daher auf die energetischen Nawaro-Segmente beschränken. Umweltwirkungen stofflicher Nawaro können nur exemplarisch dargestellt werden. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

⁷⁹ Der Begriff "Umweltwirkungen" wird hier synonym zum Begriff "Umweltbelastungen" gebraucht und entspricht den "Pressures" im "DPSIR"-Konzept

4.1. Umweltwirkungen von Biomasse versus fossil basierten Erzeugnissen

Falls mit Biomasse erzeugte Produkte solche auf fossiler Basis ersetzen, so ergibt sich bei einigen Umweltwirkungen eine Entlastung, bei anderen eine zusätzliche Belastung.

Abbildung 40: Umweltentlastung (negative Werte) und zusätzliche Umweltbelastung (positive Werte) beim Ersatz von fossilen Erzeugnissen durch biomassebasierte Produkte. Angegeben sind die Medianwerte der ausgewerteten Wirkungskategorien bezogen auf Einwohnerwerte (EW) pro Hektar Anbaufläche.



Quelle: Weiß et al, 2004.

Weiß et al., 2004, verglichen die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Erzeugung von Energie (Wärme und Elektrizität), Kraftstoffen und Gebrauchsprodukten anhand von vier ausgewählten Umweltbelastungskategorien. Dazu wurden Ökobilanzdaten aus elf verschiedenen Publikationen für insgesamt 45 Produktpaare auf Basis nachwachsender und fossiler Rohstoffe analysiert und bezogen auf Einwohneräquivalente pro Hektar landwirtschaftliche Fläche verglichen. Die Ergebnisse zeigen im Allgemeinen Vorteile für die nachwachsenden Produktalternativen in den Kategorien „Nichterneuerbarer Energieverbrauch“ und „Treibhauspotenzial“, während Produkte aus fossilen Ausgangsstoffen bei der „Eutrophierung“ günstiger abschneiden und sich in der Kategorie „Versauerungspotenzial“ uneinheitliche Resultate ergeben. Durch die Nutzung nachwachsender Rohstoffe zur Erzeugung von Gebrauchsgütern und Energie lassen sich bei Substitution der fossilen Produktalternativen größere ökologische Entlastungen

realisieren als durch die Herstellung von Biokraftstoffen, die als Vollsubstitute für Diesel eingesetzt werden.

4.2. Umweltwirkungen stofflicher Nawaro

Von den von Weiß et al., 2004, untersuchten Parametern werden in der vorliegenden Studie der nicht erneuerbare Energieverbrauch (NEV) und das Treibhauspotenzial (THP) näher betrachtet⁸⁰ (Tabelle 55). Es ergeben sich mit einer Ausnahme generell Vorteile der nachwachsenden Variante. Lediglich das THP bei Loosefill-Packmitteln auf Basis konventioneller Weizenstärke liegt höher als bei der fossilen Variante (Primärpolystyrol).

Die Werte in Tabelle 55 wurden auf ein kg Grundstoff (z.B. Stärke) bezogen. Das heißt, dass die gesamte (vergleichende) Umweltwirkung bis zum Einsatz des fertigen Produktes (z.B. Folie TPS) auf eine Einheit Grundstoff rückgerechnet wurde. Angewendet auf die BAU Szenarien würde dies bedeuten, dass bei den auf dieser Basis berechneten Umweltwirkungen implizit unterstellt wird, dass der betrachtete Nawarostrom (z.B. Weizenstärke) vollständig für das entsprechende Produkt (z.B. Loosefill-Packmittel) verwendet wird und in dieser Menge auch vollständig fossil basierte Substitute ersetzen würde. Dies erscheint wenig realistisch. Auf der Basis der nur zu ausgewählten Produkten vorliegenden wenigen Daten lassen sich daher derzeit die Umweltwirkungen für die stoffliche Nawaronutzung in den BAU-Szenarien nicht gesamthaft quantifizieren. So liegen vor allem keine hinreichenden Informationen zur Vielzahl der jeweiligen Produktverwendungen vor. Deshalb wird diese Betrachtung nur exemplarisch angestellt, auf eine Summation der Umweltwirkungen der stofflichen Nawarosegmente muss beim gegenwärtigen Stand des Wissens verzichtet werden.

Zudem liegen die Werte aus Weiß et. al., 2004, nur in einer Form vor, in der festgelegte Entsorgungswege unterstellt werden. Der Autor hat selbst auch keine weiteren Eigenberechnungen mit Bezug auf Variation der Entsorgungswege durchgeführt⁸¹. Dieser Umstand erschwert zusätzlich die Herleitung von repräsentativen Ergebnissen für die jeweiligen Nawaro-Segmente nach BAU.

Die in Tabelle 55 vorgestellten Umweltwirkungsdaten enthalten keine Nawaronutzung in Form ölhaltiger Pflanzen für Biopolymere. Hier gibt es offenbar auch nur wenige Untersuchungen, die zudem teils nicht publiziert sind (M. Weiß und M. Patel, persönliche Mitteilung per Email vom 24.8.2007; S. Kabasci, FhI-UMSICHT, persönliche Mitteilung per Email vom 24.8.2007).

⁸⁰ Damit wird keine Prioritätensetzung verbunden. Die Auswahl entspricht lediglich den untersuchten Parametern für energetische Nawaro.

⁸¹ M. Weiß, persönliche Mitteilung per Email am 24.8.2007

Tabelle 55: Umweltwirkungen stofflicher Nawaro-Produkte als Saldowerte gegenüber einer Produktvariante auf nicht nachwachsender Basis bei vorgegebenen Entsorgungswegen. Negative Werte bedeuten Umweltentlastung, positive Werte zusätzliche Umweltbelastung beim Einsatz von Biomasse basierten Produkten als Ersatz von fossilen Erzeugnissen.

		Saldowerte (gegenüber fossiler Variante)			Entsorgung
		NEV	THP	Bezug	
		in GJ pro kg	in kg CO ₂ -Äqu. Pro kg	auf kg	
Nawaro Produkte					
Kohlehydrathaltige Pflanzen: Stärke					
Folie	TPS (Kart./Mais)	-0,03	-1,87	Stärke (7437 kg); Sorbit (3669 kg)	20% Dep., 80% MVA ohne Berücksichtigung des Energiegewinns
Folie	Fluntera-Plast RB-36 (Kart./Mais)	-0,03	-1,78	Stärke (7437 kg); Sorbit (3669 kg)	20% Dep., 80% MVA ohne Berücksichtigung des Energiegewinns
Folie	LDPE-TPS-LDPE (Kart./Mais)	-0,03	-1,82	Stärke (7437 kg); Sorbit (3669 kg)	20% Dep., 80% MVA ohne Berücksichtigung des Energiegewinns
Becher	Fluntera-Plast RB-36 (Kart./Mais)	-0,05	-4,65	Stärke (7437 kg); Sorbit (3669 kg)	20% Dep., 80% MVA ohne Berücksichtigung des Energiegewinns
Einwegteller	Stärke - Kartoffel, Kompostierung	-0,04	-1,02	Stärke	Kompostierung (Erdöl: KVA)
Einwegteller	Stärke - Kartoffel, Biogas	-0,05	-1,10	Stärke	Produktion von Biogas (Erdöl: KVA)
Einwegteller	Stärke - Kartoffel, KVA	-0,04	-1,03	Stärke	KVA
Packmittel	PLA, Mais				energetische Verwertung
Verpackung	PLA, Weizen				energetische Verwertung
Verpackung	PLA, Mais				energetische Verwertung
Loose-fill-Packmittel	Stärke, Mais	-0,02	-1,18	Stärke	optimierte MVA (Primärpolystyrol: Hochofen - DSD)
Loose-fill-Packmittel	Stärke, Kartoffel	-0,03	-1,64	Stärke	optimierte MVA (Primärpolystyrol: Hochofen - DSD)
Loose-fill-Packmittel	Stärke, Weizen, konventionell	-0,01	0,29	Stärke	Kompostierung (Primärpolystyrol: Hochofen - DSD)
Loose-fill-Packmittel	Stärke, Weizen, extensiv	-0,02	-1,53	Stärke	Vergärung (Primärpolystyrol: Hochofen - DSD)
Ölhaltige Pflanzen - Öle, Schmierstoffe					
Lackbindemittel	Leinöl	-0,20	-8,71	Leinölepoxid	k.A.
Schmierstoff	Sonnenblumen				energetische Verwertung
Hydrauliköl	Raps				energetische Verwertung
Naturfasern					
NMT- und GMT-Bauteil	Flachs/PP	-0,03	-2,67	Fasern	Recycling
Auto-Innenverkleidung	Hanf				energetische Verwertung
Dämmstoff	Flachs				energetische Verwertung
Grundträger für Innenverkleidung	Hanf	-0,11	-1,16	vliesfähige Fasern	k.A.

Quelle: Weiß, 2004 und eigene Berechnung.

Abkürzungen:

NEV: nicht erneuerbarer Energieverbrauch

THP: Treibhauspotenzial

TPS: Thermoplastische Stärke

Fluntera-Plast RB-36 (Kart./Mais): Stoff der Fluntera AG, bestehend aus 50% bis 90% TPS und 10% bis 50% LDPE

LDPE: Low-Density-Polyethylene

EPS: expandiertes bzw. expandierbares Polystyrol; KVA: Kehrriechverbrennungsanlage

PLA: Polylactide; PE: Polyethylen

NMT: Natur-Mattenverstärkter Thermoplast; GMT: Glas-Mattenverstärkter Thermoplast; PP: Polypropylen

ABS: Acryl-Butadien-Styrol

Eine weiterführende Berechnung der Umweltwirkungen in den stofflichen Nawaro-Segmenten würde den Rahmen dieser Studie sprengen. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

In einer Studie des Joint Research Center der Kommission in Sevilla (JRC, 2005) wird der Stand der Forschung zu Umweltwirkungen bio-basierter Kunststoffe in Europa beurteilt. Dabei wird festgestellt, dass bei dem frühen Stand der Entwicklung von Biopolymeren mögliche signifikante Umweltwirkungen noch nicht beurteilt werden können, und dass andere Umweltwirkungen wohl erst dann identifiziert werden können, wenn der Übergang von petrochemisch basierten Polymeren zu Biopolymeren voranschreitet. Bislang können nicht alle Produktwege in Betracht gezogen werden, ebenso nicht alle Faktoren wie Ort, Zeit, Transportmodi und Entsorgungswege. Bislang vorliegende Ökobilanzdaten zu Biopolymeren werden daher als sehr vorläufig eingestuft, was aber unvermeidbar ist angesichts der möglichen Kombinationen von Materialien, Endprodukten und Entsorgungswegen, welche idealer Weise auf Basis der zukünftigen Marktdurchdringungsraten gewichtet werden müssten.

4.3. Umweltwirkungen energetischer Nawaro

Umweltwirkungen energetischer Nawaro-Produkte wurden auf Basis von lebenszyklusweiten Ökobilanz-Daten sowie Daten zur Freisetzung von THG durch Landnutzungsänderungen berechnet⁸², die der Projektpartner IFEU im Rahmen dieses Projekts bereitstellte. Als Parameter werden bei den LCA-basierten Betrachtungen der erschöpfbare kumulierte Energieaufwand (KEA) und das Treibhauspotenzial (THP) herangezogen.

Es werden zwei Komponenten unterschieden:

Komponente 1: ohne Landnutzungsänderung

Hier wird davon ausgegangen, dass die durch in Deutschland nachgefragten Nawaro global belegte Fläche auf Anbau auf bereits bewirtschafteten Flächen beruht. Die Fragestellung lautet: welcher Nettoeffekt ergibt sich für die Verminderung von Treibhausgasen (THP) und nicht erneuerbarem Energieverbrauch ($KEA_{erschöpflich}$) bei Verwendung von Bioenergie aus Anbaubiomasse gegenüber einer fossilen Variante. Dies wurde zum einen bezogen auf die Anbaufläche von Nawaro als Tonnen THP pro Hektar bzw. GJ $KEA_{erschöpflich}$ pro Hektar dargestellt, und zeigt das Nettoeinsparpotenzial wenn ein Hektar LW-Fläche mit der entsprechenden Biomasse für energetische Nutzung angebaut wird. Zum anderen wurde der Gesamteffekt auf die BAU-Szenarien eingeschätzt, und zwar, welche Nettoeinsparung von THP bzw. $KEA_{erschöpflich}$ dabei resultiert.

⁸² Dabei wurden bei den LCA-Daten die Saldowerte der verschiedenen energetischen Nawaro mit ihren fossilen Gegenspielern gebildet und mit den entsprechenden Referenzwerten für die energetischen Nawaro aus den AU Szenarien multipliziert (z.B. Tonnen CO₂-Äquivalente pro MJ Biodiesel mit der Menge an Biodiesel in MJ).

Komponente 2: Emissionen durch Landnutzungsänderung

Hier wird davon ausgegangen, dass die durch die Nawaro-Nachfrage in Deutschland global beanspruchte Fläche eine weiter gehende Ausweitung der globalen Ackerfläche auf Kosten von Naturflächen und anderen Flächennutzungen zur Folge hat. Berechnet werden hierzu die THG-Emissionen der BAU-Szenarien nach zwei Vorgehensweisen, die im Folgenden beschrieben werden.

Die Bilanz von Komponente 2 und 1 (für THG) zeigt den **Nettoeffekt** einer THG Minderung bzw. einer vermehrten Freisetzung von THG an. Liegen z.B. die Emissionen nach 2 höher als die Netto-Emissionen nach 1, so werden, aufgrund von in Rechnung zu stellenden Emissionen aus Landnutzungsänderungen, durch die Verwendung von energetischer Biomasse netto mehr Treibhausgase emittiert als durch die Verwendung fossiler Energieträger.

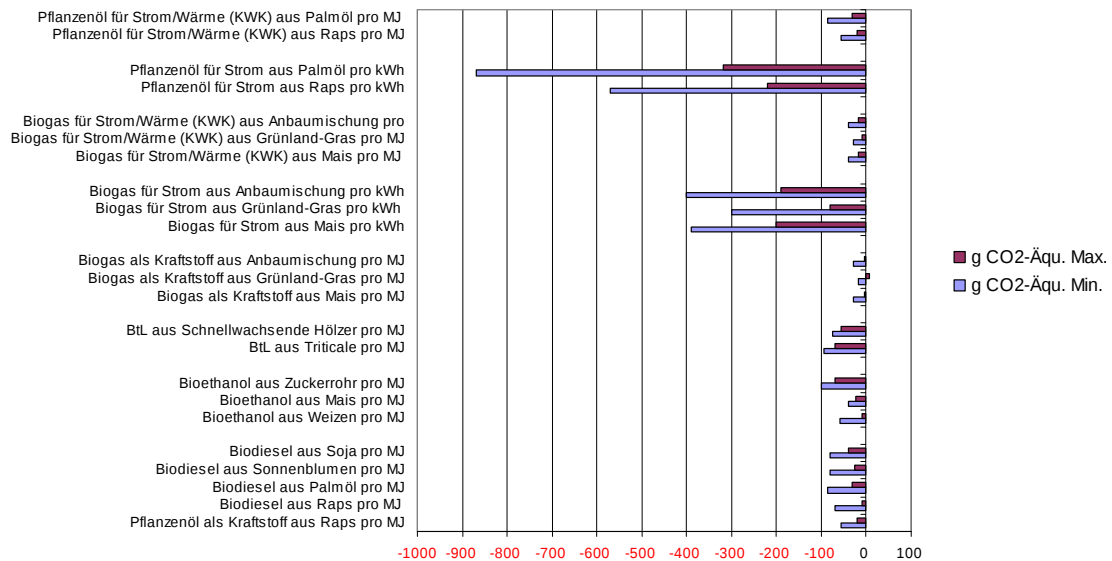
4.3.1. Komponente 1: THG Emissionen ohne Landnutzungsänderungen

Zur Berechnung des Nettoeinspareffektes für Treibhausgase bzw. Treibhauspotenzial (THP) sowie für den nicht erneuerbaren Energieverbrauch (KEA) wurden die folgenden Biomassen ihren fossilen Gegenspielern gegenüber gestellt:

Biomasse aus Anbau für energetische Nutzung	nicht nachwachsender Gegenpart
Pflanzenöl Direktkraftstoff	Diesel aus Erdöl
Biodiesel	Diesel aus Erdöl
BtL	Diesel aus Erdöl
Bioethanol	Ottokraftstoff aus Erdöl
Biogas als Kraftstoff	Erdgas als Kraftstoff
Biogas zur Stromerzeugung	Erdgas zur Verstromung
Biogas zur Strom/Wärme Gewinnung	Erdgas zur KWK-Gewinnung
Pflanzenöl zur Stromerzeugung	Heizöl zur Verstromung
Pflanzenöl zur Strom/Wärme Gewinnung	Heizöl zur KWK-Gewinnung

Die Datenbasis zu den spezifischen Wirkungen lag in der im folgenden Bild (Abbildung 41) illustrierten Differenzierung vor (hier beispielsweise für THP in g CO₂-Äquivalente pro Einheit laut Darstellung auf der y-Achse, Max und Min kennzeichnen die Spannbreite der Ökobilanzdaten):

Abbildung 41: Basisdaten zur Berechnung der Treibhausgasäquivalente.



Quelle: IFEU, 2007.

Diesen Daten liegt zugrunde, dass die Umweltwirkungen über einen definierten Zeitraum abgeschrieben werden (i.d.R. 25 Jahre bei Plantagen, insbesondere Palmöl).

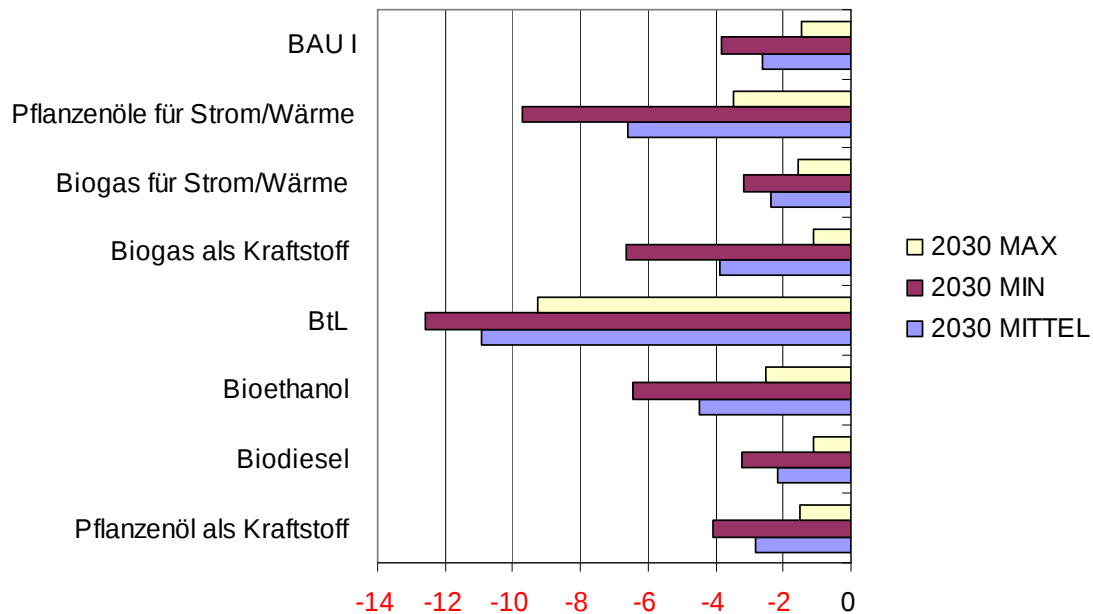
Der einzige Fall, bei dem die (Maximal-)Werte ungünstiger als beim fossilen Gegenpart liegen, ist Biogas als Kraftstoff aus Gras vom Grünland. Bei allen anderen Biomassen ist dies nicht der Fall, hier werden vielmehr netto Treibhausgase (in unterschiedlichem Ausmaß) eingespart.

Für die Berechnung der Nettoverminderungen von THG und KEA wurden die in den Nawarosegmenten der BAU-Szenarien angelegten Kombinationen zugrunde gelegt. Die Daten zur Nettoverminderung von THG sowie KEA wurden nach dieser Listung berechnet.

Das Ergebnis für die Nettoeinsparung von THP pro Hektar Anbaufläche zeigt Abbildung 42 für BAU I. Bei Anlegen des Mittelwertes der Ökobilanzdaten werden nach BAU I pro Hektar LW-Fläche ca. 2,6 Tonnen Treibhausgase eingespart (3,5 t pro ha nach BAU II). Die Spannweite reicht von 1,5 bis 3,8 Tonnen pro Hektar (von 4,9 bis 2,1 t pro ha bei BAU II).

Einzelne Nawaro-Segmente zeigen dagegen deutlich höhere spezifische Potenziale zur Verminderung des THP. Ein relativ hohes THG Minderungspotenzial pro Fläche ergibt sich bei der Verwendung von BtL (ca. 11 Tonnen pro Hektar).

Abbildung 42: Komponente 1. Keine Ausweitung der globalen Anbaufläche: Nettoverminderung der Emission von Treibhausgasen pro Hektar Anbaufläche in 2030 (arithmetisches Mittel der Ökobilanzdaten sowie Spannweiten) – BAU I. Brutto-Produktionsfläche.



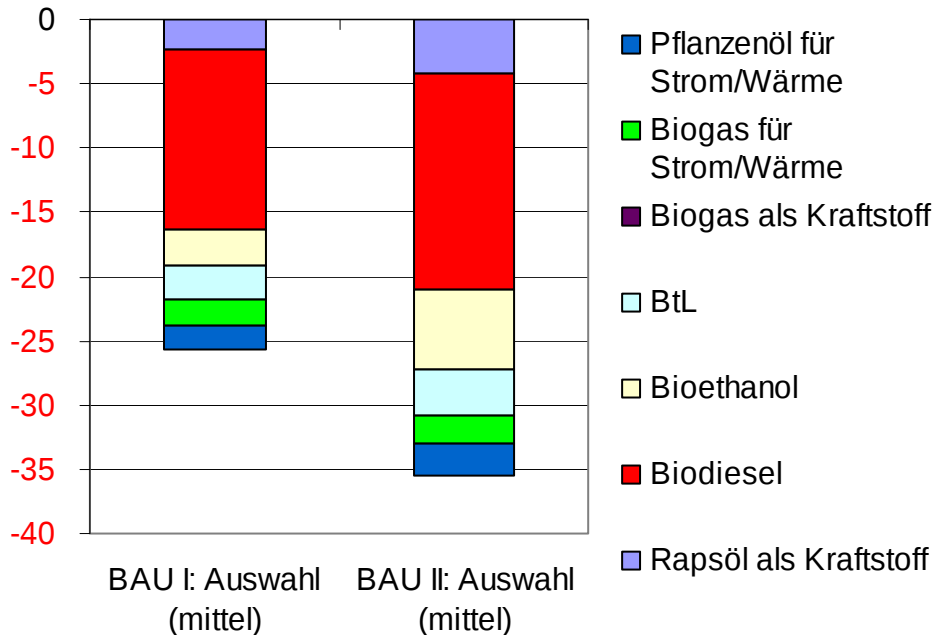
Quelle: diese Studie.

Abbildung 43 zeigt die Beiträge der energetischen Nutzung zum gesamten Verminderungspotenzial für THG für die BAU-Szenarien I und II in 2030. Es wird ersichtlich, dass Biodiesel den individuell größten Beitrag zur gesamten Verminderung von 25,6 Millionen Tonnen THG nach BAU I und 35,5 Millionen Tonnen THG nach BAU II leistet. Der Biodieselanteil liegt bei 54,6% in BAU I und 47,1% in BAU II. Den zweithöchsten Beitrag liefert Bioethanol, dann BtL und Rapsöl als Kraftstoff.

Tabelle 56 zeigt eine Übersicht der Verminderungs- bzw. Veränderungspotenziale für THG in 2030 in BAU I und II. **Für Komponente 1, ohne Ausweitung der globalen Anbaufläche, ergibt die BAU-Auswahl in 2030 unter Zugrundelegung des arithmetischen Mittels der Ökobilanzdaten in BAU I und II ca. 25,6 Millionen bis 35,5 Millionen Tonnen THG Minderung gegenüber Energieträgern auf nicht nachwachsender Basis.** Die Spannweite der Ökobilanzdaten ergibt bei BAU I eine maximale Verminderung von THG um 39,7 Millionen Tonnen, im unteren Bereich von 17,8 Millionen Tonnen bei Verwendung der Bioenergieträger aus Anbaubiomasse gegenüber fossiler Energie. Bei BAU II reicht die Bandbreite von 53,5 Millionen Verminderung von THG bis 25,8 Millionen Tonnen.

Wenn nur die Kraftstoffe betrachtet werden, so führt dies in 2030 unter BAU I zu 21,8 Millionen Tonnen Verminderung von THG, etwa 85% des Gesamtpotenzials zur Verminderung (resp. 30,9 Mio. t THG Minderung bzw. 87% in BAU II).

Abbildung 43: Komponente 1. Keine Ausweitung der globalen Anbaufläche: Nettoverminderung der Emission von Treibhausgasen nach BAU in 2030 (arithmetisches Mittel der Ökobilanzdaten) – BAU I und II.



Quelle: diese Studie.

Tabelle 56: Komponente 1. Ohne Ausweitung der globalen Anbaufläche: Nettoveränderung der Emission von Treibhausgasen in 2030 (Minimal- und Maximalwerte sowie arithmetisches Mittel der Ökobilanzdaten) – BAU I und II.

Einsparung von THP in Millionen Tonnen CO2-Äquiv. In 2030			
BAU I			
	Min	Max	Mittel
BAU Auswahl	-39,7	-17,8	-25,6
BAU Auswahl: Nur Kraftstoffe	-34,4	-14,7	-21,8
BAU II			
BAU Auswahl	-53,5	-25,8	-35,5
BAU Auswahl: Nur Kraftstoffe	-46,9	-21,9	-30,9

Quelle: diese Studie.

Tabelle 57 zeigt eine Übersicht der Verminderungs- bzw. Veränderungspotenziale für nicht erneuerbare Energie (KEA) in 2030 in BAU I und II. Im Falle der Auswahl für BAU I Bedingungen würden unter Zugrundelegung des arithmetischen Mittels der Ökobilanzdaten ca. 540 PJ (BAU II: 721 PJ) Energie eingespart werden, bei Anlegen der oberen Bandbreite der Ökobilanzdaten wären es maximal 620 PJ (BAU II: 825 PJ).

Auf Agrokraftstoffe entfallen 80% des Minderungspotenzials in BAU I bzw. 82% in BAU II.

**Tabelle 57: Komponente 1. Ohne Ausdehnung der globalen Anbaufläche:
Nettoveränderung des Verbrauchs nicht erneuerbarer Energie in
2030 (Minimal- und Maximalwerte sowie arithmetisches Mittel der
Ökobilanzdaten) – BAU I und II.**

Einsparung von KEA erschöpf. In PJ in 2030			
BAU I			
	Min	Max	Mittel
BAU Auswahl	-620	-450	-540
BAU Auswahl: Nur Kraftstoffe	-521	-348	-435
BAU II			
BAU Auswahl	-825	-606	-721
BAU Auswahl: Nur Kraftstoffe	-705	-484	-594

Quelle: diese Studie.

Wir sind in Komponente 1 davon ausgegangen, dass der Anbau von Bioenergie für die Bereitstellung der Nawaro in den BAU Szenarien auf bereits vorhandenen Landwirtschaftsflächen stattfinden würde. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass, wie es bei Palmöl bereits näher untersucht wurde, auch Soja und Zuckerrohr zu einem erheblichen Anteil aus Anbau auf ehemaligen Naturflächen stammen werden bzw. die Ausdehnung ihrer Anbauflächen in den jeweiligen Ländern, vor allem in tropischen Regionen, zu einer Verdrängung natürlicher Bestände, vor allem Regenwald und Savannen, führen wird. Dann entscheidet dieser Anteil, ob es zukünftig zu einer Nettoverminderung von THG durch die Nutzung von Bioenergie aus Anbaubiomasse kommen wird. Dies wird im folgenden Kapitel zu Komponente 2 untersucht.

4.3.2. Komponente 2: THG Emissionen aus Landnutzungsänderungen

Die BAU-Analysen haben ergeben, dass zur Bereitstellung des zu erwartenden Verbrauchs insbesondere von Biokraftstoffen ein erheblicher zusätzlicher Flächenbedarf entsteht. Besonders flächenintensiv ist dabei die Versorgung mit Biodiesel, wobei die nötigen Importe aller Voraussicht nach überwiegend auf der Basis von Palmöl und Soja erzeugt werden. Der zusätzliche Flächenbedarf kann - bei regional und weltweit unvermindert hoher anderweitiger Nachfrage nach agrarischen Gütern - nur durch eine Ausweitung der Anbauflächen in den Exportländern gedeckt werden. Damit verbunden sind die Rodung (meist Brandrodung) und der Umbruch von Naturflächen, wodurch es zu zusätzlichen THG Emissionen kommt.

Im Folgenden werden zwei Fragestellungen untersucht:

1. Welche THG-Emissionen können sich bei BAU-Entwicklung durch den Mehrbedarf an Nawaro ergeben, wenn dieser durch Flächennutzungsänderung

gedeckt wird? Die Berechnung erfolgt bezogen auf den Nawaro-Mehrbedarf in 2030 gegenüber 2004 nach BAU, und zwar konkret bezogen auf den Mehrbedarf für Biodiesel auf Basis von Palmöl und Sojaöl.

2. Welche THG-Emissionen ergeben sich aller Voraussicht nach in Folge des Netto-Flächen-Mehrbedarfs durch den gesamten Verbrauch landwirtschaftlich basierter Güter? Hier wird berücksichtigt, dass die für die Ernährung erforderlichen Flächen in Folge von Ertragssteigerungen sinken werden und hierdurch die zunehmende Nachfrage durch Nawaro teilweise kompensiert wird.

Die zweite Fragestellung berücksichtigt die THG-Emissionen, die in Folge von indirekten Landnutzungsveränderung zu erwarten sind, die unter den gegebenen Trends auf Grund der *mindestens* anzunehmenden Ausdehnung der mit dem deutschen Verbrauch verbundenen Anbaufläche zu erwarten sind. *Diese Emissionen sind selbst dann zu erwarten, wenn die Maßgaben der vorgesehenen NachhaltigkeitsVO⁸³ zur Folge hätten, dass die von Deutschland importierten Biokraftstoffe nicht von Flächen importiert werden, die nach einem Stichtatum von Naturflächen umgewandelt worden sind.* Denn die gestiegene Netto-Flächen-Inanspruchnahme hätte zur Folge, dass zwangsläufig *an anderer Stelle* eine Ausweitung der Anbaufläche induziert würde.

Vorgehensweise zu Frage 1:

Ausgangspunkt ist die (Brutto-)Produktionsfläche für Biodiesel aus Palmöl und Sojaöl von 7,2 Mio. ha nach BAU I bzw. 6,9 Mio. ha nach BAU II in 2030. Darunter entfallen nach BAU I 6,6 Mio. ha der Bereitstellungsfläche auf Soja und 0,6 Mio. ha auf Palmöl, bei BAU II sind dies 5,8 Mio. ha für Soja und 1,1 Mio. ha für Palmöl. Dies sind die Flächen, die nach BAU-Entwicklung konkret im Ausland in 2030 in Anspruch genommen werden müssten⁸⁴.

Derzeit findet der Ausbau der Biodieselproduktion in Brasilien und Südostasien mit starker Exportausrichtung auf den US- und den EU-Markt statt. Daher erscheint die Annahme der zukünftigen Inanspruchnahme von Anbauflächen in diesen Regionen plausibel. Sollten sich andere Konstellationen als ebenso wahrscheinlich erweisen, wie etwa ein verstärkter Biodieselbezug aus Osteuropa auf Basis von Raps oder Sonnenblumen, so müssten die BAU-Annahmen entsprechend angepasst werden.

⁸³ Entwurf einer Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von zu Biokraftstoffen verarbeiteter Biomasse (Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung – BioNachV), Stand 24.10.2007

⁸⁴ Zudem müssten die Importflächen für Bioethanol aus Zuckerrohr berücksichtigt werden. Für diese liegen jedoch keine eindeutigen Informationen zur Inanspruchnahme von natürlichen Ökosystemen bei Ausdehnung der Anbauflächen vor. Es würden sich aber auch bei vollständiger Flächenzurechnung für Bioethanol aus Zuckerrohr keine deutlichen Veränderungen der Werte ergeben, da die Flächenbelegung im Vergleich zu Biodiesel nur gering ist (0,09 Mio. ha BAU I in 2030, resp. 0,32 Mio. ha nach BAU II).

Vorgehensweise zu Frage 2:

Hier wird der gesamte Mehrbedarf an globaler Fläche für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren in 2030 gegenüber 2004 zugrunde gelegt; 2,67 Mio. ha bei BAU I bzw. 3,63 Mio. ha bei BAU II. Dieser Mehrbedarf muss aufgrund der begrenzten Flächenverfügbarkeit im Inland über Importe gedeckt werden. Haupttreiber für diese Entwicklung nach BAU sind die Importe von Biodiesel (92% der gesamten Importflächenzunahme 2030 gegenüber 2004 für Nawaro bei BAU I, 87% bei BAU II). Diese entfallen nach BAU I zu ca. 8% des Mehrflächenbedarfs in 2030 gegenüber 2004 auf den Palmölanbau in Indonesien, und zu 92% auf den Sojaanbau in Brasilien, bei BAU II zu 16% Palmölanbau und 84% Sojaanbau (gleiche Relationen wie bei Vorgehensweise 1).

Beide Vorgehensweisen berücksichtigen die konkreten Flächeninanspruchnahmen für die Anbauflächen von Palmfrüchten bzw. Sojabohnen. Darüber hinaus verursacht deren Anbau in natürlichen Ökosystemen weitere assoziierte Flächeninanspruchnahmen (z.B. für Betriebs-, Transport- und Wohnaktivitäten), die in einem erweiterten Ansatz betrachtet werden könnten, hier aber aufgrund der unsicheren Grundlagen (Kausalität der Zuordnung und Daten) nicht weiter verfolgt werden.

Im Folgenden wird zunächst die aktuelle Entwicklung der Landnutzung in Indonesien (Ölpalmenanbau) und Brasilien (Sojaanbau) betrachtet, um die durch eine Ausweitung der Anbauflächen betroffenen Naturflächen zu typisieren und ihre Anteile abzuschätzen. Diese Daten werden dann mit den Flächenerfordernissen nach BAU und spezifischen THG-Emissionen pro umgenutzter Fläche kombiniert, um die o.g. beiden Fragestellungen zu beantworten.

A) Palmölanbau Indonesien

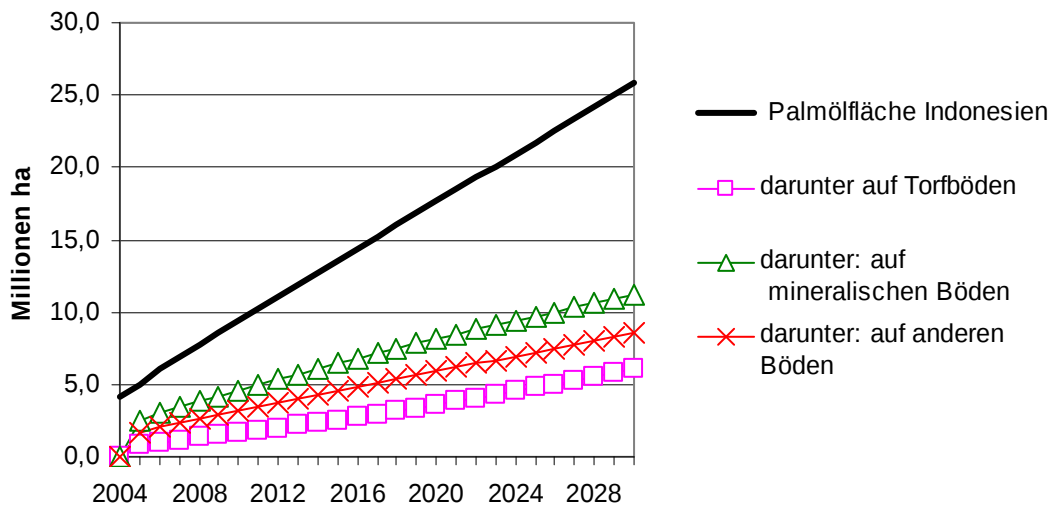
Eine Erweiterung des Anbaus um weitere 20 Millionen Hektar gegenüber derzeit 6 Millionen Hektar ist geplant (Colchester et al., 2006). Nach Biofuelwatch et al., 2007, beziehen sich diese Pläne der indonesischen Regierung auf den Zeitraum der nächsten 20 Jahre.

Die Erweiterung des Palmölanbaus in Indonesien beruht aktuell zu zwei Dritteln auf der Zerstörung von Regenwald, die restliche Anbauflächenausweitung von einem Drittel beruht auf bereits vorhandenen Flächen (Grieg-Gran et al., 2007). Wir gehen aufgrund mangelnder prospektiver Daten davon aus, dass dies auch in 2030 so der Fall sein wird.

Bei den Regenwaldflächen entfallen ein Viertel auf Torfböden, der Rest auf mineralische Böden, in Zukunft (2030) kann mit 50% Anteil Torfböden gerechnet werden (Hooijer et al., 2006).

Danach ergibt sich die folgende Entwicklung (Abbildung 44).

Abbildung 44: Komponente 2 - Entwicklung des Palmölanbaus in Indonesien.



Quelle: diese Studie.

In 2004 lag die Palmölanbaufläche in Indonesien bei 4,1 Mio. ha, in 2005 bei 5 Mio. ha und in 2006 bei 6,1 Mio. ha (Colchester et al., 2006). In 2030 wären bei Fortdauer der aktuellen Trends knapp 26 Millionen ha Palmölanbau in Indonesien erreicht, davon 24% auf Torfböden, 43% auf mineralischen Regenwaldböden und 33% auf anderen Böden. Damit hätte sich gegenüber 2005 die gesamte Regenwaldfläche Indonesiens um 29% vermindert, und würde nur noch etwa 49% der Fläche in 1990 ausmachen.

Eine lineare Zunahme der Anbauflächen unterstellt, wären in 2030 gegenüber dem Vorjahr 0,83 Millionen ha Anbaufläche neu hinzugekommen. Der Anteil der neu angelegten Fläche an der Gesamtfläche in 2030 läge bei ca. 3,2%. Somit würden 96,8% des Palmölanbaus in 2030 auf bereits bestehenden Flächen stattfinden, darunter 22,5% Torfböden, 42% mineralische Böden, 32,3% andere Böden.

Mögliche zusätzliche Flächeninanspruchnahme

Nach Grieg-Gran et al., 2007, betrug die Differenz der Konzessionen für Ölpalmenanbau in Indonesien und der tatsächlichen Anbaufläche im Zeitraum 1990 bis 2004 etwa das 1,6-fache der tatsächlichen Anbaufläche. Die Autoren bezeichnen diese Differenz als indirekte Flächeninanspruchnahme und nehmen an, dass dies auf Kosten von (weiterer) Entwaldung erfolgte. Aufgrund dieser Unsicherheit wird dieser mögliche zusätzliche Anteil hier nicht weiter betrachtet.

B) Sojaanbau Brasilien

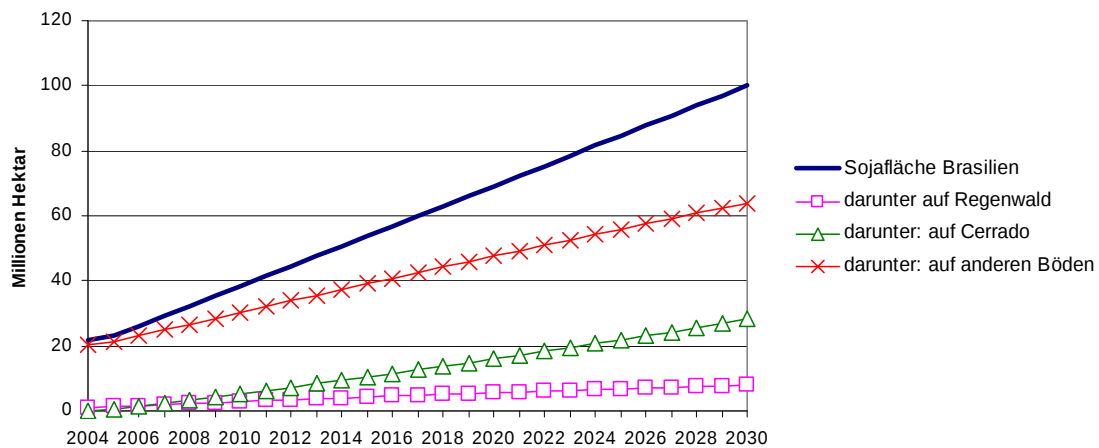
Die gegenwärtige Entwicklung läuft auf eine Erweiterung des Anbaus von knapp 23 Millionen ha in 2005 (nach FAO-Daten) auf ca. 100 Millionen Hektar hinaus (Kaltner et al., 2005).

Flaskerud, 2003, unter Berufung auf Shean, 2003, und EMBRAPA⁸⁵ und USDA⁸⁶, beziffert den möglichen zusätzlichen Sojaanbau in Brasilien auf 50 bis 99 Millionen ha, das entspräche 35% bis 61% des gesamten zusätzlichen Flächenpotenzials für die Landwirtschaft. Im Mittel würde somit ebenfalls ca. 100 Millionen ha zukünftiger Sojaanbau resultieren (23 Mio. ha aktuell plus 74 Mio. ha zusätzlich).

Die Erweiterungsfläche für Landwirtschaft insgesamt würde nach Flaskerud, 2003, im Mittel zu ca. 42% auf unberührte Cerradoflächen entfallen, zu 7% auf Amazonasregenwald, und zu 51% auf Weideland. Für die Sojaanbaufläche speziell liegen solche Annahmen nicht vor, die angegebenen Prozentwerte werden hier daher näherungsweise auf den zukünftigen Sojaanbau übertragen.

Danach ergibt sich die folgende Entwicklung (Abbildung 45).

Abbildung 45: Komponente 2 - Entwicklung des Sojaanbaus in Brasilien.



Quelle: diese Studie.

In 2030 wären bei angenommener linearer Zunahme 100 Millionen ha Sojaanbau in Brasilien erreicht, davon 8% auf Regenwald, 28% auf Cerradoböden und 64% auf anderen Böden. Damit hätte sich gegenüber 2005 die Regenwaldfläche Brasiliens um 2% und die Cerradofläche um 14% vermindert.

Eine lineare Zunahme der Anbauflächen unterstellt, wären in 2030 gegenüber dem Vorjahr 3,1 Millionen ha Anbaufläche neu hinzugekommen, davon 0,2 auf Regenwald, 1,3 auf Cerrado, und 1,6 auf sonstigen Böden. Der Anteil der neu angelegten Fläche an der Gesamtfläche in 2030 läge bei ca. 3,1%. Somit würden 96,9% des Sojaanbaus in 2030 auf bereits bestehenden Flächen stattfinden, darunter 7,7% auf ehemaligen Regenwald-, 26,8% auf ehemaligen Cerrado-, und 62,4% auf anderen Flächen.

⁸⁵ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Brazilian Agricultural Research Corporation), die staatliche Brasilianische Forschungseinrichtung für Landwirtschaft (dem Ministerium für Landwirtschaft untergeordnet).

⁸⁶ U.S. Department of Agriculture.

Nach den zuvor genannten Annahmen ergeben sich im Zeitraum bis 2024 Flächenzerstörungen von ca. 5,5 Mio. ha tropischer Regenwald und 20,5 Mio. ha Savanne. Zu einer ähnlichen Einschätzung kommen Umweltschutzorganisationen (zitiert nach Bickel, 2004), die berechnet haben, dass bis 2024 etwa 16 Millionen ha Savanne und 6 Mio. ha tropischer Regenwald neuen Sojaplantagen zum Opfer fallen werden.

Mögliche zusätzliche Flächeninanspruchnahme

Nach Grieg-Gran et al., 2007, betrug das gesamte Ausmaß der Entwaldung infolge der Ausdehnung des Sojaanbaus fast das Doppelte der tatsächlichen Anbauflächenausdehnung für Soja auf Kosten von Naturwald (im Zeitraum 1995 bis 2005). Die Autoren bezeichnen die Differenz als indirekte Flächeninanspruchnahme, und führen diese auf die Vertreibung und Ansiedlung von Menschen in neuen Gebieten zurück. Aufgrund der Unsicherheiten bei der Grundlage dieser Zahlen wird eine mögliche zusätzliche Flächeninanspruchnahme dieser Art durch den Sojaanbau hier nicht weiter betrachtet.

4.3.2.1. THG-Emissionsraten

Landnutzungsänderungen treten auf, wenn durch die Produktion von Anbaubiomasse natürliche Flächen erschlossen werden, die vorher nicht landwirtschaftlich genutzt wurden. Je nachdem, ob im Vergleich zum neuen Produktionssystem auf den natürlichen Flächen in Biomasse und Boden ursprünglich viel oder wenig Kohlenstoff gebunden war, wirkt sich eine Umwandlung in landwirtschaftlich genutzte Fläche positiv oder negativ auf den Treibhauseffekt aus. In einer Ökobilanz wird die alternative Flächennutzung zu einer landwirtschaftlichen Nutzung als so genanntes Referenzsystem berücksichtigt (Jungk & Reinhardt, 2000). In dieser Studie werden fünf Referenzsysteme mit einbezogen (A-E) (Tabelle 58).

In Tabelle 58 sind die Treibhausgasemissionen zusammengestellt, die sich durch die Rodung einer bestimmten Vegetationsform ergeben, welche nötig ist, um die Fläche landwirtschaftlich nutzen zu können. Es ist immer ein Standardwert mit einer Bandbreite (min., max.) angegeben. Dabei stellen die Minimal- und Maximalwerte keine Extremwerte dar, sondern drücken die Unschärfe um den Mittelwert aus, die sich aufgrund der Datenunsicherheit ergibt. Genauere Ableitungen zu den einzelnen Werten und zugrunde liegende Annahmen finden sich in (IFEU in Druck).

Tabelle 58: Treibhausgasemissionen aus Umwandlung verschiedener Vegetationsformen in landwirtschaftlich genutzte Fläche (A-E) und aus Bewirtschaftung organischer Böden (F).

		Einheit	Standard	Min.	Max.	Quelle
A.	Trop. Regenwald auf mineralischem Boden mit Nutzholzentnahme	t CO ₂ -Äquiv. / ha	600	300	1.000	IFEU auf Basis von IPCC, 2006.
B.	Savannenwald auf mineralischem Boden	t CO ₂ -Äquiv. / ha	150	110	190	IFEU auf Basis von IPCC, 2006.
C.	Campo Cerrado	t CO ₂ -Äquiv. / ha	65	55	75	IFEU auf Basis von IPCC, 2006, & Delitti et al., 2006 & 2001.
D.	Grasland-Savanne auf mineralischem Boden	t CO ₂ -Äquiv. / ha	40	20	60	IFEU auf Basis von IPCC, 2006.
E.	Trop. Regenwald auf organischen Böden mit Nutzholzentnahme	t CO ₂ -Äquiv. / ha	5.000	1.200	13.000	IFEU auf Basis von IPCC, 2006 & Wösten, 2007.
E ₁	Trop. Regenwald auf Mineralboden	t CO ₂ -Äquiv. / ha	600	300	1.000	IFEU auf Basis von IPCC, 2006.
E ₂	CO ₂ -Emissionen aus Torfböden	t CO ₂ -Äquiv. / ha	4.400	900	12.000	IFEU auf Basis von Wösten, 2007.
F.	N₂O-Emission organischer bewirtschafteter Böden (E)	t CO ₂ -Äquiv. / (ha·a)	7	2	23	IFEU auf Basis von IPCC, 2006.

Quelle: nach IFEU, 2007.

Erläuterung der Tabellenwerte

A. Tropischer Regenwald mit Nutzholzentnahme auf mineralischem Boden

Der Standardwert für tropischen Regenwald mit Nutzholzentnahme beruht auf IPCC, 2006, und eigenen Abschätzungen. Dabei wurden Werte für die Phytomasse aus vier verschiedenen tropischen Regionen (Amerika, Asien kontinental, Asien Inseln und Afrika) gemittelt. Analog dazu wurden die Minimal- und Maximalwerte berechnet. Nach der Methode des IFEU wird zugrunde gelegt, dass ein Teil des Holzes aus dem Regenwald entnommen und anderen Nutzungen (energetisch, als Möbel) zugeführt wird, so dass der nachfolgenden ackerbaulichen Kultur nicht der gesamte Kohlenstoffverlust angelastet wird (IFEU in Druck). Der emittierte Kohlenstoff wird in Tonnen pro Hektar angegeben und wurde für Tabelle 58 in CO₂-Äquivalente umgerechnet. Zusätzlich zu dem Verlust von Kohlenstoff aus der Biomasse werden

durch Brandrodung die Treibhausgase Methan und Lachgas freigesetzt, die nach der Methodik aus IPCC, 2006, berechnet und ebenfalls in CO₂-Äquivalente konvertiert wurden. Aus der Addition des Kohlenstoffverlustes aus Phytomasse und Laub sowie den Treibhausgasen Methan und Lachgas aus der Brandrodung ergibt sich der gerundete Standardwert von 600 t CO₂-Äquivalente ha⁻¹ für die Rodung von tropischem Regenwald mit Nutzholzentnahme auf mineralischem Boden (dargestellt in Tabelle 58, A). Kohlenstoffemissionen aus dem Boden sind hier mit Null angesetzt, da zugrunde gelegt wird, dass durch die Umwandlung des Regenwalds auf Mineralboden in landwirtschaftliche Nutzfläche keine Veränderung des Bodenkohlenstoffs stattfindet.

B. Savannenwald auf mineralischem Boden

Die Phytomasse für den Savannenwald wurde durch das IFEU auf Basis von IPCC, 2006, abgeleitet. Analog zu A wurden die Treibhausgasemissionen pro Hektar durch Konvertierung der Kohlenstoff-Emissionen aus der Phytomasse und der zusätzlichen Methan- und Lachgasemissionen aus der Brandrodung in CO₂-Äquivalente und anschließende Aufaddierung berechnet.

C. Campo Cerrado

Die Phytomasse für Campo cerrado wurde durch das IFEU auf Basis von IPCC, 2006, und Delitti et al., 2006 & 2001, abgeleitet. Analog zu A wurden die Treibhausgasemissionen pro Hektar durch Konvertierung der Kohlenstoff-Emissionen aus der Phytomasse und der zusätzlichen Methan- und Lachgasemissionen aus der Brandrodung in CO₂-Äquivalente und anschließende Aufaddierung berechnet.

D. Grasland-Savanne auf mineralischem Boden

Analog zu A wurden auch die Werte für die Grasland-Savanne berechnet. Die Phytomasse wurde dabei durch das IFEU auf Basis von IPCC, 2006, festgesetzt.

E. Tropischer Regenwald mit Nutzholzentnahme auf Torfboden

Befindet sich der tropische Regenwald nicht auf Mineralboden, sondern auf organischem Boden (Torfboden), wird ein Vielfaches mehr an Treibhausgasen freigesetzt. Der Standardwert (E) ergibt sich dabei aus der Addition der Emissionen von tropischem Regenwald auf Mineralboden (E₁) und den Emissionen aus dem Torfboden (E₂). Entscheidend beeinflusst werden letztere durch die Entwässerungstiefe und die Torfmächtigkeit. Ausgehend von einer durchschnittlichen Entwässerungstiefe von 1 m geht der Kohlenstoff mit einer Rate von 25 t C pro Hektar und Jahr verloren (Hooijer et al., 2007). Im Standardfall ist hier eine Torfmächtigkeit von durchschnittlich 2 m angesetzt. Der Kohlenstoff aus diesen 2 m geht nach einer gewissen Zeit ganz verloren, da durch die Oxidation des Torfs und die damit verbundene Sackung immer wieder nachdrainiert werden muss, so dass bei entsprechend langer Bewirtschaftung der gesamte Torf oxidiert ist.

Die Emissionen aus Torfböden werden also durch Entwässerungstiefe, Torfmächtigkeit und durch die Nutzungsdauer bestimmt. Im Standardfall ergibt sich bei einer durchschnittlichen Torfmächtigkeit von 2 m, einer mittleren Bodendichte von 0,1 g OS/cm³ und einem Kohlenstoffgehalt von 0,6 kg C/kg OS der gesamte Vorrat in der Größenordnung von 1.200 t C ha⁻¹, der nach 48 Jahren vollständig in Form von CO₂ emittiert wird. Im Minimalfall wird eine Torfmächtigkeit von 1 m und ein Kohlenstoffgehalt von 250 t ha⁻¹ m⁻¹ (entsprechend 250 t C ha⁻¹), im Maximalfall eine Torfmächtigkeit von 3 m und ein Kohlenstoffgehalt von 1050 t ha⁻¹ m⁻¹ (entsprechend 3150 t C ha⁻¹) angesetzt (Tabelle 59).

Tabelle 59: Berechnung des Kohlenstoffvorrats in Torfböden.

	Einheit	Standard	Min	Max	Quelle
OS-Gehalt Torf	g OS / cm ³	0,1	0,05	0,15	Wösten 2007
C-Gehalt OS	kg C / kg	0,6	0,5	0,7	Wösten 2007
C-Gehalt Boden	kg C / m ³	60	25	105	Berechnet
Moormächtigkeit	m	2	1	3	Hooijer et al. 2007
Kohlenstoffvorrat	t C / ha	1.200	250	3.150	Berechnet

Quelle: nach IFEU, 2007.

F. Lachgasemissionen aus Torfböden

Werden organische Böden bewirtschaftet, so werden zusätzlich zu den CO₂-Emissionen aus dem Torf aufgrund der Entwässerung auch noch Lachgasemissionen frei. Diese Emissionen (IPCC, 2006) treten jährlich als feste Größe auf und sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Auf Basis dieser Emissionsdaten, können in Anlehnung an die zuvor beschriebenen Flächenberechnungen die folgenden Emissionsraten zugrunde gelegt werden (Tabelle 60). Beim Weideland, das den Sojaanbau auf anderen Böden als ehemaligem Regenwald oder Cerrado in Brasilien betrifft, gehen wir aufgrund der Studien von Flakerud, 2003, und Morton et al., 2006, davon aus, dass dies überwiegend Weideland betrifft, das in seiner Nutzungsart dem Typ Grasland-Savanne nahe kommt.

4.3.2.2. THG Emissionen durch Landnutzungsänderungen

Fragestellung 1: Emissionen durch den Flächenbedarf für die Produktion von Biodiesel aus Soja- und Palmöl nach BAU

Basierend auf den zuvor geschilderten Annahmen ergeben sich die THG Emissionen aus den Flächeninanspruchnahmen für die Produktion der Biodieselimporte (Tabelle 61).

Bei Anlegen der Standardwerte für die Emissionsfaktoren würden in 2030 nach BAU I etwa 37 Millionen Tonnen Treibhausgase infolge von zusätzlichen Flächeninanspruchnahmen resultieren, nach BAU II ca. 54 Mio. Tonnen THG. Im günstigsten

Fall wären es 17 (BAU I) bzw. 22 (BAU II) Mio. t THG, im ungünstigsten Fall 72 (BAU I) bzw. 113 (BAU II) Mio. t THG.

Tabelle 60: Treibhausgasemissionen mit Bezug auf die in der vorliegenden Studie durchgeführten Flächenberechnungen.

	Gesamtwerte gerundet	Einheit	Standard	Min.	Max.	Quelle
Amazonas: einmalig	Tropischer Regenwald auf mineralischem Boden mit Holzentnahme vor Brandrodung	t CO ₂ -Äquiv. / ha	600	300	1000	IFEU auf Basis von IPCC 2006
Cerrado: einmalig	Campo Cerrado	t CO ₂ -Äquiv. / ha	65	55	75	IFEU auf Basis von IPCC 2006 & Delitti et al. 2006 & 2001
Weideland: einmalig	Grasland-Savanne	t CO ₂ -Äquiv. / ha	40	20	60	IFEU auf Basis von IPCC 2006
Südostasien: einmalig	Tropischer Regenwald auf mineralischem Boden mit Holzentnahme vor Brandrodung	t CO ₂ -Äquiv. / ha	600	300	1000	IFEU auf Basis von IPCC 2006 und Wösten 2007
Südostasien: Folge-emissionen	CO ₂ -Emissionen aus Torfböden, plus N ₂ O-Emission organischer bewirtschafteter Böden	t CO ₂ -Äquiv. / (ha·a)	99	21	273	IFEU auf Basis von IPCC 2006 und Wösten 2007

Quelle: nach IFEU, 2007.

Fragestellung 2: Emissionen durch die zusätzliche globale Flächeninanspruchnahme für den Gesamtverbrauch agrarischer Güter

Die Netto-Mehrflächenbelegung fällt durch den Anstieg der Erträge bei der Nahrungsmittelproduktion geringer aus als der tatsächliche Umfang der Anbaufläche für die Produktion der nachgefragten Biokraftstoffe. Basierend auf der eingangs des Kapitels begründeten Annahme, dass der gesamte Mehrbedarf an globaler Fläche für den inländischen Konsum landwirtschaftlicher Waren in 2030 gegenüber 2004 – 2,67 Mio. ha BAU I bzw. 3,63 Mio. ha BAU II zu den gleichen Anteilen wie bei Fragestellung 1 auf den Palmölanbau in Indonesien bzw. auf dem Sojaanbau in Brasilien entfallen würde, ergeben sich die folgenden THG Emissionen (Tabelle 62).

Bei Anlegen der Standardwerte für die Emissionsfaktoren würden nach dieser Zurechnung auf Soja und Palmöl in 2030 nach BAU I ca. 14 Mio. Tonnen THG emittiert, nach BAU II ca. 28 Mio. Tonnen THG. Im günstigsten Fall wären es 6 (BAU I) bzw. 11 (BAU II) Mio. t THG, im ungünstigsten Fall 27 (BAU I) bzw. 60 (BAU II) Mio. t THG.

Tabelle 61: Flächeninanspruchnahme (Brutto-Produktionsfläche), THG Emissionen pro Hektar und in Mio. Tonnen für die Biodieselproduktion nach BAU in 2030.

in 2030: Flächeninanspruchnahme für Biodiesel-Produktionsflächen nach BAU						
	BAU I		BAU II			
Flächen in Millionen ha						
Mehrbedarf Deutschland gegenüber 2004	7,21	6,88				
davon: Palmölanbau Indonesien	0,56	1,09				
davon: Sojaanbau Brasilien	6,65	5,79				
A) Palmölanbau Indonesien						
Bestandsfläche	0,54	1,06				
Bestand: Torfböden	0,13	0,25				
Bestand: mineralische Böden	0,23	0,46				
Bestand: andere Böden	0,18	0,35				
Neu eingeschlagene Fläche	0,018	0,035				
neu: Torfböden	0,006	0,012				
neu: mineralische Böden	0,006	0,012				
neu: andere Böden	0,006	0,012				
B) Sojaanbau Brasilien						
Bestandsfläche	6,44	5,61				
Bestand: Regenwald	0,51	0,44				
Bestand: Cerrado	1,78	1,55				
Bestand: andere Böden	4,15	3,61				
Neu eingeschlagene Fläche	0,20	0,18				
neu: Regenwald	0,01	0,01				
neu: Cerrado	0,09	0,07				
neu: andere Böden	0,11	0,09				
THG Emissionen in Tonnen pro Hektar						
	Standard	Min.	Max.			
A) Palmölanbau Indonesien						
Bestandsfläche						
Bestand: Torfböden	99	21	273			
Bestand: mineralische Böden						
Bestand: andere Böden						
Neu eingeschlagene Fläche						
neu: Torfböden	600	300	1000			
neu: mineralische Böden	600	300	1000			
neu: andere Böden						
B) Sojaanbau Brasilien						
Bestandsfläche						
Bestand: Regenwald						
Bestand: Cerrado						
Bestand: andere Böden						
Neu eingeschlagene Fläche						
neu: Regenwald	600	300	1000			
neu: Cerrado	65	55	75			
neu: andere Böden	40	20	60			
THG Emissionen in Millionen Tonnen						
	Standard		Min.		Max.	
	BAU I	BAU II	BAU I	BAU II	BAU I	BAU II
A) Palmölanbau Indonesien						
Bestandsfläche						
Bestand: Torfböden	12	24	3	5	34	67
Bestand: mineralische Böden						
Bestand: andere Böden						
Neu eingeschlagene Fläche						
neu: Torfböden	4	7	2	3	6	12
neu: mineralische Böden	4	7	2	3	6	12
neu: andere Böden						
B) Sojaanbau Brasilien						
Bestandsfläche						
Bestand: Regenwald						
Bestand: Cerrado						
Bestand: andere Böden						
Neu eingeschlagene Fläche						
neu: Regenwald	8,0	7,0	4,0	3,5	13,4	11,6
neu: Cerrado	5,6	4,9	4,7	4,1	6,5	5,6
neu: andere Böden	4,2	3,7	2,1	1,8	6,3	5,5
INSGESAMT	37	54	17	22	72	113

Quelle: diese Studie.

Tabelle 62: Zusätzliche Flächeninanspruchnahme (Netto-Konsumfläche), THG Emissionen pro Hektar und in Mio. Tonnen für den Konsum agrarischer Güter nach BAU in 2030.

in 2030: Flächeninanspruchnahme für Konsum agrarischer Güter						
	BAU I		BAU II			
Flächen in Millionen ha						
Mehrbedarf Deutschland gegenüber 2004	2,67		3,63			
davon: Anteil Palmölanbau Indonesien	0,21		0,58			
davon: Anteil Sojaanbau Brasilien	2,47		3,05			
A) Palmölanbau Indonesien						
Bestandsfläche	0,20		0,56			
Bestand: Torfböden	0,05		0,13			
Bestand: mineralische Böden	0,09		0,24			
Bestand: andere Böden	0,07		0,19			
Neu eingeschlagene Fläche	0,007		0,018			
neu: Torfböden	0,002		0,006			
neu: mineralische Böden	0,002		0,006			
neu: andere Böden	0,002		0,006			
B) Sojaanbau Brasilien						
Bestandsfläche	2,39		2,96			
Bestand: Regenwald	0,19		0,23			
Bestand: Cerrado	0,66		0,82			
Bestand: andere Böden	1,54		1,91			
Neu eingeschlagene Fläche	0,08		0,09			
neu: Regenwald	0,00		0,01			
neu: Cerrado	0,03		0,04			
neu: andere Böden	0,04		0,05			
THG Emissionen in Tonnen pro Hektar						
	Standard	Min.	Max.			
A) Palmölanbau Indonesien						
Bestandsfläche						
Bestand: Torfböden	99	21	273			
Bestand: mineralische Böden						
Bestand: andere Böden						
Neu eingeschlagene Fläche						
neu: Torfböden	600	300	1000			
neu: mineralische Böden	600	300	1000			
neu: andere Böden						
B) Sojaanbau Brasilien						
Bestandsfläche						
Bestand: Regenwald						
Bestand: Cerrado						
Bestand: andere Böden						
Neu eingeschlagene Fläche						
neu: Regenwald	600	300	1000			
neu: Cerrado	65	55	75			
neu: andere Böden	40	20	60			
THG Emissionen in Millionen Tonnen						
	Standard		Min.		Max.	
	BAU I	BAU II	BAU I	BAU II	BAU I	BAU II
A) Palmölanbau Indonesien						
Bestandsfläche						
Bestand: Torfböden	5	13	1	3	13	35
Bestand: mineralische Böden						
Bestand: andere Böden						
Neu eingeschlagene Fläche						
neu: Torfböden	1	4	1	2	2	6
neu: mineralische Böden	1	4	1	2	2	6
neu: andere Böden						
B) Sojaanbau Brasilien						
Bestandsfläche						
Bestand: Regenwald						
Bestand: Cerrado						
Bestand: andere Böden						
Neu eingeschlagene Fläche						
neu: Regenwald	3,0	3,7	1,5	1,8	5,0	6,1
neu: Cerrado	2,1	2,6	1,8	2,2	2,4	3,0
neu: andere Böden	1,6	1,9	0,8	1,0	2,3	2,9
INSGESAMT	14	28	6	11	27	60

Quelle: diese Studie.

Sensitivitäten der Berechnung zur Flächeninanspruchnahme

Die Ergebnisse werden durch folgende Faktoren stark beeinflusst:

- Palmölanbau Indonesien: der Anteil von Torfböden, für den hohe Folgeemissionen veranschlagt werden;
- Sojaanbau Brasilien: der Anteil von Regenwald an den Naturflächen, für den wesentlich höhere Emissionsraten veranschlagt werden als für Savanne bzw. Cerrado.

In zwei Sensitivitätsanalysen wurden daher die folgenden Varianten gerechnet:

- Palmölanbau Indonesien: der Anteil von zusätzlichem Anbau auf Torfböden wurde über die gesamte Zeitspanne bis 2030 konstant gehalten (bei 25% Naturflächenanteil, gegenüber einem Anstieg auf 50% in 2030 im Normalfall);
- Sojaanbau Brasilien: der Anteil von Regenwald an den Naturflächen wurde in 2030 auf den gleichen Anteil an Naturflächen eingestellt wie für Savanne bzw. Cerrado (gegenüber einem Anteil von ca. 13,4% an Naturflächen im Normalfall).

- Sensitivitäten bei Fragestellung 1

Das Ergebnis beider Sensitivitätsanalysen zeigt die folgende Tabelle 64. Bei gleichem Anteil Regenwald wie Cerrado an den Naturflächen liegen die THG Emissionen für den Fall „Sojaanbau in Brasilien“ um mehr als doppelt so hoch wie im Normalfall. Beim Fall „Indonesien Palmölanbau“ führt ein gleich hoher Anteil von Torfböden in 2030 wie in 2004 zu etwa 20% geringeren THG Emissionen (Tabelle 63).

In der Kombination beider Sensitivitätsanalysen ergeben sich bei Anlegen der Standard-Emissionsraten etwa um 40% höhere THG Emissionen bei BAU I, bzw. um ca 20% höhere THG Emissionen bei BAU II.

**Tabelle 63: Sensitivitätsanalyse zu den THG Emissionen –
Flächeninanspruchnahme für die Produktionsflächen für Biodiesel
nach BAU.**

in 2030: Produktionsflächen für Biodiesel: mit Sensitivitätsanalysen						
THG Emissionen in Millionen Tonnen						
	Standard		Min.		Max.	
	BAU I	BAU II	BAU I	BAU II	BAU I	BAU II
Brasilien Sojaanbau						
Normalfall	18	16	11	9	26	23
höherer Anteil Regenwald	37	32	20	17	60	52
Faktor	2,1	2,1	1,8	1,8	2,3	2,3
Indonesien Palmölanbau						
Normalfall	19	38	6	12	46	90
konstanter Anteil für Torfböden	16	31	5	11	36	71
Faktor	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8
kombinierter Effekt beider Sensitivitätsanalysen						
Normalfall	37	54	17	22	72	113
Sensitivitäten	53	64	25	28	96	123
Faktor	1,4	1,2	1,5	1,3	1,3	1,1

Quelle: diese Studie.

- Sensitivitäten bei Fragestellung 2

Das Ergebnis dieser Sensitivitätsanalysen zeigt die folgende Tabelle 64. Bei gleichem Anteil Regenwald wie Cerrado an den Naturflächen liegen die THG Emissionen für den Fall „Sojaanbau in Brasilien“ mehr als doppelt so hoch wie im Standardfall. Beim Fall „Indonesien Palmölanbau“ führt ein gleich hoher Anteil von Torfböden in 2030 wie in 2004 zu etwa 20% geringeren THG Emissionen

In der Kombination beider Sensitivitätsanalysen ergeben sich bei Anlegen der Standard-Emissionsraten etwa um 40% höhere THG Emissionen bei BAU I, bzw. um ca 20% höhere THG Emissionen bei BAU II.

Tabelle 64: Sensitivitätsanalyse zu den THG Emissionen – Flächeninanspruchnahme für den Konsum agrarischer Güter nach BAU.

in 2030: Flächen für Konsum agrarischer Güter: mit Sensitivitätsanalysen						
THG Emissionen in Millionen Tonnen						
	Standard		Min.		Max.	
	BAU I	BAU II	BAU I	BAU II	BAU I	BAU II
Brasilien Sojaanbau						
Normalfall	7	8	4	5	10	12
höherer Anteil Regenwald	14	17	7	9	22	27
Faktor	2,1	2,1	1,8	1,8	2,3	2,3
Indonesien Palmölanbau						
Normalfall	7	20	2	6	17	48
konstanter Anteil für Torfböden	6	17	2	6	14	38
Faktor	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8
kombinierter Effekt beider Sensitivitätsanalysen						
Normalfall	14	28	6	11	27	60
Sensitivitäten	20	34	9	15	36	65
Faktor	1,4	1,2	1,5	1,3	1,3	1,1

Quelle: diese Studie.

4.3.2.3. Nettoeffekte der THG Emissionen

Eine Übersicht zu den Ergebnissen nach Fragestellung 1 und 2, Bau I und BAU II, und dem Nettoeffekt aus Komponente 1 und Komponente 2 zeigt Tabelle 65 am Ende von Kapitel 4. Hierin sind auch die Ergebnisse der Variantenbetrachtungen „BtL“ und „Sonnenblumen“ enthalten (siehe folgenden Abschnitt).

Unter Anwendung der Emissionskoeffizienten für energetische Biomassen insgesamt (ohne Emissionen durch Flächennutzungsänderungen) ergeben sich nach BAU I in 2030 ca. 25,6 Millionen Tonnen THG Minderungspotenzial gegenüber fossilen Energieträgern, bei BAU II ca. 35,5 Millionen Tonnen THG (vgl. Abbildung 42). Darunter entfallen nach BAU I in 2030 ca. 14 Millionen Tonnen THG Minderungspotenzial auf Biodiesel (ca. 55%), bei BAU II ca. 16,7 Millionen Tonnen THG (ca. 47%).

Im Vergleich zum THP Minderungsbeitrag von Biodiesel würden bei Fragestellung 1 und Anlegen der Standardemissionswerte in 2030 ca. 23 (BAU I) bzw. 37 Mio. Tonnen (BAU II) mehr Treibhausgase durch Inanspruchnahme von Flächen im Ausland für Importe von Biodiesel emittiert werden, als insgesamt durch den Einsatz von Biodiesel eingespart werden könnten. Das wären deutlich mehr zusätzliche THG Emissionen als der Einspareffekt durch Biodiesel ausmachen würde (1,7mal so viele THG bei BAU I, 2,2mal bei BAU II)⁸⁷.

Selbst wenn nach 2030 die Bestandsflächen für Soja und Palmöl nicht weiter ausgedehnt würden, und in der Folgezeit nur noch die Folgeemissionen aus dem über 48 Jahre abzuschreibenden Bestand von Torfböden in Indonesien anzurechnen wären, würde es bei fortgesetzter THG Minderung durch Biodiesel auf dem Niveau von 2030 noch 9 bis 20 Jahre dauern (BAU I bis BAU II) bis die Mehremissionen von THG durch Inanspruchnahme von Flächen im Ausland für Importe von Biodiesel ausgeglichen wären. Das bedeutet, dass bei Fortdauer der voraussichtlichen Trends vor dem Zeitraum 2039 bis 2050 nicht mit einer Netto-Klimaentlastung durch die von Deutschland importierten Dieselmengen zu rechnen ist.

Im Vergleich zum THP Minderungsbeitrag der gesamten Anbaubiomasse für energetische Zwecke würden bei Fragestellung 1 und Anlegen der Standardemissionswerte in 2030 ca. 12 (BAU I) bzw. 18 Mio. Tonnen (BAU II) mehr Treibhausgase durch Inanspruchnahme von Flächen im Ausland für Importe von Biodiesel emittiert werden, als insgesamt durch den Einsatz von energetischer Biomasse eingespart werden könnten. Das wären etwa um die Hälfte mehr THG Emissionen als der Einspareffekt durch Energiepflanzen ausmachen würde.

Fragestellung 2 bildet die Menge an THG ab, die durch den mindestens zu erwartenden Umfang an Flächennutzungsänderungen zu erwarten sind, wenn man die durch Ertragssteigerung verminderten Erfordernisse für die Ernährung berücksichtigt. Auch dann wird die Einsparung der THG durch Biodiesel nach BAU I Null bzw. beträgt nach BAU II noch 12 Mio. Tonnen THG Mehremissionen. Der Gesamteffekt der Einsparung durch energetische Nawaro wird um 54% bis 80% vermindert (BAU I bzw. BAU II).

BAU Varianten zu Biodiesel

In Kapitel 2.5.1 wurde dargestellt, dass infolge einer Steigerung der Hektarproduktivitäten um 1% p.a., in 2030 ca. 0,46 bis 0,83 Millionen Hektar Ackerland

⁸⁷ Hier werden die Anbauflächen vollständig der Produktion von Biodiesel angerechnet, da diese ohne diese Flächennutzung nicht möglich wäre und der Anbau in den Ländern ausgeweitet werden müsste, um das Hauptprodukt Biodiesel in entsprechenden Mengen für den Export nach Deutschland herzustellen. Würde man das Nebenprodukt Sojapresskuchen, das als Futtermittel eingesetzt und ebenfalls in die EU exportiert wird, anteilmäßig auf die Flächennutzung anrechnen, so fiel der Flächenanteil für den Biodiesel geringer aus. Eine verbrauchsseitige Betrachtung unter Berücksichtigung aller agrarischen Produkte und anteilmäßige Zurechnung ist Grundlage für die Berechnungen nach Fragestellung 2.

auf nicht für Nawaro belegten Flächen im Inland verfügbar werden könnten (in BAU II bzw. BAU I).

Diese rechnerisch disponible Anbaufläche im Inland wird aller Voraussicht nach für den Export und die Versorgung einer wachsenden Weltbevölkerung eingesetzt werden. In einer Variante zur BAU-Entwicklung wird hier angenommen, dass diese 0,46 bis 0,83 Millionen Hektar Ackerland (in BAU II bzw. BAU I) zur Produktion von BtL (Variante A) oder Biodiesel aus Sonnenblumen (Variante B) verwendet würden, wodurch der Importbedarf für Biodiesel aus Soja und Palmöl verringert würde. Die Frage ist nun, um welchen Anteil dann die durch Landnutzungsänderung im Ausland verursachten THG Emissionen vermindert werden könnten (Tabelle 65).

Variante A: BtL

Würde auf dieser im Inland in 2030 disponiblen Fläche Biomasse für BtL angebaut, so könnten nach BAU I ca. 137 PJ BtL produziert werden, nach BAU II ca. 76 PJ. Zusammen mit den bereits nach BAU berechneten Mengen würden dann insgesamt 154 PJ bzw. 98 PJ BtL auf Basis inländischer LW-Flächen produziert werden. Das entspräche dem 2,34-fachen der für BAU I in 2030 angenommenen Produktionskapazität für BtL im Inland, bzw. dem 1,12-fachen nach BAU II. Es handelt sich somit eher um eine theoretische Betrachtung, die aber veranschaulicht, in welchem Umfang ein verstärkter Ausbau der Produktion von BtL zur Minderung der Emission von THG durch Landnutzungsänderungen beitragen könnte. Im Vergleich zum Normalfall (Fragestellung 1, siehe oben) könnten dann die Emissionen durch Landnutzungsänderung um 12 bis 20 Millionen THG vermindert werden (BAU II bis BAU I). Im Vergleich zum THP Minderungsbeitrag von Biodiesel im Normalfall nach Fragestellung1 würden dann nur noch 15% bis 67% (BAU I bis BAU II) der Mehremissionen von Treibhausgasen durch Inanspruchnahme von Flächen im Ausland für Importe von Biodiesel resultieren.

Zusätzlich könnten durch den Anbau im Inland 5,6 bis 10,1 Mio. Tonnen THG eingespart werden (BAU II bis BAU I). Dann würde für BAU I eine Netto-Minderung von THG um 6,6 Mio. Tonnen resultieren, für BAU II würden dann noch 19,3 Mio Tonnen (52% des Standard-BAU) der Mehremissionen von Treibhausgasen durch Inanspruchnahme von Flächen im Ausland für Importe von Biodiesel resultieren.

Variante B: Biodiesel aus Sonnenblumenöl

Würden auf der im Inland in 2030 verfügbaren Fläche Sonnenblumen für Biodiesel angebaut, so könnten im Vergleich zum Normalfall (Fragestellung 1, siehe oben) die Emissionen durch Landnutzungsänderung um 4 bis 7 Millionen THG vermindert werden (BAU II bis BAU I). Im Vergleich zum THP Minderungsbeitrag von Biodiesel im Normalfall nach Fragestellung1 würden dann nur noch 69% bis 88% (BAU I bis BAU II) der Mehremissionen von Treibhausgasen durch Inanspruchnahme von Flächen im Ausland für Importe von Biodiesel resultieren.

Zusätzlich könnten durch den Anbau im Inland 1,5 bis 2,7 Mio. Tonnen THG eingespart werden (BAU II bis BAU I). Dann würde für BAU I im Vergleich zum THP Minderungsbeitrag von Biodiesel im Normalfall nach Fragestellung¹ noch 13,5 Mio Tonnen (58% des Standard-BAU) der Mehrmissionen von Treibhausgasen durch Inanspruchnahme von Flächen im Ausland für Importe von Biodiesel resultieren, bei BAU II wären das analog noch 31,1 Mio Tonnen (84%).

Sensitivität der Annahmen zu relativen Anteilen von Soja- bzw. Palmölanbaufläche
Das Ergebnis zum Nettoeffekt der Emission von THG (Komponente 2 minus Komponente 1) wird stark von den Annahmen zu den jeweiligen Flächenbelegungen für Sojaöl und Palmöl beeinflusst, da die THG Emissionen aus Landnutzungsänderungen durch den Palmölanbau aufgrund der Anteile von Torfböden mit hohen Kohlenstofffreisetzungen pro Flächeneinheit deutlich höher sind als für den Sojaanbau auf mineralischen Böden.

Geht man davon aus, dass die Importe von Biodiesel in 2030 zu gleichen Flächenanteilen auf den Palmöl- und Sojaanbau entfallen würden, so würden bei Fragestellung¹ und Anlegen der Standardemissionswerte in 2030 ca. 33 (BAU I) bzw. 44 Mio. Tonnen (BAU II) mehr Treibhausgase durch Inanspruchnahme von Flächen im Ausland für Importe von Biodiesel emittiert werden, als insgesamt durch den Einsatz von Biodiesel eingespart werden könnten. Gegenüber dem Standardansatz wären dies im Vergleich zu BAU I um 40% erhöhte Netto-THG Emissionen, im Vergleich zu BAU II um etwa 19% erhöhte Netto-THG Emissionen.

Tabelle 65: Übersicht zu den Ergebnissen nach Fragestellung 1 und 2, Bau I und BAU II, und den Nettoeffekten aus Komponente 1 und Komponente 2, sowie Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen.

Deutschland im Jahre 2030		Fragestellung 1		Fragestellung 2	
		a) Bezug: Bruttoproduktionsfläche für Biodiesel		b) Bezug: Nettokonsumfläche Mehrbedarf für agrarische Güter gegenüber 2004	
		BAU I	BAU II	BAU I	BAU II
1.) Flächenbedarf in Mio. Hektar		7.21	6.88	2.67	3.63
davon: Palmölanbau Indonesien		0.56	1.09	0.21	0.58
davon: Sojaanbau Brasilien		6.65	5.79	2.47	3.05
2.) THG Emissionen absolut aus LUC in Mio. t CO ₂ -Äquivalente (Komponente 2)	a	37	54	14	28
3.) THG Minderung durch Biodiesel (Komponente 1)	b	-14	-17	-14	-17
Netto-Effekt THG für Biodiesel	a plus b	23	37	-0	12
Einsparung ab dem Jahr		2040	2050		
4.) THG Minderung durch Biomasse (Komponente 1)	c	-26	-36	-26	-36
Netto-Effekt THG für Biomasse	a plus c	12	18	-12	-7
5.) Sensitivitätsanalysen zu 2.) in Mio. t CO ₂ -Äquivalente					
5.1. Höherer Anteil Regenwald, Torfbodenanteil bis 2030 nicht ansteigend (Komponente 2)	a.1.	53	64	20	34
Faktor gegenüber Normalvariante	a.1. / a	1.4	1.2	1.4	1.2
5.2. BtL auf disponibler Ackerfläche Inland (Komponente 2)	a.2.	17	42		
dgl. minus Einsparung durch Anbau im Inland	a.2.1.	7	36		
5.3. Biodiesel aus Sonnenblumen auf disponibler Ackerfläche Inland (Komponente 2)	a.3.	30	49		
dgl. minus Einsparung durch Anbau im Inland	a.3.1.	27	48		

Quelle: diese Studie.

5. Die wichtigsten Instrumente zur Steuerung einer nachhaltigen Flächennutzung und Versorgung mit Nawaro

Aus den Szenarioanalysen ergeben sich im Hinblick auf eine nachhaltige Flächennutzung und Versorgung mit Nawaro folgende wesentliche Herausforderungen:

Die Bewirtschaftung der Flächen sollte möglichst so erfolgen, dass die Erträge an Biomasse für Ernährung und stoffliche sowie energetische Verwendungen möglichst erhöht werden, bei gleichzeitiger Verminderung der Umweltbelastungen und Förderung der Biodiversität. Hier sind vorrangig die Instrumente zu betrachten, die diesen Optimierungsprozess über Anforderungen an *Quantität und Qualität der landwirtschaftlichen Produktion* steuern.

Die Ausdehnung der globalen Landwirtschaftsfläche zu Lasten von natürlichen Ökosystemen, insbesondere in tropischen Ländern, sollte vermindert und letztlich gestoppt werden. Bei gegebenen Verhältnissen in diesen Ländern wird die Ausdehnung der Anbaufläche wesentlich durch die Nachfrage nach Nawaro und ihren Produkten, insbesondere Biokraftstoffen, bestimmt. Daher sind hier vor allem solche Instrumente zu betrachten, die den *Umfang der Nachfrage* bestimmen. Auch die Rahmensetzung über die inländische Raumordnung einerseits und die Instrumente des Agrarhandels andererseits sind zu bedenken im Hinblick auf ihren Einfluss auf die Balance zwischen inländischer und ausländischer Produktion zur Deckung der inländischen Nachfrage.

Im Folgenden werden die wichtigsten zurzeit zur Debatte stehenden Instrumente zur Steuerung der Flächennutzung beschrieben und diskutiert. Diese lediglich kursorische Darstellung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, dennoch wird versucht, auf dieser Grundlage einen konsistenten Rahmen und relevante Ansatzpunkte für Handlungsempfehlungen abzustecken. Als Ausgangshypothese wird vermutet, dass eine Kombination von angebots- und nachfrageorientierten Instrumenten notwendig ist, um die Flächenbeanspruchung in bzw. durch Deutschland in eine nachhaltige Richtung zu lenken.

Den Ausgangspunkt der Betrachtung bildet die Gemeinsame Agrarpolitik der Europäischen Union (GAP). Besonders relevant ist die seit der GAP-Reform im Jahr 1992 angestrebte und in der Agenda 2000 fortgeführte Verschiebung der Zielsetzung von der Produktivitätssteigerung hin zu Direktzahlungen für die ordnungsgemäße Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen. In diesem Kontext könnten Beihilfen für verschiedene Leistungen zum Schutz der Umwelt beim Anbau nachwachsender Rohstoffe zum Tragen kommen. Agrarumweltmaßnahmen könnten zumindest gemäß ihrer Zweckbestimmung eingesetzt werden, um negative Begleiterscheinungen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in der EU zu begrenzen.

Als wichtige Nachfrage orientierte Instrumente werden das Biokraftstoffquotengesetz und das Erneuerbare Energien Gesetz betrachtet. Insbesondere die Vorgabe der derzeit anvisierten Biokraftstoffquoten erscheint äußerst problematisch, da ihre Umsetzung nur über vermehrte Umweltbelastungen in anderen Regionen möglich wäre.

Auf die Raumordnung und Landesplanung sowie auf den Agrarhandel wird nur kurz eingegangen, um die grundsätzliche Relevanz der Instrumentarien zu skizzieren. Näher betrachtet wird die voraussichtliche Wirksamkeit der Produktzertifizierung, die im Lichte der hier vorgestellten Analysen zur gesamten globalen Flächeninanspruchnahme Deutschlands als alleiniges Instrument nicht geeignet ist, bei unverminderten Nachfragetrends die Ausdehnung der Agrarfläche und die damit verbundenen Umweltbelastungen (Verlust an Biodiversität, zusätzliche THG Emissionen) zu verhindern.

In den Schlussfolgerungen werden diese Instrumente im Zusammenhang behandelt und im Hinblick auf Handlungsempfehlungen zugespitzt.

5.1. Produktionsorientierte Instrumente der Gemeinsamen Agrarpolitik

5.1.1. Zielsetzung der GAP

Grundsätzlich ist das Verhältnis zwischen Agrar- und Umweltpolitik problematisch (SRU, 1992). Die Intensivierung der Landwirtschaft hat insgesamt die Belastung von Natur und Umwelt erhöht. So ist die Landwirtschaft wesentlicher Verursacher von Bodendegradation, Wasserverunreinigungen und Artensterben (EUA, 2003). Entwicklungen ökologischer Landbewirtschaftungsformen und der landschaftspflegerische Einsatz der Landwirtschaft zeigen jedoch, dass sich Landwirtschaft und der Schutz der Umwelt nicht grundsätzlich ausschließen müssen.

Eine zentrale Herausforderung besteht daher darin, den Anbau von Biomasse so zu steuern, dass er sich im Rahmen einer nachhaltigen Landwirtschaft abspielen kann. Dies betrifft vor allem den Schutz und die Verbesserung der Qualität von Wasser, Luft und Boden, sowie Schutz, Erhalt und Entwicklung kulturell und ökologisch wertvoller Landschaften und ihrer biologischen Vielfalt entsprechend der Zielsetzung des Bundesnaturschutzgesetzes.

Eine grundsätzliche Vereinbarkeit von Umweltschutz und Landwirtschaft postuliert die Mitteilung der Europäischen Kommission „Wege zu einer nachhaltigen Landwirtschaft“. Danach beschreibt die EU Kommission folgende Ziele der Gemeinsamen Agrarpolitik (KOM (1999) 22):

- die Erzeugung gesunder und preiswerter Nahrungsmittel,
- nachhaltige ländliche Entwicklung,
- Schutz und Entwicklung von Agrarflächen und biologischer Vielfalt.

Zwei Säulen stützen die Gemeinsame Agrarpolitik:

1. Marktinstrumente im Rahmen eines prinzipiell stofforientierten Regimes, indem Direktzahlungen basierend auf vergangenen Erntemengen und der bewirtschafteten landwirtschaftlichen Fläche geleistet werden
2. Entwicklungskonzepte für den ländlichen Raum

5.1.2. Marktinstrumente der GAP

Im Übergang der Agrarreform von 1992 auf die Agenda 2000 fand ein radikaler Paradigmenwechsel in der Gemeinsamen Agrarpolitik statt. Im Zentrum stand eine Verschiebung der Zielsetzungen, weg von der Förderung der Produktivitätssteigerung der Agrarwirtschaft zu Gunsten der Erhaltung und Entwicklung von Betrieben. Als Kernpunkt des *midterm reviews* der Agenda 2000 greift ab 2005 eine Betriebsprämienregelung, die auf historischen Referenzbeträgen basiert und nicht von zukünftigen Ernteerträgen abhängig ist. In Kombination mit den bis dahin weltweit sinkenden Erzeugerpreisen für landwirtschaftliche Rohstoffe fielen damit Anreize zur weiteren Intensivierung der Produktion weg. Dies bedeutet einerseits, dass die wesentliche Triebkraft hinter dem Einsatz umweltbelastender Landbewirtschaftungsformen vermindert worden ist. Andererseits führt die Orientierung der Betriebsprämien an der Fläche dazu, dass bei gleicher Produktion tendenziell mehr Fläche in die Bewirtschaftung einbezogen wird. Dies führt beispielsweise dazu, dass bei sinkenden Nutztierbeständen die Anbaufläche für Futtermittel nicht wesentlich abnimmt (Küpker et al., 2006). D.h. es kommt innerhalb der EU zu einer Extensivierung der Produktion, wodurch tendenziell weniger Fläche für Nahrung zu Verfügung steht.

Die aktuelle Preisentwicklung für landwirtschaftliche Rohstoffe wird allerdings von Faktoren jenseits der GAP bestimmt. Eine steigende Nachfrage weltweit - nach Nahrungsmitteln und Agrokraftstoffen - lässt künftig eine Einkommenssteigerung der Landwirte und eine weitere Intensivierung bei den landwirtschaftlichen Leitkulturen erwarten.

In Ergänzung zur Betriebsprämienregelung stellt die so genannte *cross-compliance* den wichtigsten Ansatz für die Ökologisierung der ersten Säule der Marktinstrumente dar. Die *cross-compliance* besagt, dass Landwirte nachweislich in Konformität mit der national gültigen Umweltgesetzgebung wirtschaften müssen, um in den Genuss der Prämienzahlungen zu kommen. Den EU Mitgliedstaaten wurden drei Möglichkeiten eingeräumt, den Grundsatz der *cross-compliance* umzusetzen:

1. Die Fortführung der Agrarumweltmaßnahmen - Diese müssen in den Mitgliedsstaaten von staatlicher Seite angeboten werden, aber die Teilnahme an den Programmen ist den Betrieben frei gestellt und nicht verpflichtend, um in den Genuss der Betriebsprämie zu kommen.
2. Die Festlegung allgemeiner obligatorischer Umweltaanforderungen (auf der Grundlage der national und europaweit gültigen Umweltschutzvorschriften)
3. Die Vorgabe spezieller Umweltschutzstandards

Beispiele für Auflagen zum Schutz der Umwelt, die sowohl obligatorisch (z.B. im Sinne der Festlegung der ersten Säule) als auch (z.B. zum Schutz spezieller Landschaften) darüber hinausgehend gestaltet werden können, sind: Bestandsobergrenzen bei Rindern und Schafen, die Erfüllung bestimmter Auflagen für die Bewirtschaftung von Flächen in Hanglagen, die Einhaltung der zulässigen Höchstmenge von Düngemitteln pro Hektar, sowie der vorschriftsmäßige Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Die Kontrolle der *cross-compliance*-Verpflichtungen obliegt den in den Ländern zuständigen Fachrechtsbehörden (z. B. der Landwirtschafts-, Veterinär- oder Naturschutzbehörde). Das EU-Recht schreibt grundsätzlich vor, dass die Einhaltung der anderweitigen Verpflichtungen bei mindestens 1% der Betriebsinhaber, die einen Antrag auf Direktzahlungen oder Zahlungen für Flächen bezogene Fördermaßnahmen des ländlichen Raums stellen, systematisch vor Ort kontrolliert werden muss. Das jeweilige Fachrecht kann jedoch einen anderen Mindestkontrollsatz vorsehen, der dann maßgeblich ist (z. B. 5% bei der Rinderkennzeichnung und 3% bei der Schaf- und Ziegenkennzeichnung). Falls Landwirte den Umweltauflagen nicht nachkommen, werden angemessene Sanktionen verhängt, beispielsweise in Form von Kürzungen oder sogar Streichungen der Direktzahlungen.

Durch die GAP-Reform 2003 wurde der Grundsatz der *cross-compliance* weiter gestärkt. Er wurde in die so genannte "horizontale Verordnung" (Verordnung Nr. 1259/1999) aufgenommen, welche die Gemeinschaftsregeln für alle Direktzahlungen an Landwirte festgelegt. Seit 2005 ist die *cross-compliance* für alle Direktzahlungen an Landwirte obligatorisch (Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 und 796/2004). Nach den anfänglichen Überlegungen, alle auf die landwirtschaftliche Tätigkeit anwendbare Rechtsakte als relevant heran zu ziehen, hat man sich vor allem aus pragmatischen Gründen darauf verständigt, konkret zu bestimmen, welche Gesetze und Verordnungen explizit als grober Rahmen für die *Gute Fachliche Praxis* anzusehen sind. Insgesamt ist in Deutschland die Einhaltung von 19 Rechtsakten, die direkt auf Betriebsebene anwendbar sind und die Bereiche Umwelt, Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanzen sowie den Tierschutz betreffen, Voraussetzung für den abzugsfreien Prämienbezug. Trotz dieser Regelungsdichte bleibt der Begriff der Guten Fachlichen Praxis in vielen Bereichen der landwirtschaftlichen Produktion, z.B. im Gewässerschutz auch weiterhin ein unbestimmter Rechtsbegriff. In Kombination mit den weitreichenden Gestaltungsspielräumen, die sich durch die letzte Reform der GAP ergeben, kann nicht

nur in Bezug auf die Umweltstandards von einer Renationalisierung der Agrarpolitik gesprochen werden. *De facto* verschiebt die EU die Schwerpunktsetzung auf die einzelnen Mitgliedsstaaten, um einerseits die Landwirtschaft auf die Bedürfnisse des Weltmarktes auszurichten, und andererseits die sozio-ökologische Bedeutung der ländlichen Gebiete zu honorieren (WI, 2004).

5.1.3. Integrierte ländliche Entwicklung

Die zweite Säule der GAP, die so genannte integrierte ländliche Entwicklung, ist derzeit in einem umfassenden Wandel begriffen. Sie entfernt sich zunehmend von einer sektoral motivierten Subventionierung der Agrarwirtschaft hin zu einer Politik, die auf die Förderung ländlicher Infrastruktur ausgerichtet ist. Durch die Zunahme von förderfähigen Maßnahmen und anderen Schwerpunktsetzungen der Aufgaben ist mit einem Abnehmen der Mittel für Einzelinstrumente von ausschließlich agrarpolitischer Bedeutung zu rechnen.

Gefördert werden generell Maßnahmen zur Entwicklung des ländlichen Raums, z.B.

Investitionen in landwirtschaftlichen Betrieben,

Niederlassungsbeihilfen für Junglandwirte,

Förderung von Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte sowie

Umweltdienstleistungen bei der landwirtschaftlichen Produktion (Agrarumweltmaßnahmen).

Damit ein Landwirt in den Genuss dieser Förderprogramme kommen kann, ist die Mittelbewilligung mit Basisanforderungen zum Schutz von Natur und Umwelt verknüpft. Als Teil der Grundanforderungen der Guten Fachlichen Praxis muss bereits (gemäß der *cross-compliance*) nationales und gemeinschaftliches Umweltrecht eingehalten werden (wie z.B. die Nitratrichtlinie oder Vorschriften zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln). Um zusätzlich in den Genuss von Zahlungen im Rahmen der Agrarumweltmaßnahmen zu kommen, müssen Landwirte jedoch nicht nur die Grundanforderungen der Guten Fachlichen Praxis erfüllen, sondern höhere Leistungen zum Schutz der Umwelt und der Landschaftspflege erbringen. Die Zahlungen an die Landwirte erfolgen nach dem Grundsatz, dass zusätzliche Bearbeitungsschwernisse und Einkommenseinbußen kompensiert werden, wenn diese durch zusätzliche Umweltdienstleistungen verursacht werden, die über die Gute Fachliche Praxis hinausgehen (wie etwa reduzierte Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen).

Agrarumweltprogramme wurden bereits Ende der 1980er Jahre in die GAP eingeführt. Sie fördern besonders umweltschonende Produktionsverfahren. Mit der GAP-Reform 1992 wurde die Einführung von Agrarumweltprogrammen für die Mitgliedstaaten im Rahmen ihrer Pläne zur Entwicklung des ländlichen Raums obligatorisch. Die GAP-

Reform 2003 behält die Verbindlichkeit der Agrarumweltprogramme für die Mitgliedstaaten bei. Als Anreiz zur Stärkung der Maßnahmen der 2. Säule wurde die Kofinanzierungsrate von 50 auf 60 Prozent und in Gebieten mit Entwicklungsrückstand von 75 auf 80 Prozent angehoben.

Beispiele für Verpflichtungen im Rahmen nationaler und regionaler Agrarumweltprogramme sind:

- Extensivierungsprogramme für den Ackerbau;
- extensive Weidewirtschaft;
- integrierte landwirtschaftliche Betriebsführung und ökologischer Landbau;
- Erhaltung der Landschaft und historisch entstandener Landschaftsbestandteile wie Hecken, Gräben und Kleingehölze;
- Erhaltung schützenswerter Lebensräume und der dazugehörigen Artenvielfalt.

Von den Mitteln zur Entwicklung des ländlichen Raums (EAGFL – Europäischer Ausrichtungs- und Garantiefonds für die Landwirtschaft) wurden von 2000-2002 im Durchschnitt mehr als ein Drittel für Agrarumweltmaßnahmen ausgegeben. In der EU hat sich der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche, die von Agrarumweltverträgen erfasst wird, von insgesamt 15% im Jahr 1998 auf 27% im Jahr 2001 erhöht.

Mit dem starken Bedeutungszuwachs der zweiten Säule schreitet vorwiegend in den weniger ertragreichen Anbauregionen eine weitere Extensivierung der Produktion voran. Dies bedeutet einerseits eine bessere Einbettung der Produktion in die regionalen und standortspezifischen Gegebenheiten, insbesondere eine Verminderung von Umweltbelastungen und eine Stärkung der Biodiversität. Andererseits bleibt dadurch – in Widerspiegelung natürlich-technischer Gegebenheiten – der Anstieg der durchschnittlichen Erträge bezogen auf die Gesamtfläche begrenzt. Der Trend zur zumindest regional verstärkten Extensivierung trägt so dazu bei, dass innerhalb der EU weniger Fläche für die Deckung zusätzlichen Bedarfs z.B. für Nahrung zur Verfügung steht. Während die Umwelt innerhalb der EU so entlastet wird, steigen bei zunehmenden Importen die Umwelt- und Naturbelastungen in anderen Weltregionen.

5.1.4. Handlungsfelder im Rahmen der GAP

5.1.4.1 Konkretisierung der Guten Fachlichen Praxis als Grundlage der cross-compliance

Die für die Betriebe verpflichtenden Bedingungen der *cross-compliance* werden von jedem der einzelnen Mitgliedstaaten festgelegt. Daraus ergibt sich Spielraum für die Bundesregierung, prioritäre Problemfelder zu gestalten. Ein wichtiges Handlungsfeld ist

die weitere Konkretisierung der „Guten Fachlichen Praxis“. Bisher weitgehend vernachlässigte Regelungsbereiche sind beispielsweise der Bodenschutz und die Agrobiodiversität (Fruchtvierfalt bzw. Fruchtfolgegestaltung), die aktuell zu den prioritären Defizitbereichen im Hinblick auf die Umweltqualität der inländischen Agrarproduktion gezählt werden können.

So empfiehlt z.B. der Deutsche Bauern Verband (DBV) seinen Mitgliedern, bis an die maximalen, fruchtfolgebedingten Anbaugrenzen z.B. von Raps und Mais zu gehen. Der Rapsanbau in Deutschland ist mit 1,5 Mio. Hektar schon nahe an der Marge von maximal 1,8 Mio Hektar, die aus phytosanitären und klimatischen Gründen die Anbaugrenze darstellt (UFOP, 2007) ⁸⁸. In Folge dessen sind derzeit schon kritische Entwicklungen bei der Ausbreitung von Schädlingen (z.B. bei Rapsgrünkäfer, Maisstengelbohrer) zu beobachten. Diese könnten eine Intensivierung des Pflanzenschutzes nach sich ziehen. Die Anbaupraxis würde sich damit von den Zielen umweltgerechten Flächenbewirtschaftung entfernen.

Eine sinnvolle und leicht zu kontrollierende Forderung wäre hier beispielsweise die Bedingung, dass der Anbau einer Kultur auf einen Fruchtfolgeanteil von maximal 25 Prozent begrenzt sein sollte (BUND, 2007). Auch die ganzjährige Bodenbedeckung von Äckern ist vergleichsweise einfach zu kontrollieren. Etwas aufwändiger aber durchaus praktikabel wäre die Umsetzung anderer Anforderungen, wie etwa die Begrenzung des Stickstoffbilanzüberschusses auf max. 50 kg/ha.

Die Begrenzung des N-Überschusses muss nicht zwangsläufig mit einer geringeren Produktion einhergehen, wenn gleichzeitig die Effizienz der Umsetzung des Düngers in Biomasse durch verschiedene Maßnahmen gesteigert wird (z.B. precision farming).

Zur weiteren Verbesserung der Guten Fachlichen Praxis und Ausgestaltung der *cross-compliance* erscheint es im Hinblick auf die Umweltqualität der inländischen Landwirtschaftsproduktion, insbesondere die Produktion von Nahrung, sinnvoll,

die derzeitige Tendenz zur Verengung der Fruchtfolge auf weniger als drei Kulturen auszuschließen,

den Stickstoffüberschuss beim Anbau von Non-Food-Biomasse zu begrenzen,

den Bodenschutz und den Schutz der Biologischen Vielfalt in den Regelungen der *cross-compliance* zu verankern und

unkalkulierbare Risiken durch den Einsatz gentechnisch veränderter Organismen im Freiland auszuschließen.

Auch könnte man vorsehen, aus der Nahrungs- und Futtermittelproduktion genommene Flächen für die Nutzung von Nahrung einzusetzen, wobei dies eine forstwirtschaftliche Nutzung ebenso einschließen könnte wie eine regelmäßig Mahd mit

⁸⁸ www.ufop.de2310.php

Verwertung des Mähgutes (in letzterem Fall fiel der Flächenertrag vergleichsweise gering aus).

Bei der Ausdifferenzierung der *cross-compliance* sollte es möglich sein, dem Anliegen des BMELFV zu entsprechen, die Auflagen für die Landwirte, die sich aus der *cross-compliance* ergeben, „auf das Wesentliche“ zu reduzieren, um die Entstehung eines „Bürokratiemonsters“⁸⁹ zu verhindern.

Die Begrenzung der Fruchtfolgeanteile könnte bei einzelnen Früchten wie Raps zu einer Verminderung der Gesamtanbaufläche und ihrer Produktion in Deutschland führen. Der steigende Bedarf an Biodiesel müsste in diesem Fall - bei unveränderter Nachfrage - verstärkt über Importe gedeckt werden. Dies zeigt bereits, dass solche produktionsseitigen, auf das Inland beschränkte Maßnahmen allein nicht geeignet sind, das Problem der nicht nachhaltigen globalen Flächennutzung zu lösen und dass sie ohne wirksame Ergänzung durch andere Maßnahmen, sogar noch zu einer weiteren Problemverlagerung beitragen könnten.

5.1.4.2. Energiepflanzenprämie

Die Produktion von Energiepflanzen wird auf europäischer Ebene über die Energiepflanzenprämie subventioniert (Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003). Mit der Umsetzung der Beschlüsse der Agrarreform der EU (Mid-Term-Review) im Jahre 2003 wurde die Förderung des Anbaus von Energiepflanzen in der EU beschlossen.⁹⁰ Damit wollte man auch einen Beitrag zur Erreichung der Ziele aus der EU-Richtlinie 2003/30/EG zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen leisten.

Ab dem Anbaujahr 2004 wurde eine Prämie von 45€ pro ha bis zu einer Anbauhöchstfläche von 1,5 Mio. ha für die EU-15 gewährt. Im Jahre 2006 wurde beschlossen die förderfähige Anbaufläche auf 2 Mio. ha zu erweitern und auch den zehn neuen Beitrittsländern die Möglichkeit auf Beantragung der Beihilfe einzuräumen. Die Energiepflanzenprämie gilt nur für Flächen, die nicht im Rahmen der Flächenstilllegung als stillgelegt gemeldet sind.

Aufgrund des rasanten Anstiegs des Energiepflanzenanbaues in der Europäischen Union, muss die Energiepflanzenprämie erstmals gekürzt werden. Aktuell werden auf ca. 2,84 Mio. ha Energiepflanzen mit der Energiepflanzenprämie angebaut. Damit ist die maximale Förderungsanbaufläche von 2 Mio. ha überschritten. Entsprechend erfolgt 2007 eine Kürzung der Beihilfe um ca. 30%, d.h. die Landwirte erhalten nicht mehr 45 € sondern nur noch 31,65 € pro ha.

⁸⁹ http://www.bmelv.de/cln_045/nn_1153286/DE/10-Internationales/Ratspraesidentschaft/Bilanz/BilanzRatspraesidentschaft.html_nnn=true

⁹⁰ Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe, Amtsblatt Nr. L 270 vom 21/10/2003 S. 0001 – 0069.

Da mit dieser Beihilfe offenbar hohe Transaktionskosten verbunden sind und die Landwirte auf Grund verschiedener anderer Anreize den Anbau von Energiepflanzen ausweiten, wird von Seiten der EU-Kommission über die Abschaffung der Beihilfe im Rahmen des anstehenden Health Checks der GAP im Jahr 2008 nachgedacht.

Da sich im Zuge dieser Studie herausgestellt hat, dass insbesondere der flächenintensive Anbau von Energiepflanzen zu einer global nicht nachhaltigen Ressourcennutzung beiträgt, ist die Energiepflanzenprämie auch vor diesem Hintergrund grundsätzlich kritisch zu sehen und ihre Vergabe sollte überprüft werden.

Anstelle des Anbaus von Energiepflanzen sollte generell die stofflich/energetische Verwertung organischer Reststoffe gefördert werden.

5.1.4.3. Grünland

Ein Konflikt mit dem Ziel, verstärkt nachwachsende Rohstoffe anzubauen, könnte sich aus dem Ziel der GAP ergeben, Dauergrünland zu schützen. Danach müssen EU-Mitgliedstaaten sicherstellen, dass ihre Gesamtfläche an Dauergrünland nicht deutlich abnimmt, erforderlichenfalls durch Verbote, diese Flächen in Ackerland umzuwandeln. Der Schutz des Dauergrünlandes wird vor allem wegen seines Artenreichtums und seiner Bedeutung als CO₂-Speicher von den Naturschutzverbänden wie auch von gutachterlicher Seite (SRU, 2007; Ecologic, 2005) auch vor dem Hintergrund des Anbaus nachwachsender Rohstoffe bislang nicht in Frage gestellt. Der Schutz des Dauergrünlandes ist damit ein Faktor, der zu der in dieser Studie festgestellten globalen Knappheit an Anbaufläche beiträgt.

Überjährige, zweijährige oder mehrjährige Mischkulturen (z.B. Kurzumtriebsplantagen) könnten auf regionaler Ebene als eine ökologisch vertretbare und ökonomisch sinnvolle Alternative zu Grünland als zulässig erachtet werden. Insbesondere für das Grünland gilt es, ökonomisch sinnvolle Nutzungsalternativen zu finden. Der Übergang von der (Tier-)Kopfprämie⁹¹ zur Betriebsprämie und die voraussichtlich spätestens 2015 auslaufende Milchquote werden vor allem in den so genannten „benachteiligten Gebieten“ und in klein strukturierten Betrieben extensives Grünland aus der landwirtschaftlichen Produktion freisetzen⁹² und gleichzeitig den Intensivierungsdruck auf hochproduktiven Grünlandstandorten erhöhen. Die Förderung alternativer stofflicher und energetischer Nutzungsmöglichkeiten in Kombination mit Agrarumweltprogrammen könnte hier Entwicklungsimpulse setzen. Die Agrarumweltmaßnahmen waren hier auch im historischen Rückblick sowohl bezogen

⁹¹ Die Rinderhaltung ist nur durch Pro-Kopfprämien rentabel gewesen. Die Betriebsprämie wird aufgrund historischer Verhältnisse gezahlt und macht den Nachweis von tatsächlich gehaltenen Tieren nicht mehr notwendig, weshalb der Rinderbestand in Deutschland kontinuierlich zurückgeht.

⁹² Das Institut für Energetik und Umwelt beziffert in seiner Studie „nachhaltige Biomassennutzung im europäischen Kontext“ die in Deutschland zur Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen frei werdenden Grünlandflächen in Folge des Demographischen Wandels, der Änderung von Verzehrsgewohnheiten und vor allem aufgrund des stetigen Ertragszuwachses von 1- 1,7 Mio Hektar.

auf ihre Einkommenswirksamkeit als auch bezogen auf ihre flächenmäßige Inanspruchnahme durchaus erfolgreich (Katalyse, 1996).

Gleichwohl bedarf es auf nationaler und europäischer Ebene eines Gesamtkonzepts nachhaltigen Ressourcenmanagements, bei dem die verschiedenen Flächennutzungen und ihre Verwendungen integriert betrachtet werden. Denn falls einige Regionen ihre Potenziale zur Produktion von Nahrung durch entsprechende Ausweitung von Anbauflächen nutzen, so fehlen diese Flächen für die Produktion und Versorgung mit Nahrungs- und Futtermitteln. Ausgehend von der gegenwärtigen Situation einer unausgewogenen globalen Flächenbelegung könnte dadurch die Importabhängigkeit bei verschiedenen Gütern vermehrt werden. Um erkennen zu können, wie sich die regionalen Entwicklungen im Verbund auf die globale Flächenbelegung Deutschlands bzw. der EU und den damit verbundenen Selbstversorgungsgrad bei agrarischen Gütern auswirken, bedarf es eines regelmäßigen Monitorings.

5.1.4.4. *Neuausrichtung der Ökologisierung der Landwirtschaft?*

Insgesamt zeigt sich, dass die Instrumente im Bereich der GAP zum einen dazu beitragen, die Umweltverträglichkeit der Landbewirtschaftung auf den Flächen innerhalb der EU zu fördern. Zum anderen besteht bei der bisher hauptsächlich verfolgten Strategie, eine Umweltentlastung durch Extensivierung zu erreichen, die Tendenz, letztlich mehr Fläche zu benötigen. Dies hat zur Folge, dass zusätzliche Flächenerfordernisse, insbesondere zur Abdeckung des voraussichtlichen Bedarfs an Biokraftstoffen, verstärkt über Importe realisiert werden müssten, wodurch es letztlich zur Verlagerung von Umweltbelastungen kommt. Diese Tendenz wird durch die Förderung des Energiepflanzenanbaus einerseits und das Festhalten am Bestand des Grünlandes andererseits unterstützt.

Daher sind undifferenzierte flächenaufwändige Extensivierungsprogramme kritisch zu hinterfragen. Stattdessen sollten intensive Anbauformen erforscht, entwickelt und gefördert werden, die zum einen hoch produktiv und zum anderen umwelt-, natur- und landschaftsverträglich sind (z.B. *Precision*-Farming; Niedrig-Energie-Treibhäuser, Intensivanbau gekoppelt mit Ausgleichsflächen und Randstreifen etc.). Dies schließt die Intensivierung des Ökolandbaus durchaus mit ein, da hier bei effizienter Bewirtschaftungsweise durchaus Erträge erzielt werden können, die mit konventionellem Anbau zumindest mithalten können. Entscheidend für die Umweltverträglichkeit ist dabei insbesondere, dass die absolute Umweltbelastung sinkt, z.B. durch verminderte Verluste von N-Dünger, indem der Stickstoff effizienter in Biomasse umgesetzt wird, und die Treibhausgasemissionen z.B. durch Bodenschutzmaßnahmen vermindert werden. Um weitere Effizienzsteigerungen im Gesamtsystem der Biomasse-Prozess-Kette zu ermöglichen, könnten naturverträglich gestaltete Intensivanbauformen mit Systemen der Kaskadennutzung von Biomasse gekoppelt werden (vgl. Arnold et al. (in Vorbereitung)).

Auch wenn die noch längst nicht ausgeschöpften Effizienzpotenziale genutzt werden, sollte man keinesfalls davon ausgehen, dass die Erträge künftig unbegrenzt gesteigert werden können. Auch gälte es auszuloten, inwieweit die Biodiversität auf der Anbaufläche mit gesteigerten Erträgen vereinbar ist.

Derzeit bietet sich im Europäischen Binnenmarkt eine historisch günstige Gelegenheit, einen Teil der notwendigen *Finanzmittel für eine nachhaltige Produktion von Biomasse* bereit zu stellen. Man kann annehmen, dass die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen geringerer Erntemengen (für die in Europa angebauten Leitkulturen im Durchschnitt im einstelligen Prozentbereich) künftig durch höhere Erzeuger- und Verkaufspreise für Agrarrohstoffe mehr als kompensiert werden. Dies wird die Europäische Kommission in ihren derzeitigen Haushaltsdebatten für den Zeitraum 2013-2020 zum Anlass nehmen, die Einkommensstützungspolitik für die Landwirtschaft zu überprüfen, um gegebenenfalls Überkompensationen Schritt für Schritt zurückfahren. Zusätzlich werden EU-Mittel aus dem Auslaufen der Exportsubventionen für Getreide und Milch in Höhe von ca. 400 Mio. Euro frei (Agrar-Europe, 2007).

Eine nationale Finanzierungsquelle eröffnet sich laut Subventionsbericht der Bundesregierung bei den Agrarsubventionen, die von 1,3 Mrd. im Jahr 2005 auf 0,9 Mrd Euro im Jahr 2008 zurückgehen werden (Agrar-Europa, 2007). Die so generierten Finanzmittel, verbunden mit zusätzlichen Kofinanzierungsmitteln der Landeshaushalte könnten für die Initiierung neuer und die Neujustierung bereits eingeführter Instrumente auf verschiedenen Ebenen genutzt werden. Aufgrund des von Seiten der EU-Kommission derzeit selbstverordneten „*health check*“, der im Kern eine Überprüfung der Umweltwirkung der Agrarausgaben beinhaltet, stehen die Voraussetzungen sehr günstig, notwendige ökologische Anliegen durch Mittelumschichtungen zu fördern.

5.2. Nachfrageorientierte Instrumente

5.2.1. Biokraftstoffquoten Gesetz

Die Analysen dieser Studie haben ergeben, dass insbesondere die voraussichtliche Nachfrage nach Biokraftstoffen der ersten Generation bei Fortdauer der bestehenden Trends und Verfolgung der geltenden und absehbaren politischen Handlungsziele (Erfüllung der Beimischungsquoten) zu einer global unausgewogenen Flächennutzung beitragen wird. Insbesondere die Nachfrage nach Biodiesel erweist sich dabei als besonders kritisch. Diese induziert aller Voraussicht nach nicht nur erhebliche Verluste an Naturflächen in tropischen Ländern, ihre Produktion ist mit zusätzlichen THG Emissionen verknüpft, die die Anstrengungen des eigentlich bezweckten Klimaschutzes konterkarieren.

Für die Neuregelung des Biokraftstoffmarktes sind zwei Gesetze von Bedeutung, die in ihrer steuerungspolitischen Wirkung miteinander gekoppelt sind. Das Energiesteuergesetz vom 15.7.2006 betrifft vor allem den Markt für reine Biokraftstoffe,

indem deren Besteuerung geregelt wird. Reine Biokraftstoffe sind bis dato faktisch von der Steuer befreit gewesen. Die maßgeblichen Steuersätze für Biodiesel und Pflanzenöl sind in Tabelle 66 aufgetragen.

Tabelle 66: Steuersätze für Reinbiokraftstoffe⁹³ (in ct/l).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Biodiesel	7,1	13,4	19,7	26,0	32,3	44,9
Pflanzenöl	0,0	8,15	16,55	24,95	32,3	44,9

Quelle: Bundesministerium der Finanzen.

Für Biodiesel startete die Steuerbelastung im August 2006. Reines Pflanzenöl wird erst ab 2008 besteuert. Die Besteuerung der anderen Biokraftstoffe ist derzeit noch ungeklärt; die Kraftstoffe der zweiten Generation, BTL und Ethanol in Form von E85 sollen bis 2015 Steuer befreit bleiben. Weiterhin werden in der Landwirtschaft eingesetzte Reinbiokraftstoffe nicht besteuert werden.

Tabelle 67: Quoten für die Beimischung von Biokraftstoffen⁹⁴.

Jahr	Gesamt-Quote [%]	Diesel-Quote [%]	Benzin-Quote [%]
2007	-	4,40	1,20
2008	-	Unterquote gilt auch für Folgejahre	2,00
2009	6,25		2,800
2010	6,75		3,60
2011	7,00		Unterquote gilt auch für Folgejahre
2012	7,25		
2013	7,50		
2014	7,75		
2015	8,00		

Quelle: UFOP, 2007.

⁹³ Zum Vergleich: die Steuersätze im Jahr 2007 für fossil basierte Kraftstoffe waren:
Benzin (schwefelfrei): 65,45 Cent/Liter - 7.3 Cent/kWh
Diesel (schwefelfrei): 47,04 Cent/Liter - 4.7 Cent/kWh
Erdgas als Kraftstoff: 18,03 Cent/kg - 1.39 Cent/kWh
Flüssiggas als Kraftstoff: 16,6 Cent/kg - 1.29 Cent/kWh (= ca. 9 Cent/l)
In diesen Preisen ist die Ökosteuer enthalten, nicht aber die Mehrwertsteuer.

⁹⁴ UFOP, 2007.

Demgegenüber enthält das Biokraftstoffquotengesetz Regelungen zur Mindestbeimischung von Biokraftstoffen zu Benzin und Diesel. Es steuert somit den Wettbewerb und fällt damit unter die marktrelevanten staatlichen Regelungen. Das Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote ist am 26. 10. 2006 vom Bundestag durch Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromrechtlicher Vorschriften (kurz: Biokraftstoffquotengesetz) verabschiedet worden (BioKraftQuG, BT-Drs 16/2709).

Grundsätzlich ist für die Beimischung zwischen den Mindestquoten (auch: Unterquoten) und der Gesamtquote zu unterscheiden (Tabelle 67). Die Gesamtquote muss vom Inverkehrbringer (der Mineralölwirtschaft) ab 2009 zusätzlich zu den obligatorischen Mindestquoten für Benzin und Diesel erfüllt werden.

Gegenüber den ersten Entwürfen wurde die Gesamtquote nochmals erhöht und die Erfüllung der Bioethanolquote auf die Jahre 2008 und 2009 anteilig verschoben. Das Gesetz führte zum 1. Januar 2007 eine Quote für die Mindestbeimischung von Biokraftstoffen zu Benzin und Diesel ein. Der Biokraftstoffanteil im Diesel soll ab 2007 mindestens 4,4% betragen, bei Benzin in 2007 1,2% mit einer jährlichen Erhöhung um weitere 0,8% auf mindestens 3,6% in 2010. Außerdem wird eine Gesamtquote festgelegt, die 2009 mindestens 6,25% und ab 2010 mindestens 6,75% beträgt. Für die Jahre 2011 bis 2015 gibt es eine linear um 0,25% ansteigende Gesamtquotenpflicht. Bei Nichterfüllung der Mindestbeimischungsmengen werden Sanktionen von 60ct/l Biodiesel bzw. 90 ct/l für Bioethanol fällig.

Mit den „Meseberger Beschlüssen“ und der „Roadmap Biokraftstoffe“ von 2007⁹⁵ formulierte die Bundesregierung noch weiter gehende Quotenziele von 20% Volumenanteil (bzw. 17% Anteil nach Energieinhalt) bis 2020. Dies geschah aus dem Bestreben heraus, den Klimawandel durch verstärkten Einsatz regenerativer Energieträger abzuschwächen und vor dem Hintergrund der Verknappung fossiler Ressourcen und dem daraus resultierenden Wunsch, weniger von Energieimporten abhängig zu sein.

Aus ökologischer Sicht besonders bedenklich ist, dass eine Umsetzung der ehrgeizigen Biokraftstoffquoten der „Meseberger Beschlüsse“ und der „Roadmap Biokraftstoffe“ aller Voraussicht nach nur durch eine deutliche Ausweitung der globalen Flächeninanspruchnahme möglich wäre. Dies wäre nach den Ergebnissen dieser Studie in mehrfacher Hinsicht kritisch. Zum einen würde dadurch die Existenz von Savannen und Tropenwäldern und damit die Biodiversität in tropischen Regionen gefährdet. Zum anderen würde durch die Produktion der für die Einhaltung der Biotreibstoffquoten in Deutschland nötigen Mengen insbesondere an Biodiesel global sogar mehr Treibhausgase emittiert werden als durch den Einsatz der Biomasse eingespart werden könnte.

⁹⁵ Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm. Und im Folgeprozess: BMELV, BMU et al.: Roadmap Biokraftstoffe, Berlin 21.11.2007.

Weiter unten wird dargelegt, dass auch eine produktspezifische Zertifizierung, wie sie zurzeit auf verschiedenen Ebenen diskutiert wird und wie sie im Entwurf der Nachhaltigkeitsverordnung vorgesehen ist, aller Voraussicht nach nicht geeignet ist, Landnutzungsänderungen und damit verbundene zusätzliche Umweltbelastungen zu vermeiden.

Daher wird empfohlen, den Biotreibstoffanteil nicht wie geplant signifikant zu erhöhen, sondern eher zurückzufahren oder zumindest auf dem derzeitigen Niveau einzufrieren, wie es u.a. auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen empfohlen hat.

Konkret sollte

- die für 2015 vorgeschriebene Gesamtquote von 8% bezogen auf eine Gesamtmenge in der Größenordnung von 2400 PJ (nach EWII/Prognos, 2005/2006) in keinem Fall weiter erhöht werden, um dem zunehmenden Import von Biokraftstoffen auf der Basis von Soja- und Palmöl zu begegnen;
- von der für das Jahr 2020 beabsichtigten Steigerung des nationalen Biotreibstoffanteils auf 20%⁹⁶ (Meseberg-Quotenziel) - auch im Hinblick auf die internationale Signalfunktion - Abstand genommen werden. Eine Weiterverfolgung im internationalen Rahmen wäre nur dann sinnvoll, wenn die absolute Menge nicht weiter erhöht würde. In diesem Fall sollten sich die Handlungsziele aber vorrangig auf den absoluten Kraftstoffverbrauch beziehen. Die Orientierung an einer Quote wäre damit nachrangig bzw. im internationalen Kontext höchst missverständlich, da nicht erwartet werden kann, dass andere Länder in gleichem Maße auf Effizienzsteigerungen im Verbrauch setzen, die Höhe der Quote jedoch gleichwohl als Maßstab umweltpolitischen Anspruchs verstanden würde. Dies wäre z.B. dadurch zu erreichen, dass bei konstanter Menge eingesetzter Biokraftstoffe durch sparsamere Fahrzeuge und ein verkehrssparendes Verhalten **der Kraftstoffverbrauch in absoluten Zahlen reduziert wird** und sich allein durch den resultierenden Verbrauchsrückgang bei fossilen Kraftstoffen der Prozentsatz der eingesetzten Biokraftstoffe erhöht. Eine Nennung des Handlungszieles und Anpassung des bisher angestrebten Zielwertes ließe sich auf Basis der neueren wissenschaftlichen Erkenntnisse über potenzielle Problemverlagerungseffekte und zusätzliche Emissionen bei der Gewinnung von Biokraftstoffen begründen;
- spätestens 2009 geprüft werden, inwieweit die geltenden Quoten durch quantitative Ziele für den gesamten Kraftstoffverbrauch ergänzt und in diesem Zusammenhang auch angepasst werden sollten. Eine Anpassung der zurzeit in Deutschland und der EU anvisierten, ökologisch kontraproduktiven Quoten wäre dann im Lichte des aktuellen Erkenntnisstandes vorzunehmen und auch in dem Fall angezeigt, sobald absehbar ist, dass das 5,75% Ziel für 2010 von der Mehrheit der EU-15 Länder nicht erreicht werden kann.

⁹⁶ 20% nach Volumenanteil entspricht 17% nach Energiegehalt

5.2.2. Erneuerbare Energien Gesetz

Die Förderung durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) erfolgt durch festgelegte Einspeisevergütungen für Strom aus erneuerbaren Quellen und ist damit den staatlichen Preisregelungen zuzuordnen. Geregelt wird der vorrangige Anschluss von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien und aus Grubengas im Bundesgebiet (einschließlich der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone) an die Netze für die allgemeine Versorgung mit Elektrizität, sowie die vorrangige Abnahme und Vergütung dieses Stroms durch die Netzbetreiber und den bundesweiten Ausgleich des abgenommenen und vergüteten Stroms. Antragsberechtigt sind die Betreiber von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien.

Seit der Novellierung des EEG im August 2004 hat die Stromerzeugung aus Biomasse zusätzliche Anreize, so genannte Boni, erhalten. Das gilt insbesondere für den Einsatz von Biomasse (Nawaro-Bonus), innovativer Technologien (Innovations-Bonus) und der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Bonus). Es wird erwartet, dass die Stromerzeugung aus Biomasse damit weiterhin zunimmt. Dieser Trend ist seit 2004 deutlich zu beobachten⁹⁷.

Für Strom aus Biomasse erhalten die Erzeuger eine Mindestvergütung von 9,5 Cent pro Kilowattstunde, abhängig von der Größe der Anlage. Kleine Anlagen (von 150 bis 500 Kilowatt) erhalten seit der Novellierung des EEG 11,5 Cent. Anlagen ab einer Größe von 20 MW_{el} werden nicht mehr gefördert. Die Vergütung ist für einen Zeitraum von 20 Jahren festgeschrieben, nimmt aber pro Jahr um 1,5% ab.

Zusätzlich ist die Vergütung für den Einsatz von Nawaros (Nawaro-Bonus) eingeführt worden, die ebenfalls nach Anlagengröße gestaffelt ist. Bis 500 kW_{el} werden heute 6 Cent pro Kilowatt gezahlt, darüber hinaus 4 Cent (bis 5 MW_{el}). Der Nawaro-Bonus wird gezahlt, wenn Strom ausschließlich aus Pflanzen und Pflanzenbestandteilen, die in landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder gartenbaulichen Betrieben oder im Rahmen der Landschaftspflege anfallen, gewonnen wird. Kommt Holz zum Einsatz, beträgt der Nawaro-Bonus 2,5 Cent pro Kilowatt.

Als weitere Boni sind der KWK-Bonus sowie der Innovations-Bonus zu nennen. Bei Nutzung der anfallenden Abwärme (KWK Betrieb) erhöht sich die Mindestvergütung für den erzeugten Strom um 2 Ct/kWh, soweit es sich um Strom im Sinne des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes handelt. Für den Einsatz innovativer Technologien (z.B. Brennstoffzellen, Organic-Rankine-Cycle-(ORC)-Prozesse und die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität) werden noch einmal zwei Cent, der so genannte Innovations-Bonus, ausgezahlt. Die Boni gelten kumulativ und unterliegen nicht der Degression.

⁹⁷ FVB, 2007.

Die Biomasseverordnung (BiomasseV) regelt für den Anwendungsbereich des Erneuerbare-Energien-Gesetz, welche Stoffe als Biomasse anerkannt werden. Dazu gehört im Sinne der Verordnung neben Pflanzen und Pflanzenbestandteilen (Feldanbau sowie Holz) auch Altholz, bestehend aus Gebrauchtholz oder Industrierestholz, das als Abfall anfällt, sowie Material aus der Landschafts- und Gewässerpflege. Auch Sekundär-Energieträger (z.B. aus Pflanzen und Altholz erzeugtes Gas, Pflanzenmethylester, etc.) werden als Biomasse anerkannt.

Ein Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare- Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse wurde vom Institut für Energetik und Umwelt et al., 2007, durchgeführt. Dies führte u.a. zu folgenden Ergebnissen:

Biogas

Zum Ende des Jahres 2006 sind in Deutschland etwa 3.300 Biogasanlagen in Betrieb gewesen, die zusammen eine installierte Leistung von rund 1.000 MW_{el} erbringen. Die Stromerzeugung aus Biogasanlagen im vergangenen Jahr 2006 hat zwischen 5,4 und 7,5 TWh/a betragen. Seit dem Vorjahr sind damit ca. 610 Anlagen und knapp 350 MW_{el} zugebaut worden. Im Zeitraum vor 2005 und damit vor der EEG Novellierung, die den Nawaro-Bonus für Biogasanlagen ermöglicht hat, ist der Zubau an Anlagen in Anzahl und Leistung deutlich geringer gewesen, so dass sich die Anreizwirkung des EEG auf die Biogaserzeugung bestätigt hat.

Für das Jahr 2007 wird allerdings von einer etwas gebremsten Zuwachsrate von etwa 500 bis 600 Anlagen und 250 bis 300 MW_{el} ausgegangen⁹⁸. Die durchschnittliche Leistung der Gesamtheit der Biogasanlagen hat sich durch den Zubau der letzten Jahre von 60 kW_{el} auf 290 kW_{el} deutlich erhöht.

Für die Vergütung des aus Biogas erzeugten Stroms können bei gegebenen Voraussetzungen sämtliche Boni (Nawaro-, KWK- und Technologiebonus) des EEG bezogen werden. Die Einstufung der gezahlten Vergütung für die bestehenden Biogasanlagen zeigt, dass in 60% der Fälle der Nawaro-Bonus bezogen wird. Seit der Einführung dieser Vergütung hat eine Umschichtung der eingesetzten Substrate zugunsten des Nawaro-Einsatzes stattgefunden. Dabei greifen die Anlagenbetreiber zu gleichen Teilen auf den vermehrten Anbau von Biogassubstraten wie auf den Zukauf von Energiepflanzen – im Wesentlichen Mais - zurück. Im Gegenzug werden in landwirtschaftlichen Biogasanlagen weniger Reststoffe aus industriellen Prozessen eingesetzt. Diese kommen zunehmend in Vergärungsanlagen zum Einsatz, die auf diese Substrate spezialisiert sind.⁹⁹

Die Flächeninanspruchnahme für Energiepflanzen zur Biogaserzeugung für 2005 ist auf 220.000 bis 250.000 ha abgeschätzt worden. Durch den Zuwachs der Branche hat

⁹⁸ Institut für Energetik und Umwelt, 2007: 53f.

⁹⁹ Institut für Energetik und Umwelt, 2007: 66

sich der Flächenbedarf in 2006 auf rund 400.000 bis 500.000 ha annähernd verdoppelt. Nur etwa ein Zehntel der benötigten Substrate ist dabei auf Stilllegungsflächen erzeugt worden (2005: 28.700 ha; 2006: 49.000 ha).

Pflanzenöl-BHKW

Flüssige Bioenergieträger werden in Form von pflanzlichen Ölen im stationären Bereich ausschließlich zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme in BHKW eingesetzt. Vor der Novellierung des EEG sind im Jahr 2003 in Deutschland rund 160 Anlagen in Betrieb gewesen, die bei einer installierten Leistung von 12 MW_{el} rund 76 GWh/a bereitgestellt haben. Bis zum Jahr 2006 hat sich der Bestand um mehr als den Faktor 10 auf 1.800 Anlagen erhöht. Bei einer gleichzeitigen Steigerung der Leistung ist die produzierte Strommenge in 2006 um das rund 20-fache auf 1.500 GWh/a angewachsen. Unter der Annahme, dass die Rohstoffpreise als stark relevante Einflussgröße konstant bleiben, kann mittelfristig von einem jährlichen Kapazitätszubau von etwa 100 MW_{el} ausgegangen werden.¹⁰⁰ Da Pflanzenöle aber am globalen Markt gehandelt werden, unterliegen die Preise starken Schwankungen, die zum großen Teil durch Spekulationen beeinflusst werden.

Insbesondere in der mittleren Leistungsklasse von 100 bis 1.000 kW_{el}, die sich als Optimum der regionalen Absatzstruktur durchgesetzt hat, wird zunehmend importiertes Palmöl eingesetzt. Als Grund hierfür sind die niedrigeren Rohstoffkosten zu sehen, da diese die Kostenstruktur im Pflanzenöl-BHKW mit 60-80% entscheidend beeinflussen. Auch mit der Vergütung nach EEG (inklusive Nawaro- und KWK-Bonus) sind diese Anlagen nur bedingt wirtschaftlich zu betreiben.

In wie weit der Nawaro-Bonus für importiertes Palmöl weiterhin gezahlt wird, soll nach dem Entwurf der Nachhaltigkeitsverordnung künftig durch ein Zertifizierungssystem garantiert werden. Dass es selbst bei der Etablierung eines funktionierenden Zertifizierungssystems zur Ausweitung der Anbaufläche und zusätzlichen THG-Emissionen in tropischen Ländern käme, wurde in Kap. 4 aufgezeigt. Weiter unten wird diese Diskussion fortgeführt.

Die Wirkung des EEG im Hinblick auf Nutzungskonkurrenzen der energetischen und stofflichen Verwendung von Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft wurde in einer Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI) und des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung (RWI) für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie untersucht (WI/RWI, 2008). Dort sind auch nähere Ausführungen zur Wirkung auf forstliche Rohstoffe zu finden.

Die Studie kommt zu folgenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen:

Sowohl unter ökologischen als auch ökonomischen Aspekten grundsätzlich vorteilhafter als die Verwendung von Biomasse zur Herstellung von Kraftstoffen ist die

¹⁰⁰ Institut für Energetik und Umwelt, 2007: S. 73

stationäre Nutzung von Biomasse in Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung. Die Gewährung eines Bonus für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe zu diesem Zweck ("*Nawaro-Bonus*"), welcher mit der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2004 eingeführt wurde, erscheint demnach zwar folgerichtig, ist aber durchaus kritisch zu sehen.

So ist die Förderung im Falle des Anbaus von Energiepflanzen insbesondere problematisch, wenn die zunehmende Nutzung bei Fortdauer der bestehenden Trends zu erheblichen Anteilen der Gesamtflächennutzung führt, wie dies z.B. bei Mais für die Biogaserzeugung zu erwarten ist (ca. 0,9 Mio. ha in 2030). Eine solche Entwicklung würde u.a. zur Ausweitung der globalen Flächeninanspruchnahme Deutschlands und damit zur Erhöhung der damit indirekt verbundenen Umweltbelastungen beitragen.

Anstelle des Anbaus von Energiepflanzen sollte generell die Verwertung von Biomassereststoffen gefördert werden, wobei zu prüfen ist, ob deren Einsatz nicht auch ohnedies stattfinden würde, wie dies z.B. im Bereich der Holzverarbeitenden Industrie zu erwarten ist. Auch im Hinblick auf möglichst mehrfache stoffliche Nutzungen vor der energetischen Verwertung am Ende des Produktlebenszyklus ist die Förderung durch den *Nawaro-Bonus* auch in den Fällen zu überdenken, bei denen dadurch höherwertige, stoffliche Verwendungen der Sekundärrohstoffe benachteiligt werden.

Bei der Beurteilung der Biomassenutzungsmöglichkeiten und der diesbezüglichen Ausgestaltung der energie- und agrarpolitischen Rahmenbedingungen sind neben ökologischen und ökonomischen Faktoren auch andere Aspekte wie die der Versorgungssicherheit zu berücksichtigen, wobei hier allerdings nicht nur die Versorgung mit Energie, sondern auch mit stofflichen Rohstoffen und mit Nahrungsmitteln insgesamt zu bedenken ist. Die verstärkte Nachfrage nach Energiepflanzen für Biotreibstoffe insbesondere durch Länder wie die USA aber auch die EU führt voraussichtlich weltweit zu steigenden Preisen für Nahrungsmittel. Verstärkt durch eine Veränderung der Konsummuster in Entwicklungs- und Schwellenländern wird dies zu einer wachsenden Flächennutzungskonkurrenz führen. Diese sollten von vornherein vermieden werden, indem Non-Food-Biomasse nicht primär für energetische Zwecke angebaut wird und vorrangig organische Reststoffe einer stofflich-energetischen Verwertung (Kaskadennutzung) zugeführt werden (WI/RWI, 2008, Arnold et al., in Vorbereitung).

5.3. Raumplanung

Nach Einschätzung des SRU (SRU, 2006) kann die Forschung mit der rasanten Ausweitung der Erzeugung und Nutzung nachwachsender Rohstoffe kaum noch Schritt halten. Dies gilt insbesondere auch für die räumliche Planung. Sowohl die Regional- als auch die Landschaftsplanung verfügen über umfassendes *Know-how* und ein

Arsenal nützlicher Instrumente (z.B. Raumordnungsverfahren, Umweltverträglichkeitsprüfung, Eingriffsregelung etc.), aber weder das Wissen noch die Instrumente werden ausreichend für eine nachhaltige Erschließung von Biomassenpotenzialen zur Anwendung gebracht (Rode & Kanning, 2006).

Der Regionalplanung ist vom Gesetzgeber die Rolle zugewiesen worden, unterschiedliche raumbedeutsame Nutzungsansprüche unter- und gegeneinander abzuwägen. Sie kann nicht nur eine notwendige zwischen widerstreitenden Belangen eine Abwägung wahrnehmen, sondern auch aktiv eine sinnvolle Kopplung von verschiedenen Flächennutzungen herbeiführen. Beispielsweise könnte für eine rationelle Energienutzung durch Kraft-Wärme-Kopplung die Nähe von Energieproduzenten und –abnehmern regional geplant und im Rahmen der regionalen Wirtschaftsförderung vermittelt werden.

Die Landschaftsplanung dient als Planungsinstrument zur Verwirklichung der Ziele und Grundsätze des Naturschutzes und der Landschaftspflege auch in Planungen und Verwaltungsverfahren, deren Entscheidungen sich auf Natur und Landschaft im jeweiligen Planungsraum auswirken können. Gemäß §2 Abs. 1, Nr. 2, 6 BNatSchG kommt „dem Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung insbesondere durch zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien besondere Bedeutung“ zu. Hieraus lässt sich die fachliche Kompetenz der Landschaftsplanung für Beiträge zur Steuerung einer nachhaltigen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen eindeutig ableiten. Allerdings steckt eine grundlegende Auseinandersetzung mit den räumlichen Auswirkungen sowie den planerischen Möglichkeiten zur Förderung der energetischen Biomassennutzung noch in den Kinderschuhen“ (Rode & Kanning, 2005, 2006). In diesem Zusammenhang sei auch auf ein laufendes Forschungsvorhaben des BfN zur „Naturschutzrelevanz raumbedeutsamer Auswirkungen der Energiewende“ (FKZ 806 82 110) verwiesen.

Eine grundsätzliche Stärke von Raumordnung und Landesplanung besteht im Abgleich der verschiedenen Nutzungsansprüche auf die Flächennutzung innerhalb des Planungsgebiets. So können unter Würdigung von klimapolitischen Prioritäten z.B. Vorranggebiete für die Nutzung erneuerbarer Energien ausgewiesen werden. Mit dem Fokus auf das ausgewiesene Gebiet, die Region, das Land ist aber zugleich eine grundsätzliche Schwäche verbunden: transregionale Wechselwirkungen von Flächen- und Ressourcennutzung, die mit den Aktivitäten innerhalb des Plangebiets verbunden sind, werden bislang praktisch nicht berücksichtigt. So gibt es keine planerische Kontrolle darüber, wie bei einer Ausweitung der Flächennutzung für die Gewinnung erneuerbarer Energien (incl. Energiepflanzen) in den verschiedenen Regionen Deutschlands (die z.T. sehr ehrgeizige Ziele verfolgen) eine langfristige Beeinträchtigung der Versorgung mit Lebensmitteln und traditionellen nachwachsenden Rohstoffen (z.B. auf Holzbasis) vermieden werden kann, ganz zu

schweigen von den Auswirkungen der inländischen Nachfrage in den Lieferländern der dann verstärkt zu importierenden Ressourcen.

Die Gründe hierfür sind nicht allein dem Instrumentarium der Raumordnung und Landesplanung anzulasten. Vielmehr dürften dafür hauptsächlich zwei Ursachen ausschlaggebend sein.

Erstens fehlt es an einem Monitoring, das die relevanten transregionalen und transnationalen Implikationen der regionalen bzw. nationalen Aktivitäten ausweist. Mit der Einbeziehung von Klimaschutzaspekten hat man bereits begonnen, dieses Defizit schrittweise abzubauen. Im Bereich der transnationalen Ressourcenflüsse finden die verfügbaren Indikatorensysteme der ökonomieweiten Materialflussanalyse zunehmend Eingang in nationale und europäische Statistiken. Der Aspekt der globalen Flächeninanspruchnahme durch nationale Ressourcenverbräuche ist jedoch ein vergleichsweise junges Gebiet angewandter Nachhaltigkeitsforschung. Hier gilt es, die verfügbare Methodik möglichst zügig für eine regelmäßige Berichterstattung weiter zu entwickeln als Grundlage für solidere Planungen eines nachhaltigeren Umgangs mit den gegebenen Ressourcen von Material, Energie und Fläche.

Zweitens liegen die wesentlichen Treiber für die Inanspruchnahme intra- und transregionaler Ressourcen außerhalb des Einflussbereichs von Raumordnung und Landesplanung. Dies sind zum einen die Faktoren, die entscheidend die Nachfrage bestimmen; im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe sind dies bezogen auf den globalen Flächenverbrauch nicht zuletzt politische Instrumente wie das Biokraftstoffquotengesetz oder die Vorlieben der Verbraucher für tierische Nahrungsmittel. Zum anderen sind es die Rahmensetzungen des internationalen Handels, die in Verbindung mit Marktinteressen darüber bestimmen, wo auf der Welt es sich ökonomisch lohnt, abiotische Ressourcen abzubauen oder biotische Ressourcen anzubauen bzw. zu ernten.

Zielführend wäre deshalb, zunächst auf nationaler Ebene die vorhandene Anbaufläche nach den Hauptnutzungsarten und Verwendungszwecken aufzuschlüsseln und auf diese Weise einen (Ziel-)Referenzrahmen bereitzustellen, mit dessen Hilfe dann den Bundesländern Empfehlungen für den Anteil der Landwirtschaftsflächen, die für nachwachsende Rohstoffe oder Energiepflanzen anzustreben sind, gegeben werden könnten. Die Länder und Regionen könnten dann, z.B. über Empfehlungen an Landwirtschaftsverbände oder aber über das Instrument der Eignungs-, Vorbehalts- oder Vorranggebiete die Nutzung von Landwirtschaftsflächen für Nawaros quantitativ oder räumlich weiter steuern.

5.4. Agrarhandel und Zertifizierung

Mit Blick auf die globalisierten Rohstoffmärkte wäre eine unilaterale Verschärfung der Umwelanforderungen an den Anbau nachwachsender Rohstoffe nur im EU

Binnenmarkt angesichts der zunehmenden europäischen Nachfrage nach Biomasse im Ausland kritisch zu sehen (wobei dies generell für alle agrarischen Güter gilt). Derzeit zieht die Förderung der europäischen und US-amerikanischen Nachfrage eine Ausweitung des weltweiten Angebots nach sich. Beispielsweise richten sich lateinamerikanische Länder mit flankierenden Maßnahmen zur Erleichterung ihres Anbaus nachwachsender Rohstoffe auf die angekündigten europäischen und US-amerikanischen Biotreibstoffquoten ein. Hohe Anforderungen an die Landbewirtschaftung **hierzulande** würden das Gefälle zwischen europäischen und nicht-europäischen Anbauqualitäten insbesondere auch im Hinblick auf Entwicklungsländer verschärfen. Die Konsequenz wäre ein insgesamt wachsender globaler Markt und eine sinkende Wettbewerbsfähigkeit der EU-Landwirte, die im Vergleich zu außereuropäischen Anbietern, insbesondere in tropischen Ländern, bereits auf Grund der natürlichen Unterschiede der Biomasseproduktivität und im Lohnniveau ohne protektionistische Maßnahmen kaum wettbewerbsfähig sind. Ein Wegfall der Importzölle würde zu Verlusten der EU Marktanteile führen und die Verlagerung der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen, Futter- und Lebensmittel ins Ausland begünstigen. Damit einher ginge der Verlust der Kontrolle über die Produktionsbedingungen, was faktisch zu einer Verlagerung von Umweltbelastungen von der EU vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländer führen würde. Oft sind damit auch erhebliche soziale Probleme in den Anbauländern verbunden. Dies würde möglicherweise nicht nur die Ziele deutscher und internationaler Entwicklungspolitik konterkarieren, sondern insbesondere bei der Verschärfung globaler Umweltprobleme (z.B. des Klimawandels, Bedrohung der biologischen Vielfalt) die Ziele deutscher Umweltpolitik.

Als Lösung dieses Dilemmas wird daher die Einführung internationaler Produkt- und Produktionsstandards diskutiert. Das Wuppertal Institut hat die Möglichkeit von Nachhaltigkeitsstandards am Beispiel der Palmölproduktion und –nutzung untersucht (Pastowski et al., 2007; Geibler, 2007). Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Zertifizierung der anhand bestimmter Kriterien konkretisierten Nachhaltigkeit von Palmöl ein wichtiges Instrument ist, um die Verbreitung ökologisch und sozial vorteilhafter Praktiken bei der Produktion zu fördern. Diese Einschätzung trifft auch der WWF, 2007, der zudem fordert, Nachhaltigkeitsstandard sowohl für Nahrungsmittel als auch *non-food*-Biomasse einzuführen. Die Befürworter der Zertifizierung weisen zugleich darauf hin, dass eine rechtlich unverbindliche und damit freiwillige Zertifizierung ausgewählter Produkte bzw. Produktionsrouten kein Ersatz für ein umfassendes Schutzsystem für Regenwälder oder sonstige Regulierungen sein kann, die ein bestimmtes Schutzniveau flächendeckend sicherstellen.

Die Zertifizierung ist dabei durchaus umstritten. So sprechen sich z.B. Paczian und Klute, 2006, als Vertreter von „Rettet den Regenwald“ bzw. „Watch Indonesia!“ vehement gegen die Nutzung von Zertifikaten aus. Ihrer Ansicht nach sei es „absurd, über ein Zertifizierungssystem für eine Branche nachzudenken, die gleichbedeutend ist

mit Regenwaldvernichtung, Landvertreibung, Mord, Folter, Kinderarbeit und Vergiftung natürlicher Ressourcen“ (Paczian/Klute, 2006, S. 20). Sie weisen darauf hin, dass bisher kein praktikables Konzept für eine Zertifizierung von Soja- oder Palmöl existiere. Auch andere regierungsunabhängige Organisationen, die am Roundtable für nachhaltige Palmölproduktion (RSPO) saßen, seien von den bisherigen Vorschlägen für ein Zertifikat enttäuscht. Paczian und Klute fordern statt eines Zertifikats im Gegenteil ein Einfuhrverbot von tropischen Energiepflanzen aus industrieller Massenproduktion, d.h. aus Plantagenwirtschaft.

Diese überaus kritische Einschätzung mag extrem erscheinen, doch sie wird in wesentlichen Facetten durchaus von anderen Akteuren in den betroffenen Ländern geteilt. Eine kritische Würdigung der Auswirkungen des erweiterten Anbaus von Biokraftstoffen auf neun Schlüsselfeldern, einschließlich der sozialen Aspekte der Landbevölkerung in den Anbauländern des Südens, geben Biofuelwatch et al., 2007. Bezogen auf die Produktzertifizierung stellen die Autoren fest: "Entscheidend ist, dass die Zertifizierung Auswirkungen auf der Makro-Ebene nicht verhindern kann, wie die Verlagerung der Produktion anderswohin... Letztlich bedeutet die umfangreiche Produktion von Energiepflanzen eine **Ausweitung der Anbauflächen**. In der Zukunft könnte zertifiziertes Palmöl z.B. auf Land produziert werden, das bereits mehrere Jahre zuvor entwaldet wurde, während weiter Wälder für andere Märkte gerodet würden." Die Autoren führen eine Reihe von weiteren Gründen an, die einer nutzenstiftenden Wirkung von Produktzertifikaten für Biokraftstoffe entgegen stehen, auf die hier jedoch nicht weiter eingegangen werden soll. Auch Geibler, 2007, macht deutlich, dass bei dynamischer Nachfragesteigerung die Standardsetzung auf Produktebene nur in beschränktem Maße effektiv ist, denn die verbesserten Nachhaltigkeitsbeiträge können durch Rebound- und Wachstumseffekte aufgehoben werden.

Wichtig erscheint, dass jene aus der Anschauung der aktuellen Entwicklungen in den Produktionsländern begründete Einschätzung durch die quantitativen Analysen der vorliegenden Studie gestützt wird. Danach kann die entsprechend der anvisierten politischen Ziele wachsende Nachfrage nach Biokraftstoffen in Deutschland nur über steigende Importe gedeckt werden, die bei Fortdauer der gegenwärtigen Trends eine Ausweitung der Anbauflächen insbesondere in Ländern wie Brasilien und Indonesien zur Folge haben werden. Dies wird dort zu entsprechenden Verlusten an Biodiversität führen. Die Nachfrage nach Biodiesel wird danach hauptsächlich über Soja und Palmöl gedeckt werden.

Selbst wenn das vorgesehene Zertifizierungssystem nach dem Entwurf der Biomassenachhaltigkeitsverordnung wie geplant wirksam würde, könnte es nach den hier durchgeführten Analysen aller Voraussicht nach doch nicht verhindern, dass die durch die Produktion des Biodiesels induzierten Flächennutzungsänderungen mit THG Emissionen verbunden sind, die den Einspareffekt durch den Einsatz des Biodiesels mindestens kompensieren.

5.5. Schlussfolgerungen zu den Instrumenten

Um eine Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen aus nachhaltiger Landwirtschaft sicher zu stellen und die globalen Flächennutzungskonkurrenzen zu vermindern, erscheint die Überprüfung verschiedener Instrumente und der damit verfolgten Strategien und Handlungsziele angezeigt.

Insgesamt zeigt sich, dass die **Instrumente im Bereich der GAP** zum einen dazu beitragen, die Umweltverträglichkeit der Landbewirtschaftung auf den Flächen innerhalb der EU zu fördern. Zum anderen besteht bei der bisher hauptsächlich verfolgten Strategie, eine Umweltentlastung durch Extensivierung zu erreichen, die Tendenz letztlich mehr Fläche zu benötigen. Dies hat zur Folge, dass zusätzliche Flächenerfordernisse, insbesondere zur Abdeckung des voraussichtlichen Bedarfs an Biokraftstoffen, verstärkt über Importe realisiert werden müssten, wodurch es letztlich zur Verlagerung von Umweltbelastungen kommt. Diese Tendenz wird durch die Förderung des Energiepflanzenanbaus einerseits und das Festhalten am Bestand des Grünlandes andererseits unterstützt.

Mit dem starken Bedeutungszuwachs der zweiten Säule schreitet vorwiegend in den weniger ertragreichen Anbauregionen eine weitere Extensivierung der Produktion voran. Dies bedeutet einerseits eine bessere Einbettung der Produktion in die regionalen und standortspezifischen Gegebenheiten, insbesondere eine Verminderung von Umweltbelastungen und eine Stärkung der Biodiversität. Andererseits bleibt dadurch – in Widerspiegelung natürlich-technischer und ökonomischer Gegebenheiten – der Anstieg der durchschnittlichen Erträge bezogen auf die Gesamtfläche begrenzt. Der Trend zur zumindest regional verstärkten Extensivierung trägt so dazu bei, dass innerhalb der EU weniger Fläche für die Deckung zusätzlichen Bedarfs z.B. für Nawaro zur Verfügung steht. Während die Umwelt innerhalb der EU so entlastet wird, steigen bei zunehmenden Importen die Umwelt- und Naturbelastungen in anderen Weltregionen.

Zur weiteren Verbesserung der Guten Fachlichen Praxis und Ausgestaltung der *cross compliance* erscheint es im Hinblick auf die Umweltqualität der inländischen Landwirtschaftsproduktion insbesondere im Hinblick auf die Produktion von Nawaro sinnvoll, die derzeitige Tendenz zur Verengung der Fruchtfolge auf weniger als drei Kulturen auszuschließen, den Stickstoffüberschuss beim Anbau Biomasse zu begrenzen, den Bodenschutz und den Schutz der Biologischen Vielfalt in den Regelungen der *cross-compliance* zu verankern, und unkalkulierbare Risiken durch den Einsatz gentechnisch veränderter Organismen im Freiland auszuschließen. Auch könnte man vorsehen, aus der Nahrungs- und Futtermittelproduktion genommene Flächen für die Nutzung von Nawaro einzusetzen, wobei dies eine forstwirtschaftliche Nutzung ebenso einschließen könnte wie eine regelmäßig Mahd mit Verwertung des

Mähgutes (in letzterem Fall fiele der Flächenenertrag allerdings vergleichsweise gering aus).

Die **Begrenzung der Fruchtfolgeanteile** könnte bei einzelnen Früchten wie Raps zu einer signifikanten Verminderung der Gesamtanbaufläche und ihrer Produktion in Deutschland führen. Der steigende Bedarf an Biodiesel müsste in diesem Fall - bei unveränderter Nachfrage - verstärkt über Importe gedeckt werden. Dies zeigt bereits, dass solche produktionsseitigen, auf das Inland beschränkte Maßnahmen *allein nicht* geeignet sind, das Problem der nicht nachhaltigen globalen Flächennutzung zu lösen, ja, dass sie ohne wirksame Ergänzung durch andere Maßnahmen, sogar noch zu einer weiteren Problemverlagerung beitragen könnten.

Da sich im Zuge dieser Studie herausgestellt hat, dass insbesondere der flächenintensive Anbau von Energiepflanzen zu einer **global** nicht nachhaltigen Ressourcennutzung beiträgt, ist die **Energiepflanzenprämie** auch vor diesem Hintergrund grundsätzlich kritisch zu sehen und ihre Vergabe sollte überprüft werden.

Der Schutz des **Dauergrünlandes** erscheint einerseits insbesondere aus Gründen des Natur- und Landschaftsschutzes sinnvoll. Andererseits ist damit ein Faktor gegeben, der zu der in dieser Studie festgestellten globalen Knappheit an Anbaufläche beiträgt. Es sollte geprüft werden, in wie weit überjährige, zweijährige oder mehrjährige Mischkulturen (z.B. Kurzumtriebsplantagen) auf regionaler Ebene als eine ökologisch vertretbare und ökonomisch sinnvolle Alternative zum Grünland als zulässig erachtet werden könnten.

Die bislang verfolgte **Strategie der Ökologisierung** der Landwirtschaft durch Extensivierung sollte hinterfragt werden. Flächenaufwändige Extensivierungsprogramme im Inland sind im Hinblick auf die überregionalen und globalen Auswirkungen durchaus auch kritisch zu sehen. Stattdessen sollten deshalb auch intensivere Anbauformen erforscht, entwickelt und gefördert werden, die zum einen hoch produktiv und zum anderen umwelt- und landschaftsverträglich sind (z.B. *Precision-Farming*; Niedrig-Energie-Treibhäuser, Intensivanbau gekoppelt mit Ausgleichsflächen und Randstreifen etc.). Dies schließt die Intensivierung des Ökolandbaus durchaus mit ein. Um weitere Effizienzsteigerungen im Gesamtsystem der Biomasse-Prozess-Kette zu ermöglichen, könnten künftig naturverträglich gestaltete Intensivanbauformen mit Systemen der Kaskadennutzung von Biomasse gekoppelt werden.

Doch auch wenn die noch längst nicht ausgeschöpften Effizienzpotenziale genutzt werden, sollte man keinesfalls davon ausgehen, dass die Erträge künftig unbegrenzt gesteigert werden können.

Die Instrumente zur umweltverträglichen Gestaltung der Biomasseproduktion sind allein nicht ausreichend, um eine nachhaltige Flächennutzung und Versorgung sicher zu stellen. Dazu bedarf es vorrangig des Einsatzes bzw. der Anpassung von

Instrumenten, die die Nachfrage insbesondere nach energetisch genutzten Nahrungsmitteln, aber auch nach Biomasse insgesamt, entscheidend bestimmen.

Aus ökologischer Sicht besonders bedenklich ist, dass eine Umsetzung der ehrgeizigen **Biokraftstoffquoten** der „Meseberger Beschlüsse“ und der „Roadmap Biokraftstoffe“ aller Voraussicht nach nur durch eine deutliche **Ausweitung der globalen Flächeninanspruchnahme** möglich wäre. Dies wäre nach den Ergebnissen dieser Studie in mehrfacher Hinsicht kritisch. Zum einen würde dadurch die Existenz von Savannen und Tropenwäldern und damit die Biodiversität in tropischen Regionen gefährdet. Zum anderen würde durch die Produktion der für die Einhaltung der Biotreibstoffquoten in Deutschland nötigen Mengen insbesondere an Biodiesel global sogar mehr Treibhausgase emittiert werden als durch den Einsatz der Biomasse eingespart werden könnte.

Dieses Problem lässt sich auch durch eine produktspezifische **Zertifizierung**, wie sie im Entwurf der Nachhaltigkeitsverordnung vorgesehen ist, *nicht hinreichend lösen*, da sie als alleiniges Instrument aller Voraussicht nach nicht geeignet ist, Landnutzungsänderungen durch Ausweitung der benötigten Anbauflächen und damit verbundene zusätzliche Umweltbelastungen zu vermeiden. Es besteht im Gegenteil Anlass zu der Vermutung, dass das Instrument der Zertifizierung in der derzeit vorgeschlagenen Form durch die vorgebliche Absicht, einen wirksamen Klima- und Ressourcenschutz zu gewährleisten, die Nachfrage weiter ansteigen lässt und damit insbesondere im Hinblick auf die Folgen der Biodieselproduktion zur Verschlimmerung der Entwicklung beiträgt.

Daher wird empfohlen, die Biotreibstoffmenge nicht wie geplant signifikant zu erhöhen, sondern eher zurückzufahren oder zumindest auf dem derzeitigen Niveau einzufrieren, den Schwerpunkt auf Kraftstoffeinsparung zu legen, und im Zusammenhang mit den künftigen Kraftstoffmengen entsprechend auch die Biotreibstoffanteile zu überprüfen, wie es sinngemäß u.a. auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen empfohlen hat. Konkret sollte die für 2015 vorgeschriebene Gesamtquote von 8%, bezogen auf eine Gesamtmenge in der Größenordnung von 2400 PJ (nach EWI/Prognos, 2005/2006), in keinem Fall weiter erhöht werden, um dem zunehmenden Import von Biokraftstoffen auf der Basis von Soja- und Palmöl zu begegnen.

Die Rücknahme der 2007 von der Bundesregierung in Meseberg beschlossenen Zielquote von 17% (energetisch) auf 12-15% für 2020, die im April 2008 verlautbart wurde, führt in die richtige Richtung. Sie ist jedoch nicht ausreichend, da sie sich ausschließlich auf die Minderung der beabsichtigten Steigerung des Einsatzes von Bioethanol bezieht. Die wesentlich gravierenderen Probleme im Hinblick auf den globalen Flächenverbrauch gehen jedoch vom Anbau für die Biodieselproduktion aus.

Von der für das Jahr 2020 beabsichtigten Steigerung des nationalen Biotreibstoffanteils auf 12-15% sollte daher - auch im Hinblick auf die internationale Signalfunktion -

Abstand genommen werden. Eine Weiterverfolgung im internationalen Rahmen wäre nur dann sinnvoll, wenn die absolute Menge nicht weiter erhöht würde. In diesem Fall sollten sich die Handlungsziele aber vorrangig auf den absoluten Kraftstoffverbrauch beziehen. Die Orientierung an einer Quote wäre damit nachrangig bzw. im internationalen Kontext höchst missverständlich, da nicht erwartet werden kann, dass andere Länder in gleichem Maße auf Effizienzsteigerungen im Verbrauch setzen, die Höhe der Quote jedoch gleichwohl als Maßstab umweltpolitischen Anspruchs verstanden würde. Dies wäre z.B. dadurch zu erreichen, dass bei konstanter Menge eingesetzter Biokraftstoffe durch sparsamere Fahrzeuge und ein verkehrssparendes Verhalten **der Kraftstoffverbrauch in absoluten Zahlen reduziert wird** und sich allein durch den resultierenden Verbrauchsrückgang bei fossilen Kraftstoffen der Prozentsatz der eingesetzten Biokraftstoffe erhöht. Eine Nennung des Handlungszieles und Anpassung des bisher angestrebten Zielwertes ließe sich auf Basis der neueren wissenschaftlichen Erkenntnisse über potenzielle Problemverlagerungseffekte und zusätzliche Emissionen bei der Gewinnung von Biokraftstoffen begründen.

2009 sollte erneut geprüft werden, inwieweit die geltenden Quoten durch quantitative Ziele für den gesamten Kraftstoffverbrauch ergänzt und in diesem Zusammenhang auch angepasst werden sollten. Eine Anpassung der zurzeit in Deutschland und der EU anvisierten, ökologisch kontraproduktiven Quoten wäre dann im Lichte des aktuellen Erkenntnisstandes vorzunehmen und auch in dem Fall angezeigt, sobald absehbar ist, dass das 5,75% Ziel für 2010 von der Mehrheit der EU-15 Länder nicht erreicht werden kann.

Eine Einpassung der Ziele auf ein nachhaltiges Niveau hätte auch eine wichtige *Signalwirkung für andere Länder*. Allen voran bestimmen gegenwärtig die USA mit hohen Quotenvorgaben die weltweit wachsende Nachfrage nach Biokraftstoffen. Eine in der Folge ungebremste Entwicklung des absoluten Verbrauchs lässt längerfristig steigende Preise für Nahrungsmittel erwarten und weiter zunehmende Flächennutzungskonkurrenzen (WI/RWI, 2008).

Hinsichtlich des **Nawaro-Bonus** im EEG ist einerseits zu bedenken, dass die stationäre Nutzung von Biomasse in Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung, sowohl unter ökologischen als auch ökonomischen Aspekten, grundsätzlich vorteilhafter ist, als die Verwendung von Biomasse zur Herstellung von Kraftstoffen. Andererseits ist auch der Nawaro-Bonus durchaus kritisch zu sehen.

So ist die Förderung im Falle des Anbaus von Energiepflanzen insbesondere problematisch, wenn die zunehmende Nutzung bei Fortdauer der bestehenden Trends zu erheblichen Anteilen der Gesamtflächennutzung führt, wie dies z.B. bei Mais für die Biogaserzeugung zu erwarten ist (ca. 0,9 Mio ha in 2030). Eine solche Entwicklung würde ebenfalls zur Ausweitung der globalen Flächeninanspruchnahme Deutschlands und damit zur Erhöhung der damit indirekt verbundenen Umweltbelastungen beitragen.

Anstelle des Anbaus von Energiepflanzen sollte generell – und also auch im EEG – die Verwertung von Biomassereststoffen gefördert werden, wobei zu prüfen ist, ob deren Einsatz nicht auch ohnedies stattfinden würde, wie dies z.B. im Bereich der Holz verarbeitenden Industrie zu erwarten ist. Auch im Hinblick auf möglichst mehrfache stoffliche Nutzungen vor der energetischen Verwertung am Ende des Produktlebenszyklus ist die Förderung durch den *Nawaro-Bonus* für die energetische Nutzung auch in den Fällen zu überdenken, bei denen dadurch höherwertige, stoffliche Verwendungen der Sekundärrohstoffe benachteiligt werden.

Der Einfluss von Raumordnung und Landesplanung auf eine im globalen Kontext nachhaltige Flächennutzung ist begrenzt. Dies liegt zum einen daran, dass Informationen über die transnationale Flächeninanspruchnahme durch nationale Aktivitäten erst seit Kurzem verfügbar sind. Zum anderen liegen die wesentlichen Treiber außerhalb des Einflussbereichs dieses Instrumentariums.

Wesentlich für die Balance zwischen inländischer und ausländischer Produktion der in Deutschland und der EU konsumierten agrarischen Güter sind die Regelungen des **Außenhandels**. Ein Wegfall der Importzölle würde zu Verlusten der EU Marktanteile führen und die Verlagerung der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen, Futter- und Lebensmittel ins Ausland begünstigen. Damit einher ginge der Verlust der Kontrolle über die Produktionsbedingungen, was faktisch zu einer Verlagerung von Umweltbelastungen von der EU vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländer führen würde. Oft sind damit auch erhebliche soziale Probleme in den Anbauländern verbunden. Dies würde möglicherweise nicht nur die Ziele deutscher und internationaler Entwicklungspolitik konterkarieren, sondern insbesondere bei der Verschärfung globaler Umweltprobleme (z.B. des Klimawandels) die Ziele deutscher Umweltpolitik.

Im Rahmen der Verhandlungen über die Liberalisierung des Agrarhandels wäre daher eine Rücknahme des Außenschutzes der deutschen Produzenten nur sinnvoll, wenn gleichzeitig sichergestellt wäre, dass es in den Exportländern des Südens nicht zu einer Übernutzung der Ressourcenbasis kommt. Hierbei ist wiederum zu beachten, dass dies allein durch produktbasierte Zertifizierungen nicht hinreichend gewährleistet werden kann. Vielmehr muss in den Anbauländern ein nachhaltiges Ressourcenmanagement aufgebaut werden, das insbesondere auch ein stabiles Verhältnis von Natur-, Forst- und Landwirtschaftsflächen auf jeweils nachhaltigem Niveau gewährleistet. Dazu sollten Industrieländer wie Deutschland Hilfestellung leisten.

Auch Deutschland ist wie andere Länder der EU aufgefordert, ein **nachhaltiges Ressourcenmanagement** zu etablieren (gem. der *Thematischen Strategie zur*

*nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen*¹⁰¹). Dabei gilt es, biotische und abiotische Ressourcen ebenso wie die Flächennutzung integrativ zu betrachten. Die besondere Herausforderung liegt dabei in der Verfolgung eines jeweils nachhaltigen Niveaus bzw. Umfangs der Inanspruchnahme der Hauptressourcen und einer ausgewogenen Balance zwischen inländischer und ausländischer Versorgung und der damit verbundenen internationalen (Umwelt-)Lastenteilung. Bleischwitz und Bringezu, 2007, skizzieren Kernelemente eines künftigen internationalen Ressourcenmanagements.

Für ein nationales nachhaltiges Ressourcenmanagement gilt es auch, in Deutschland die Voraussetzung zu schaffen. Dies betrifft zum einen die Verbesserung der Informationsbasis als Grundlage für politische Entscheidungen und zum anderen die Weiterentwicklung des politischen Instrumentariums.

Im Hinblick auf eine nachhaltige Ressourcennutzung im Allgemeinen und eine global nachhaltige Flächennutzung und Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen im Besonderen *fehlt ein hinreichendes **Monitoring***, das die relevanten transregionalen und transnationalen Implikationen der regionalen bzw. nationalen Aktivitäten ausweist. Mit der Einbeziehung von Klimaschutzaspekten hat man bereits begonnen, dieses Defizit schrittweise abzubauen. Im Bereich der transnationalen Ressourcenflüsse finden die verfügbaren Indikatorensysteme der ökonomieweiten Materialflussanalyse zunehmend Eingang in nationale und europäische Statistiken. Der Aspekt der globalen Flächeninanspruchnahme durch nationale Ressourcenverbräuche ist hingegen ein vergleichsweise junges Gebiet angewandter Nachhaltigkeitsforschung. Hier gilt es, die verfügbare Methodik möglichst zügig für eine regelmäßige Berichterstattung weiter zu entwickeln als Grundlage für solidere Planungen eines nachhaltigeren Umgangs mit den gegebenen Ressourcen von Material, Energie und Fläche.

Ein solches Monitoring-Instrumentarium ist nicht nur wichtig für die Gestaltung eines Gesamtkonzepts nachhaltigen Ressourcenmanagements auf nationaler und europäischer Ebene. Es hätte auch Bedeutung für die Politiken der *Bundesländer* und Planungen der *Regionen*. Denn falls einige Regionen ihre Potenziale zur Produktion von Nahrung durch entsprechende Ausweitung von Anbauflächen übermäßig ausbauen würden (und hier existieren teilweise sehr ehrgeizige Pläne), so könnte dadurch mittel- bis langfristig die überregionale Produktion und Versorgung mit Nahrungs- und Futtermitteln beeinträchtigt werden. Ausgehend von der gegenwärtigen Situation einer unausgewogenen globalen Flächenbelegung könnte dadurch zum einen die Importabhängigkeit bei verschiedenen Gütern vermehrt werden, zum anderen würden weitere Probleme in außereuropäische Regionen verlagert. Um erkennen zu können, wie sich die regionalen Entwicklungen im Verbund auf die globale Flächenbelegung

¹⁰¹ CEC – Commission of the European Communities (2005): Thematic Strategy on sustainable use of natural resources. COM(2005) 670final. Brussels

Deutschlands bzw. der EU, dem damit verbundenem Selbstversorgungsgrad bei agrarischen Gütern und die interregionale Balance der Umweltbelastungen auswirken, bedarf es eines regelmäßigen Monitorings. Anstatt auf regionaler Ebene einseitig die Produktion von Nahrungsvorprodukten voranzutreiben, sollte aus Umweltsicht die Entwicklung in den Regionen dazu beitragen, dass die Produktion agrarischer Erzeugnisse im Food- und Non-Food-Bereich insgesamt, d.h. im überregionalen Kontext, ausgewogen ist. Bei zunehmender Produktionsspezialisierung einzelner Regionen und Bundesländer bedarf es hierzu eines Referenzsystems auf nationaler (und später auch EU) Ebene, das die globale Flächeninanspruchnahme für den Verbrauch von Food- und Non-Food Produkten darstellt.

Die **Weiterentwicklung des politischen Instrumentariums** erfordert, wie die hier vorgestellten Beispiele gezeigt haben, vor allem eine bessere *Abstimmung der bestehenden Instrumente und der Adjustierung von Über- bzw. Fehlsteuerungen*. **Als vorrangiger und auszuweitender Handlungsschwerpunkt sollte die Förderung der Material- und Energieeffizienz in Produktion und Konsum angesehen werden.** Denn die Analysen der vorliegenden Studie haben gezeigt, dass die flächenbasierten Kapazitäten zum Umstieg auf eine Biomasseressourcenbasis äußerst begrenzt sind. Ohne eine deutliche **Steigerung der Effizienz** beim Einsatz fossiler und anderer nicht erneuerbarer Ressourcen, sowie biotischer Ressourcen kann eine nachhaltige Versorgung mit Nahrungsmitteln und Rohstoffen letztlich nicht sichergestellt werden.

6. Zusammenfassung der Ergebnisse

In der folgenden Ergebniszusammenfassung werden die aktualisierten Werte für die BAU Szenarien I und II und aller davon abgeleiteten Werte dargestellt, die sich aus der im Frühjahr 2008 erfolgten Absenkung der Zielvorgaben für den maximalen Beimischungsanteil von Bioethanol zum Ottokraftstoff ab 2009 ergeben (siehe „Vorbemerkung“ zu diesem Bericht). Die damit verbundenen Abweichungen abgeleiteter Ergebnisse von den ursprünglichen Werten in den vorangegangenen Kapiteln liegen in der Regel im Bereich von wenigen Prozent und stellen die grundsätzlichen Aussagen und Schlussfolgerungen nicht in Frage.

In diesem F+E-Vorhaben wurden die Potenziale einer zukünftigen Nutzung nachwachsender Rohstoffe für energetische und stoffliche Verwendung im Rahmen von Szenarien abgeleitet. Dabei wurde zunächst mit Hilfe **zweier Business-as-usual (BAU) Szenarien** der nach fachlicher Einschätzung wahrscheinliche Entwicklungskorridor bis 2030 abgebildet. BAU Szenario I zeichnet eine konservativ-realistische Entwicklung vor, BAU II ebenfalls eine realistische aber gegenüber BAU I erhöhte Entwicklung der Verwendung von Anbaubiomasse für stoffliche und energetische Nutzungen. Diese Entwicklungsszenarien werden im Wesentlichen von den vorgegebenen politischen Rahmenbedingungen zur Förderung von Biokraftstoffen und des Anbaus von Energiepflanzen nach EEG geprägt. Berechnet wurden daraus die **weltweiten landwirtschaftlichen Brutto-Produktions-Flächenerfordernisse, die sich aus dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe in Deutschland ergeben**. Diese wurden in Flächen, die **im Inland bzw. im Ausland** beansprucht werden, unterschieden. **Der Fokus der Studie lag somit auf Anbaubiomasse aus landwirtschaftlicher Bewirtschaftung¹⁰²**, in den Szenarien wurden jedoch die Potenziale von Reststoffen und Abfällen mit betrachtet, um die Gesamtentwicklung im Kontext der erneuerbaren Energien aus Biomasse einzuschätzen. In den Szenarien wurden mögliche Konfliktfelder im Bereich der Flächennutzung aufgezeigt. Zur Validierung des BAU-Entwicklungskorridors wurden verschiedene Entwicklungspfade vorgezeichnet und in einer Reihe von **Varianten** untersucht. Eine Sensitivitätsanalyse zeigte an, wie sich die Einschätzung der **Entwicklung der Hektarproduktivitäten** auf den globalen Flächenbedarf auswirkt.

Darüber hinaus wurden **Alternativszenarienelemente entwickelt um die Möglichkeiten einer – im Vergleich zur BAU-Entwicklung – nachhaltigeren Flächennutzung zur stofflichen und energetischen Versorgung aufzuzeigen**. Ein zentrales Kriterium war hierbei der Anteil der in 2030 pro Kopf der Weltbevölkerung zur Verfügung stehenden landwirtschaftlich intensiv bewirtschafteten Nutzfläche von ca.

¹⁰² Die mengenmäßigen BAU I und BAU II Szenarien für forstwirtschaftliche Produkte konnten im Rahmen dieser Studie nicht durch quantitative Flächenanalysen unteretzt werden, die Flächenberechnung für den Status Quo wurde jedoch quantitativ durchgeführt.

2000 m² pro Kopf, die möglichst nicht durch den Konsum agrarischer Güter in Deutschland überschritten werden sollte. Zwar wird die Weltbevölkerung bis 2030 in etwa mit der gleichen Rate wie die Hektarerträge wachsen, so dass beide Entwicklungen theoretisch ausgeglichen wären. Doch werden sich die Konsumgewohnheiten in Entwicklungsländern hin zu mehr Fleischverzehr mit höherem Flächenbedarf entwickeln, so dass sich allein dadurch ein signifikant höherer Druck zur Ausweitung der Anbaufläche für die Ernährung ergeben wird (siehe Box). Die Anforderungen für die Produktion von Energiepflanzen, im Falle Deutschlands vor allem zur Deckung der Nachfrage nach Biokraftstoffen, erhöhen diesen Druck zusätzlich.

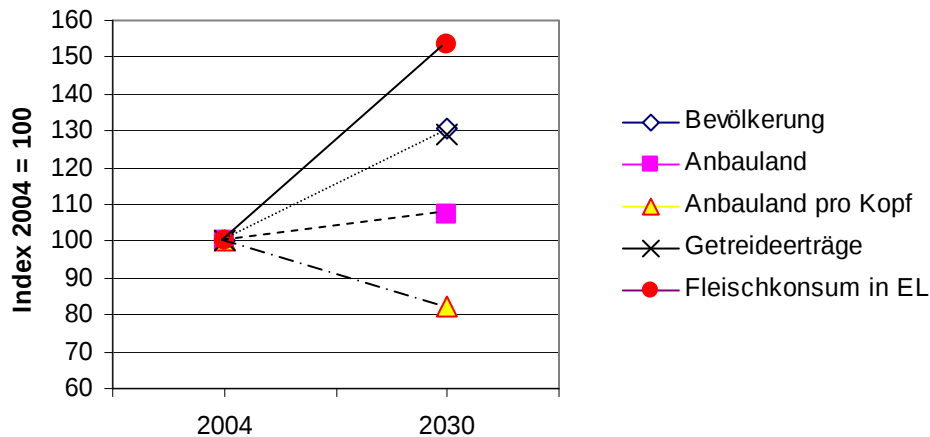
Die Entwicklung wichtiger globaler Rahmenbedingungen

Basierend auf Angaben der FAO, 2003, 2006, wird die Weltbevölkerung bis 2030 gegenüber 2004 um etwa 30,4% anwachsen, während die Hektarerträge für Getreide nach FAO-Prognosen im gleichen Zeitraum um ca. 29,1% steigen dürften (Abbildung 46). Der weltweite Fleischkonsum wird dagegen im fraglichen Zeitraum um 55,5% steigen, während der Getreidekonsum pro Person um 1,6% leicht abnehmen wird (bzw. weltweit absolut gesehen "nur" um ca. 28,4% steigen wird). Da die Tierproduktion für die Erzeugung der Futtermittel erheblich mehr Fläche beansprucht, als der Anbau für die direkte pflanzliche Ernährung des Menschen¹⁰³, wird sich allein durch diese Entwicklung der Druck zur Ausweitung der landwirtschaftlichen Flächen auf Kosten natürlicher Ökosysteme deutlich erhöhen.

Es wird darüber hinaus erwartet, dass auch in den so genannten Hungerländern der Nahrungsmittelverbrauch in Zukunft deutlich ansteigen wird, und damit tendenziell weiterer zusätzlicher Anbauflächenbedarf (für Ackerland und Dauerkulturen) entsteht, ohne dass dieser derzeit quantitativ eingeschätzt werden könnte (FAO, 2003, 2006; OECD, 2007, 2008).

¹⁰³ Das Ausmaß der Flächenmehrbeanspruchung für höheren Fleischkonsum gegenüber pflanzlicher Ernährung hängt zum einen vom Mix der konsumierten Fleischsorten ab, zum anderen von Faktoren wie den Erträgen verschiedener Futtermittel und Effizienzen der Futtermittelverwertung, und müsste auf Basis detaillierter Annahmen weltweit abgeschätzt werden. Angaben für Deutschland können zur ersten Orientierung dienen, wonach der Konsum tierisch basierender Nahrungsmittel pro Nährwert (in cal) etwa den 4,8-fachen Flächenbedarf hervorruft als der Konsum pflanzlicher Nahrungsmittel (basierend auf Busch 2008).

Abbildung 46: Globale Trends zur Bevölkerungsentwicklung, Ertragssteigerungen bei Getreide, Anbauland (Ackerland und Dauerkulturen), und Fleischkonsum in Entwicklungsländern – 2004 und 2030.



Quellen: UN Bevölkerungsstatistik; FAO, 2003, 2006.

Darüber hinaus wurde in den hierfür bedeutenden alternativen Szenarienelementen untersucht, welche **Verminderung der Emission von Klimagasen** durch verschiedene Varianten der Nutzung nachwachsender Rohstoffe möglich wäre. Damit werden u.a. die **potenziellen Synergien zwischen Klima- und Ressourcenschutz** aufgezeigt.

Für die **in den BAU-Szenarien** gezeichneten Entwicklungspfade wurde ermittelt, welcher **Nettoeffekt sich für die Verminderung von Treibhausgasen (THG) und nicht erneuerbarem Energieverbrauch (KEA_{erschöpflich})** bei Verwendung von Bioenergie aus Anbaubiomasse gegenüber einer fossilen Variante ergibt. Dabei wurde zum einen berechnet, in welchem Umfang jeweils ein Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche bei verschiedenen Biomassetypen zur Minderung der Umweltbelastung beiträgt. Zum anderen wurde für die BAU-Szenarien eingeschätzt, **wie groß die Minderung der Umweltbelastung infolge der Verwendung energetischer Biomasse bei Anbau auf bestehenden Flächen insgesamt ausfallen würde (Komponente 1)**. Ein zweiter Schwerpunkt lag auf der Berechnung der erhöhten **THG-Emissionen nach BAU-Szenarien durch Landnutzungsänderungen infolge der Ausweitung der globalen Ackerfläche auf Kosten natürlicher Ökosysteme in tropischen Regionen, bedingt durch die verstärkte deutsche Nachfrage insbesondere nach Biodiesel und Nawaro insgesamt (Komponente 2)**. Die Bilanz von Komponente 2 und 1 (für THG) zeigt den **Nettoeffekt** einer THG Minderung bzw. einer vermehrten Freisetzung von THG an.

Ferner wurde eine Analyse der wichtigsten **Instrumente zur Steuerung der landwirtschaftlichen Flächennutzung** durchgeführt.

6.1. BAU-Szenarien und globaler Flächenbedarf für landwirtschaftliche Produkte

Die gegenwärtige Entwicklung der Nutzung nachwachsender Rohstoffe, dargestellt durch die BAU-Szenarien, läuft auf eine **deutliche Erhöhung der Nutzung von Biokraftstoffen der ersten Generation** hinaus¹⁰⁴. Der Einsatz von Biomasse für stoffliche Nutzungen liegt deutlich niedriger und macht bei unveränderter Entwicklung nur ein Fünftel des Nawaro Einsatzes aus.

Bis 2030 würde sich der globale landwirtschaftliche Flächenbedarf für Nawaro unter BAU I Bedingungen auf ca. 11,4 Mio. ha¹⁰⁵ erhöhen, und damit auf fast das Dreifache der Globalfächenbelegung in 2006, davon ca. 90% für die energetische Nutzung und 10% für die stoffliche Nutzung. Dies entspräche fast der gesamten dann im Inland verfügbaren Fläche für Ackerland und Dauerkulturen. Real würden in 2030 im Inland bereits etwa 3,1 Millionen Hektar bzw. gut ein Viertel der Ackerflächen für den Anbau von Nawaro beansprucht. Müsste also der gesamte globale Flächenbedarf Deutschlands für Nawaro in 2030 auf inländischer Fläche bereitgestellt werden, so wäre etwa 3,6mal soviel Fläche hierfür erforderlich wie tatsächlich dafür genutzt würde. Eine Zusammenstellung der wesentlichen Kennzahlen zeigt die folgende Tabelle 68 zu den erforderlichen Brutto-Produktionsflächen.

Insgesamt würde somit der Bedarf für Nawaro in 2030 bei **BAU I zu 73% auf Anbauflächen im Ausland** beruhen, bei stofflichen Nawaro zu 64%, bei Nawaro für die energetische Nutzung zu ca. 74%.

Unter **BAU II** Bedingungen würden in 2030 weltweit ca. 11,9 Millionen Hektar landwirtschaftlicher Fläche beansprucht, davon mehr als zwei Drittel im Ausland. Gegenüber BAU I läge der **globale Flächenbedarf nach BAU II um ca. 5% höher**.

Alleine die schon gegenwärtig hauptsächlich verwendeten **Biokraftstoffarten Pflanzenöl (aus Raps), Biodiesel (aus Raps, Palmöl und Soja) und Bioethanol (aus Getreide und Zuckerrohr), machen den größten Anteil der Flächenzunahme von 2006 auf 2030 unter BAU Bedingungen aus, zusammen 84% bei BAU I bzw. 78% bei BAU II.** Weiterhin tragen vor allem Biogas für Strom/Wärme und Pflanzenöle für die Verstromung zur Flächenbelegung bei.

¹⁰⁴ Diese Entwicklung ist schon alleine dadurch bedingt, dass die nationalen und EU-Ziele zum Einsatz von Biokraftstoffen zumindest mittelfristig keine andere Wahl lassen. Zudem belegt das Ausmaß der bereits installierten und sich im Bau befindenden Produktionskapazitäten für Biodiesel und Bioethanol, sowie die deutliche Absatzentwicklung für Pflanzenöle zur energetischen Nutzung diese Entwicklung.

¹⁰⁵ Bei dieser Angabe handelt es sich um die landwirtschaftliche Brutto-Produktionsfläche als physische Voraussetzung für die Biomasseproduktion. Die den Biomasse-Endprodukten zugerechnete Netto-Konsum-Fläche ist dann nur etwa halb so hoch, denn die anfallenden Nebenprodukte können z.B. als Viehfutter verwendet werden.

Tabelle 68: Kennzahlen zum globalen Brutto-Produktions-Flächenbedarf Deutschlands für Nawaro – 2004 bis 2030, BAU I bis BAU II.

	2004	2005	2006	2010	2020	2030
Globaler Flächenbedarf aller Nawaro in Millionen Hektar						
BAU I	1,75	2,51	3,92	5,52	9,04	11,40
BAU II	1,75	2,51	3,93	6,16	10,16	11,93
BAU II / BAU I	1,00	1,00	1,00	1,12	1,12	1,05
Inländischer Flächenbedarf aller Nawaro in Millionen Hektar						
BAU I	1,04	1,56	1,83	2,76	3,16	3,13
BAU II	1,04	1,56	1,83	2,77	3,36	3,57
BAU II / BAU I	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06	1,14
Anteil von Nawaro für stoffliche Nutzung am globalen Flächenbedarf						
BAU I	40%	30%	20%	15%	11%	10%
BAU II	40%	30%	20%	15%	11%	11%
BAU II / BAU I	1,00	1,00	1,02	0,98	0,98	1,06
Flächen-Importquote: alle Nawaro						
BAU I	41%	38%	53%	50%	65%	73%
BAU II	41%	38%	53%	55%	67%	70%
BAU II / BAU I	1,00	1,00	1,00	1,10	1,03	0,97
Flächen-Importquote: energetische Nawaro						
BAU I	25%	28%	51%	48%	65%	74%
BAU II	25%	28%	51%	53%	67%	71%
BAU II / BAU I	1,00	1,00	1,00	1,12	1,03	0,96
Flächen-Importquote: stoffliche Nawaro						
BAU I	64%	63%	63%	63%	64%	64%
BAU II	64%	63%	63%	65%	65%	66%
BAU II / BAU I	1,00	1,00	1,01	1,03	1,03	1,02
Flächenbedarf aller Nawaro im Inland als Anteil am inländischen Ackerland						
BAU I	9%	13%	15%	23%	26%	26%
BAU II	9%	13%	15%	23%	28%	30%
BAU II / BAU I	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06	1,14

Quelle: diese Studie.

Es wurden **drei Varianten der BAU-Szenarien** gerechnet, die auf folgenden Annahmen basieren:

- Eine verstärkte Produktion von Biopolymeren aus Weizenstärke aus inländischem Anbau,
- Importe von Biodiesel ausschließlich auf Sojabasis statt auf Soja- und Palmölbasis, und
- Zucker für die stoffliche Nutzung aus Zuckerrohr statt aus Zuckerrüben.

Die zuletzt genannte Variante war ohne nennenswerte Auswirkung und wurde daher nicht weiter dargestellt. Der Gesamteffekt aller drei Varianten auf die globale Flächenbelegung in 2030 wäre bei BAU I ein ca. 1,4-fach erhöhter globaler Flächenbedarf, bei BAU II sogar ein fast 1,7-fach erhöhter Bedarf globaler LW-Fläche. Der Importflächenanteil wäre ebenfalls um 5% bzw. 13% erhöht. Der Anteil

energetischer Nawaro an der globalen Fläche wäre aufgrund des starken Beitrags der Biopolymere kaum verändert.

In den einzelnen BAU Szenarienelementen wurden **auf Basis einer eigenen Expertenbefragung Ertragssteigerungen auf den Anbauflächen** für den Zeitraum 2010 bis 2030 angenommen. Um deren Effekt quantitativ darzustellen, wurde die globale Flächenbelegung für Nawaro in einer Variante durchgehend ohne Ertragssteigerungen berechnet. Unter der Annahme, dass die Erträge für Nawaro im Zeitraum bis 2030 nicht ansteigen würden, läge der globale Flächenbedarf in BAU I wie in BAU II um 40% höher. Dabei liegen die von uns ermittelten Werte zu den Hektarproduktivitätssteigerungen niedriger als in vorigen Studien (vor allem bei Raps – 1,5% p.a. gegenüber 1,9-2,4% p.a.; und Getreide – 1,2% p.a. gegenüber 1,8-2,2% p.a.), deren Ergebnis zur künftigen Flächenverfügbarkeit infolge Ertragssteigerungen daher als zu günstig anzusehen ist. Da das Ergebnis der vorherigen, optimistischen Studien maßgeblich als Grundlage der gegenwärtigen Förderpraxis herangezogen wurde, geben unsere Ergebnisse Anlass, die Förderpraxis zu überdenken.

6.2. BAU Szenarien und Flächeninanspruchnahme für forstwirtschaftliche Produkte

Es ist zu erwarten, dass einerseits die Verwendung von Rohholz für energetische und stoffliche Zwecke weiter deutlich steigen wird und sich andererseits das inländische Rohholzaufkommen bis 2030 nur leicht erhöhen wird. Denn die Potenziale einer erhöhten Nutzung des heimischen Wirtschaftswaldes sind weitgehend ausgeschöpft und den verbleibenden Potenzialen in den kleineren Privatforsten stehen eine Vielzahl von Holzmobilisierungshemmnissen entgegen. Zudem ist zu erwarten, dass das Potenzial des Anbaus von Dendromasse auf landwirtschaftlichen Flächen (z.B. in Kurzumtriebsplantagen) erst mittel- bis langfristig zu einem veränderten Angebot von energetisch und stofflich nutzbarem Holz führen könnte.

Es wird allgemein davon ausgegangen, dass Holz in näherer Zukunft, d.h. bis 2015, keinen signifikanten Beitrag zur Produktion von **Kraftstoffen** wie Bioethanol, BtL oder SNG (Synthetic Natural Gas) leisten wird. Die entsprechenden Technologien (enzymatischer Aufschluss von Lignin zur Ethanolproduktion, Vergasung) stehen derzeit nicht in großtechnischem Maßstab zur Verfügung. In weiterer Zukunft könnte sich dies ändern. Langfristig können möglicherweise größere Potenziale durch die Nutzbarmachung von Holzrohstoffen für Biokraftstoffe erschlossen werden und sich durch indirekte Wirkungen – insbesondere Flächennutzungskonkurrenzen - auf Energiepflanzenanbau und Nahrungsmittelproduktion auswirken. Dies konnte in den BAU Szenarien hier jedoch nicht abgeschätzt werden. Auch die Nutzung der Holzvergasung steckt noch in der Erprobung und ist stark von der weitergehenden technologischen Entwicklung abhängig.

Basierend auf dem Stand der Forschung können keine gesicherten quantitativen Aussagen zum aktuellen globalen Flächenbedarf für den deutschen Konsum forstwirtschaftlicher Produkte gemacht werden. Allerdings deutet sich an, dass für den zu erwartenden inländischen Konsum in Deutschland eine Netto-Flächeninanspruchnahme zu erwarten ist. Basierend auf den Entwicklungen der zu erwartenden Holzstrommengen ist bis 2030 davon auszugehen, dass die in den BAU Szenarien steigende Differenz zwischen Rohholzaufkommen und deutlich zunehmender Rohholzverwendung im Wesentlichen durch Importe gedeckt werden würde. Somit würde die Inanspruchnahme ausländischer Flächen für den Forstsektor zunehmen.

Besondere Beachtung erfordert der **Holzimport** auf Grundlage illegalen Holzeinschlages und nicht nachhaltiger Produktion. Der Tropenholzimport aus illegalen Quellen machte einer Studie der BFH zufolge für das Jahr 2005 knapp 0,7 Mio. m³ (r), wenn die unteren Schätzwerte herangezogen werden. Gemessen an der Tropenholzeinfuhr insgesamt ergeben sich **34% illegale Einschläge**. Mit den oberen Schätzwerten beträgt die Einfuhr von Tropenholz aus illegalem Holzeinschlag sogar 1,3 Mio. m³ (r) oder **65%** der Tropenholzeinfuhr insgesamt. Nach Angaben des WWF stammen in Russland, dem Land mit den drittgrößten Urwaldflächen der Welt, zwischen 25 bis 50 Prozent des Holzes aus illegalen Quellen.

Folglich ist bei der Verwendung von **Holz im Wesentlichen auf effiziente Nutzung insbesondere durch Kaskadennutzung zu achten**: zunächst ist eine wiederholte stoffliche Nutzung von Holz durch teilweise Wiederverwendung und insbesondere Recycling (Holzwerkstoffe, Papier und Pappe) anzustreben und danach eine energetische Verwertung. Auf diese Weise werden die Nutzungsoptionen dieses nachwachsenden Rohstoffes in nachhaltigerer Weise genutzt.

Eine weitere differenzierte Betrachtung der Umweltwirkungen und der Situation in verschiedenen Weltregionen mit Bezug auf den Import nach Deutschland sowie eine Wirksamkeitsanalyse bestehender politischer Steuerungsinstrumente bleibt künftigen Studien vorbehalten.

6.3. Flächennutzung im Inland

Zwischen 2001 und 2006 hat sich die **landwirtschaftliche Nutzfläche in Deutschland** insgesamt nur wenig verändert (minus 0,5%). Wir gehen in den BAU Szenarien von der optimistischen Annahme aus, dass die für 2006 berichtete **LW-Nutzfläche von ca. 16,95 Millionen Hektar über den gesamten betrachteten Zeitraum bis 2030 zur Verfügung stehen wird**¹⁰⁶. Wir gehen weiter unter BAU Bedingungen davon aus, dass auch Grünland bis 2030 auf dem Stand von 2006 (ca. 4,9 Millionen Hektar) verfügbar sein wird (unabhängig von seiner Nutzung).

¹⁰⁶ Zu den weiteren Annahmen zur Entwicklung anderer Flächennutzungsarten siehe Kapitel 2.5.

Was sich aber infolge der in den BAU-Szenarien prognostizierten Entwicklungen ändern wird, ist das Ausmaß des Anbaus von nachwachsenden Rohstoffen auf Ackerland und Dauerkulturen¹⁰⁷. Diese machten in 2006 insgesamt 1,83 Millionen Hektar oder ca. 15% des Ackerlandes aus. **Unter BAU I Bedingungen würden nachwachsende Rohstoffe bis 2030 im Inland insgesamt 3,13 Millionen Hektar Brutto-Produktionsfläche oder ca. 26% des Ackerlandes belegen.** Die treibende Kraft hinter dieser Entwicklung wäre der **Anbau von Biomasse zur energetischen Nutzung**, der in 2030 etwa 86% der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe beanspruchen würde.

Unter den energetischen Nawaro würden nach BAU I Bedingungen in 2030 die schon jetzt verfügbaren **Biokraftstoffe Biodiesel, Pflanzenöl und Bioethanol** mit insgesamt ca. 60% den größten Anteil der inländischen Fläche für energetische Nawaro beanspruchen. Daneben würde **Biogas zur Stromerzeugung** knapp ein Drittel der Fläche für energetische Nawaro einnehmen. BtL, Biogas als Kraftstoff und Pflanzenöl zur Stromerzeugung würden dagegen in 2030 keine wesentlichen Flächenerfordernisse im Inland haben.

Unter **BAU II** Bedingungen würden **nachwachsende Rohstoffe bis 2030** insgesamt **3,57 Millionen Hektar** (3,13 Millionen Hektar in BAU I) Brutto-Produktionsfläche oder **ca. 30% des Ackerlandes in Deutschland** belegen (26% in BAU I). Auch in BAU II wäre der Anbau von Biomasse zur energetischen Nutzung die treibende Kraft hinter dieser Entwicklung, und würde in 2030 ca. 87% der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe beanspruchen.

Die nach den einzelnen Segmenten bestimmte Inlandsfläche für den Anbau von Nawaro deckt sich insgesamt in etwa mit der Größenordnung der durch eine durchschnittliche Ertragssteigerung von 1% p.a. verfügbar werdenden Fläche. Der Rest beträgt in 2030 ca. 0,46 bis 0,83 Millionen Hektar Ackerland auf nicht für Nawaro belegten Flächen (in BAU II bzw. BAU I). Dies entspräche ca. 4% bis 7% des gesamten Ackerlandes (in BAU II bzw. BAU I). Diese Fläche dürfte aller Voraussicht nach für vermehrte **Exporte** eingesetzt werden. Dabei würde der bei Fortschreibung der Steigerungsrate der Exporte von 1991 bis 2001 in 2030 etwa 1,23 Mio Hektar beanspruchen und damit die disponible Fläche von 0,46 bis 0,83 Mio. ha noch deutlich überschreiten. Dies verdeutlicht auch die zunehmende **Konkurrenz zwischen dem Anbau für Nawaro und dem für Nahrungsmittlexporten**.

Dennoch wurde in einer Variante zur BAU-Entwicklung untersucht, welche Effekte sich ergäben, wenn jene in 2030 disponibel erscheinende Fläche von 0,46 bis 0,83 Millionen Hektar Ackerland (in BAU II bzw. BAU I) zur Produktion von BtL (Variante A) oder Biodiesel aus Sonnenblumen (Variante B) verwendet würden und damit den Importbedarf für Biodiesel aus Soja und Palmöl und die damit verbundenen THG

¹⁰⁷ im Folgenden kurz als Ackerland bezeichnet.

Emissionen verringern würde. Dies wird in Kapitel 4.3.2 differenziert dargestellt (dort unter Fragestellung 1). An der Gesamtbewertung der BAU-Entwicklung ändert dies nichts.

Flächenpotenziale zum Anbau nachwachsender Rohstoffe außerhalb der landwirtschaftlichen Nutzung werden nicht signifikant zur Entlastung der Situation beitragen. Ausgehend von rein quantitativen Betrachtungen zum Flächenausmaß konnte kein signifikant entlastendes Flächenpotenzial für den potenziellen Anbau von Nawaro auf Siedlungsbrachen und anderen minder genutzten Flächen ausgemacht werden. Denn deren Potenzial läge real – unter Berücksichtigung der Eignung für den Anbau von Biomasse im Vergleich zu den hochproduktiven Flächen für den Nawaro-Anbau – mit Sicherheit deutlich niedriger als der reine Flächenumfang. Hier zeigt sich, dass künftig nicht noch mehr fruchtbare Ackerflächen zersiedelt werden sollten, zumal denaturierte Flächen nur schwer wieder effizient bewirtschaftet werden können.

Für den **Flächenbedarf für Photovoltaik-Freiflächenanlagen (PV-FFA) ergab sich nach in 2030 ein Flächenbedarf von ca. 3.000 bis 5.000 Hektar (BAU I bis II)**. Im Vergleich zum inländischen Flächenbedarf nach BAU in 2030 für die Strom/Wärmegewinnung aus Anbaubiomasse von bis zu 1 Million Hektar erscheint die Flächeninanspruchnahme nach BAU für PV-FFA gering, eine signifikante Nutzungskonkurrenz ergibt sich daraus nicht. Der Einsatz von PV auf freiem Feld - es ist zu erwarten, dass weiterhin der weitaus überwiegende Teil auf landwirtschaftliche Nutzfläche entfällt - trägt zudem kaum zur Entschärfung der global zunehmenden Flächenknappheit bei. Allerdings benötigt die Stromerzeugung aus Biogas-Mais etwa 10mal soviel Fläche pro Einheit elektrischer Leistung wie Strom durch Photovoltaik.

6.4. Globaler Flächenbedarf für den Konsum agrarischer Waren

Die BAU Entwicklung bedeutet eine erhebliche Ausweitung des globalen Flächenrucksacks von Deutschland. Da die inländische Nachfrage nach Biokraftstoffen in 2030¹⁰⁸ auf die Fläche bezogen nur zu etwa einem Fünftel (19% bis 22%, BAU I bis BAU II) durch inländische Produktion gedeckt werden kann, wird **über die Importe die Flächenbelegung für den Konsum aller agrarischer Waren von ca. 2500 m² pro Person in 2004 auf 2800 bis 2900 m² pro Person¹⁰⁹ (BAU I bis II) in 2030 steigen** (Abbildung 47).

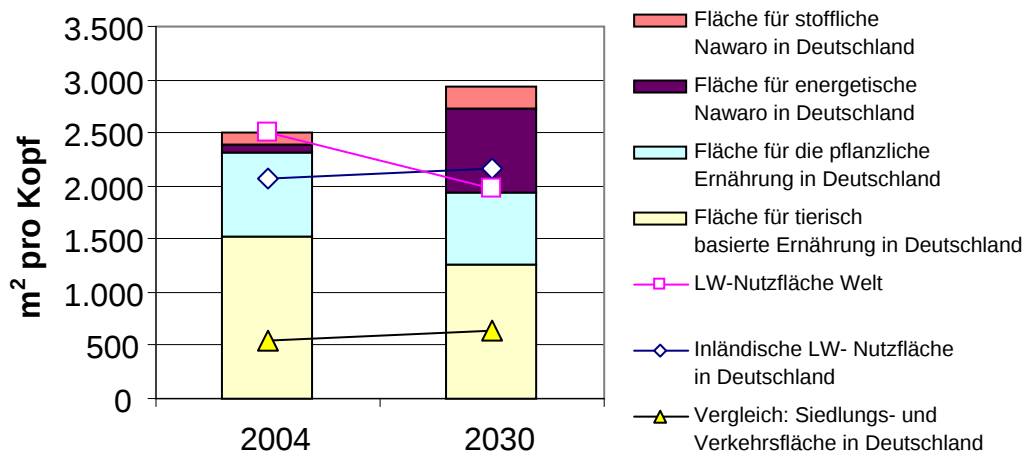
Die BAU-Szenarien bedeuten, dass **die globale Flächeninanspruchnahme von Deutschland 2030 deutlich die im Schnitt weltweit verfügbare agrarisch intensiv**

¹⁰⁸ Diese ergibt sich bis 2020 aus den Erfordernissen nach nationalen bzw. EU-Zielen zum Einsatz von Biokraftstoffen bzw. der Fortschreibung der Absatzentwicklungen in den einzelnen Nawaro-Segmenten, für 2030 wurde in dieser Studie eine Fortschreibung dieser Ziele angenommen.

¹⁰⁹ Für BAU I wurden 2813 m² pro Person, für BAU II 2934 m² pro Person errechnet.

genutzte Fläche (hauptsächlich Ackerfläche) von ca. 2000 m² pro Person übersteigen würde¹¹⁰.

Abbildung 47: Weltweiter Flächenbedarf für den inländischen Verbrauch (aus inländischer Erzeugung plus Einfuhren minus Ausfuhren) von landwirtschaftlich basierten Gütern in Deutschland 2004 und 2030 (2930 m² pro Person BAU II, der Flächenbedarf nach BAU I in 2030 läge bei ca. 2.800 m² pro Person) für die tierisch sowie pflanzlich basierte Ernährung und für stofflich sowie energetisch genutzte Nawaros; Verfügbarkeit inländischer LW-Fläche und intensiv genutzter LW-Fläche ("arable land") weltweit, sowie Vergleich mit der Entwicklung der inländischen Siedlungs- und Verkehrsfläche. Netto-Konsumfläche.



Anmerkung: Die Annahmen und Randbedingungen zur Ableitung der BAU-Werte für 2030 werden in Kapitel 2 dieses Berichts beschrieben.

Die Anforderungen für die Produktion von Energiepflanzen erhöhen den Druck zur Ausweitung der Anbauflächen, der sich durch die zunehmende Nachfrage nach fleischlicher Nahrung weltweit ergibt. Die steigende Nachfrage Deutschlands, insbesondere nach Biokraftstoffen, kann wiederum nur über steigende Importe und eine Ausweitung der global in Anspruch genommenen Fläche gedeckt werden. Betrachtet man allein die Brutto-Produktionsflächen, die für die Importe von Biodiesel in 2030 zusätzlich erforderlich sein werden, so liegen diese zwischen 7,21 und 6,88 Mio. Hektar (BAU I bis II). Durch die Steigerung der Erträge auch auf den Flächen für die Nahrungsmittelproduktion wird wiederum Fläche verfügbar. Dennoch **ergibt sich insgesamt eine Zunahme der globalen Netto-Inanspruchnahme von Anbaufläche. Diese zusätzliche Fläche für den Konsum aller agrarischer Waren beträgt 2030**

¹¹⁰ Dabei stellen die Folgen des Klimawandels mit unbekannten Risiken für die global verfügbaren Anbauflächen einen bedeutenden Unsicherheitsfaktor dar.

im Vergleich zur globalen Flächennutzung 2004 ca. 2,5 bis 3,4 Mio. Hektar (BAU I bis II).

Dies bedeutet, dass Deutschland bei fortgesetzt steigender Nachfrage nach agrarischen Gütern insgesamt und insbesondere für Biokraftstoffe deutlich zu einem erhöhten **Druck zur Ausweitung der globalen Anbaufläche** (und den damit verbundenen Umweltbelastungen) beitragen würde. Um diesen Druck signifikant zu mindern und die eigene Nachfrage der weltweit durchschnittlichen Inanspruchnahme von Anbaufläche anzunähern, **müsste die globale Netto-Flächen-Belegung Deutschlands im Vergleich zu BAU um ein Viertel bis ein Drittel sinken.**

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

Hier stellen sich folgende Fragen:

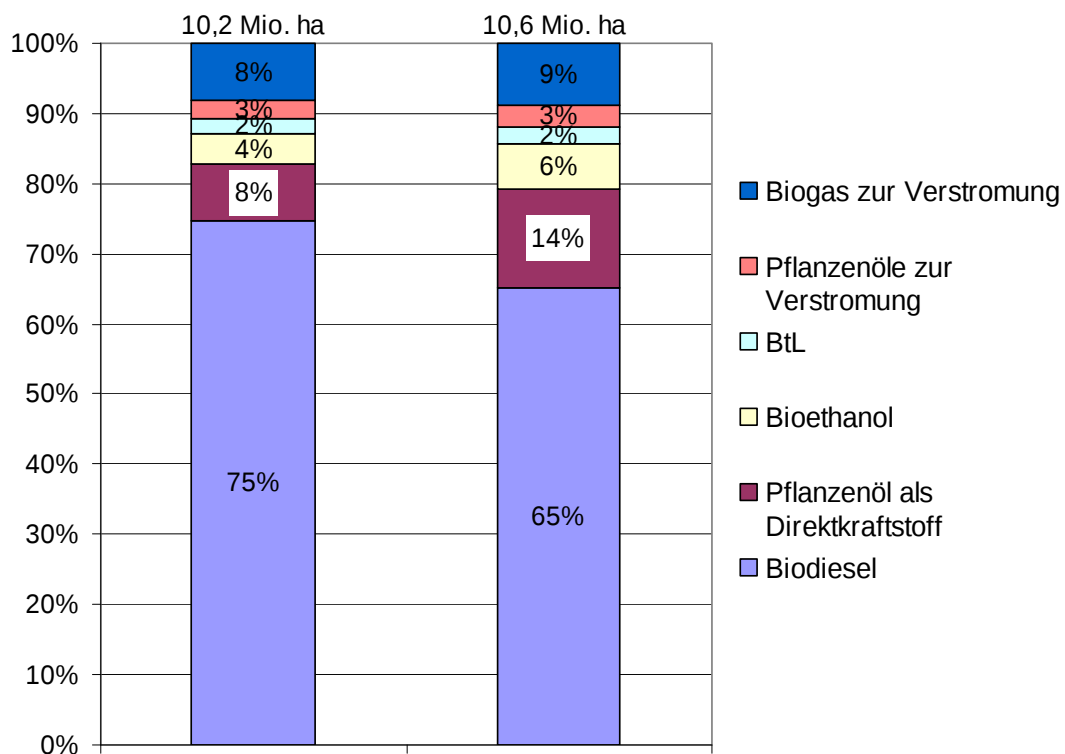
- Soll die gegenwärtig absehbare Entwicklung, die kaum im Sinne einer global nachhaltigen Entwicklung verläuft, weiter so verfolgt werden?
- Welchen Zielwert an globaler Flächennutzung soll die Bundesregierung anstreben?
- Wo soll die damit verbundene Balance zwischen inländischer Produktion und Im- und Exporten von Food- und Non-Food-Biomasse liegen?

Dazu kommt, dass 2030 die inländische LW-Nutzfläche Deutschlands pro Person über der pro Kopf der Weltbevölkerung verfügbaren landwirtschaftlichen Intensivnutzfläche liegen würde. Das heißt, dass eigentlich ein Ausgleich zur Versorgung der Weltbevölkerung über die LW-Produktion in Deutschland erwartet werden sollte, indem Deutschland zum Netto-Exporteur (auch von Fläche) würde. Das Gegenteil wird nach BAU Entwicklung der Fall sein. **Würde die Weltbevölkerung agrarische Güter auf dem Niveau wie in Deutschland konsumieren, so müsste die globale Ackerfläche um 40% bis 50% erweitert werden.**

Haupttreiber für die Zunahme des weltweiten Flächenbedarfs Deutschlands bis 2030 ist die energetische Nutzung von Biomasse (etwa 90% der für Nawaro genutzten Flächen in 2030). Die Fläche für diese Nutzung von energetischen Nawaro in 2030

setzt sich wie folgt zusammen (Abbildung 48). Der Flächenbedarf für Biodiesel nimmt den größten Anteil ein, zusammen machen die sogenannten Biokraftstoffe der ersten Generation etwa 85-87% der energetischen Nawaro aus.

Abbildung 48: Aufteilung des weltweiten Flächenbedarfs für den inländischen Verbrauch (aus inländischer Erzeugung plus Einfuhren minus Ausfuhren) von landwirtschaftlich basierter Biomasse für die energetische Nutzung in Deutschland 2030 - BAU I und BAU II. – Brutto-Produktionsfläche.



Anmerkung: Die Annahmen und Randbedingungen zur Ableitung der BAU-Werte für 2030 werden in Kapitel 2 dieses Berichts beschrieben.

6.5. Alternativszenarienelemente zur Verminderung des globalen Flächenbedarfs Deutschlands

Sollte der **globale Flächenverbrauch Deutschlands bis 2030 auf eine weltweit ausgewogene Basis** gebracht werden, so müsste der inländische Konsum landwirtschaftlicher Waren mindestens so **deutlich reduziert werden**, dass im Vergleich zu Business-as-Usual **etwa 800 m² bis 950 m² pro Kopf bzw. ca. ein Viertel bis ein Drittel weniger Fläche für den Konsum agrarischer Waren** benötigt würde.

Die Betrachtung der alternativen Szenarienelemente zeigt, dass punktuelle Strategien auf der Angebotsseite, wie Ersatz von Biokraftstoffen durch Biogas beim inländischen

Anbau, Verminderung der Tierproduktion, sowie Ersatz der Stromerzeugung aus Anbaubiomasse durch Photovoltaik, zwar einen (unterschiedlichen) Beitrag zur nationalen TGH-Emissionsminderung leisten können, bezogen auf die globale Flächennutzung aber keinen oder nur einen relativ geringen Effekt zeigen würden.

Eine Veränderung des Verbrauchs ist daher zum Erreichen einer global ausgewogenen Flächennutzung unumgänglich.

Allein eine Verringerung des Treibstoffverbrauchs der Pkw-Fahrzeugflotte um ca. 30% (entsprechend der diskutierten Begrenzung des CO₂-Ausstoßes auf maximal 130 g pro km) würde den globalen Flächenverbrauch Deutschlands für den Konsum landwirtschaftlich basierter Güter mittelfristig um etwa 500 m² pro Kopf vermindern, wenn dabei gleichzeitig auf den Einsatz von Biokraftstoffen verzichtet würde. Der Klimaschutzeffekt dieser Maßnahme wäre deutlich größer als der Quoteneinsatz von Biokraftstoffen.

Auch eine Verminderung des Verbrauchs tierisch basierter Ernährung auf ein Niveau, das von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung empfohlen wird, würde einen Netto-Einspareffekt von bis zu etwa 500 m² landwirtschaftliche Fläche pro Kopf erbringen.

Beide Maßnahmen zusammengenommen wären ausreichend, damit in der Gesamtbilanz der inländische Konsum von Agrarprodukten durch die im Inland vorhandenen Landwirtschaftsflächen gedeckt werden könnte.

Zusätzlich könnte eine Verminderung des Anteils nicht verwerteter Lebensmittel einen Einspareffekt von mindestens 200 m² pro Kopf erbringen, wobei noch offen bleibt, welches zusätzliche Potenzial sich durch Verminderung der Verluste im Handel ergeben würde.

Sowohl die Konsumveränderung als auch die Verminderung von Lebensmittelverlusten würde sich auch synergistisch auf den Klimaschutz auswirken.

Insgesamt wäre ein Einsparpotenzial möglich, welches wesentlich zu einer nachhaltigeren Entwicklung mit Bezug auf den globalen landwirtschaftlichen Flächenbedarf Deutschlands beitragen würde und sogar einen gewissen Raum böte zur Produktion von Biomasse für die primär stoffliche Verwendung (z.B. in Bioraffinieren) und für die Nahrungsmittelversorgung zur Deckung des wachsenden weltweiten Bedarfs. Das Potenzial könnte de facto nur über Maßnahmen zur Veränderung des Verbrauchs genutzt werden, wobei diese sich synergistisch auf den Ressourcen- und Klimaschutz auswirken würden.

Eine Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse aus den Alternativ-szenarienelementen zeigt die folgende Tabelle 69.

Tabelle 69: Die wesentlichen Ergebnisse aus den Alternativszenarienelementen im Überblick.

Angebotsseitig	Einsparpotenzial Globale Flächenbelegung (2030)	Einsparpotenzial THG-Äquivalente
Biogas statt Biokraftstoffe	c) konstant d) 0,01 ha/Kopf (100 m ² pro Kopf)	15,8 – 17,9 Mio. Tonnen n.a.
PV statt Biogas	0,01 ha/Kopf (100 m ² pro Kopf)	2,7 – 3,0 Mio. Tonnen
Verminderung inländische Tierproduktion	+/- bei gleichem Konsum	+/- bei gleichem Konsum
Verbrauchsseitig		
Verminderung tierisch basierte Ernährung	0,04 – 0,05 ha/Kopf 400 bis 500 m ² pro Kopf	n.a. (synerg.)
Verminderung Verluste Nahrungsmittel	Ca. 0,02 ha/Kopf ca. 200 m ² pro Kopf	n.a. (synerg.)
Emissionsminderung 130 g CO ₂ /km	0,05 – 0,06 ha/Kopf 500 bis 600 m ² pro Kopf	29,6 Mio. Tonnen 26% Diesel, 30% Benzin

a: Biogas auf ehemaligen Biokraftstoffflächen im Inland

b: Biogas ersetzt Energie von Biokraftstoffen aus Anbau im Inland

Quelle: diese Studie.

6.6. Umweltwirkungen der Verwendung von agrarischen Rohstoffen

Dieser Teil der Studie hatte eine vergleichende Analyse und Bewertung von Umweltwirkungen bezogen auf einen Hektar Anbaufläche für Nawaro und bezogen auf die BAU-Szenarien insgesamt zum Ziel. Dies jeweils im Vergleich zu einem substituierbaren Produkt auf nicht nachwachsender Materialbasis.

Zum einen wurden ausgewählte exemplarische Vergleiche angestellt, mit der Fragestellung, wofür ein Hektar, der nicht für die Nahrungsmittelversorgung benötigt wird, sinnvoller Weise verwendet werden sollte, um die Umwelt möglichst zu entlasten. Dabei liegt der Fokus auf dem Treibhauspotenzial und dem nicht erneuerbaren (fossilen) Energieverbrauch.

Bei Anlegen des Mittelwertes der Ökobilanzdaten werden nach BAU I pro Hektar LW-Fläche ca. 2,6 Tonnen Treibhausgase eingespart (3,5 t pro ha nach BAU II). Die Spannweite reicht von 1,5 bis 3,8 Tonnen pro Hektar (von 2,1 bis 4,9 t pro ha bei BAU II). Einzelne Nawaro-Segmente zeigen dagegen deutlich höhere spezifische Potenziale zur Verminderung des THP. Ein relativ hohes THG Minderungspotenzial pro Fläche ergibt sich bei der Verwendung von BtL (ca. 11 Tonnen pro Hektar).

Zum anderen wurde der **Gesamteffekt der BAU-Szenarien** abgeschätzt. Diese Betrachtung wurde für energetische Nawaro durchgeführt, zunächst unter der Prämisse, dass **der Anbau nur auf bestehenden Flächen stattfinden würde (Komponente 1)**. Im zweiten Fall lag der Schwerpunkt auf der Hochrechnung der Treibhausgasemissionen, die durch eine **veränderte Flächennutzung** induziert werden, weil die **zur Deckung des Bedarfs an Biodiesel und der gesamten energetischen Anbaubiomasse erforderliche Flächeninanspruchnahme zu einer Ausdehnung der globalen Ackerfläche auf Kosten von Naturflächen führen wird (Komponente 2)**. Der Nettoeffekt beider Komponenten zeigt an, ob insgesamt Treibhausgase vermindert oder zusätzlich emittiert würden.

Eine Übersicht der Ergebnisse für Treibhausgasemissionen mit Bezug auf die Nutzung von Nawaro in Deutschland im Jahre 2030 zeigt Tabelle 70.

Die BAU-Analysen haben ergeben, dass zur Bereitstellung des zu erwartenden Verbrauchs insbesondere von Biokraftstoffen ein erheblicher zusätzlicher Flächenbedarf entsteht. Besonders flächenintensiv ist dabei die Versorgung mit Biodiesel, wobei die nötigen Importe aller Voraussicht nach überwiegend auf der Basis von Palmöl und Soja erzeugt werden. Der zusätzliche Flächenbedarf kann – bei regional und weltweit unvermindert hoher anderweitiger Nachfrage nach agrarischen Gütern – nur durch eine Ausweitung der Anbauflächen in den Exportländern gedeckt werden. Damit verbunden ist die Rodung (meist Brandrodung) und der Umbruch von Naturflächen, wodurch es zu zusätzlichen THG Emissionen kommt.

Daher wurden die folgenden zwei Fragestellungen untersucht:

- (1) Welche THG-Emissionen können sich bei BAU-Entwicklung durch den Mehrbedarf an Nawaro ergeben, wenn dieser durch Flächennutzungsänderung gedeckt wird? Die Berechnung erfolgte bezogen auf den Nawaro-Mehrbedarf in 2030 gegenüber 2004 nach BAU, und zwar konkret bezogen auf den Mehrbedarf für Biodiesel auf Basis von Palmöl und Sojaöl.
- (2) Welche THG-Emissionen ergeben sich aller Voraussicht nach in Folge des Netto-Flächen-Mehrbedarfs durch den gesamten Verbrauch landwirtschaftlich basierter Güter? Hier wird berücksichtigt, dass die für die Ernährung erforderlichen Flächen in Folge von Ertragssteigerungen sinken werden und hierdurch die zunehmende Nachfrage durch Nawaro teilweise kompensiert wird.

Die zweite Fragestellung berücksichtigt die THG-Emissionen, die in Folge von indirekten Landnutzungsveränderungen zu erwarten sind, die unter den gegebenen Trends auf Grund der *mindestens* anzunehmenden Ausdehnung der mit dem deutschen Verbrauch verbundenen Anbaufläche zu erwarten sind. *Diese Emissionen sind selbst dann zu erwarten, wenn die Maßgaben der vorgesehenen*

NachhaltigkeitsVO¹¹¹ zur Folge hätten, dass die von Deutschland importierten Biokraftstoffe nicht von Flächen importiert werden, die nach einem Stichtatum von Naturflächen umgewandelt worden sind. Denn die gestiegene Netto-Flächen-Inanspruchnahme hätte zur Folge, dass zwangsläufig an anderer Stelle eine Ausweitung der Anbaufläche induziert würde.

Die Ergebnisse zu Frage (1) zeigen, dass der voraussichtliche Verbrauch von **Biodiesel** bei Anlegen der Standardemissionswerte **2030 ca. 23 bis 37 Mio. Tonnen (BAU I bis II) mehr Treibhausgase durch Inanspruchnahme von Produktionsflächen im Ausland freisetzen würde, als insgesamt durch den Einsatz von Biodiesel eingespart werden könnten**. Das wären deutlich mehr zusätzliche THG Emissionen als der Einspareffekt durch Biodiesel ausmachen würde (1,7-mal so viele THG bei BAU I, 2,2-mal bei BAU II).

Die Produktion der **gesamten verbrauchten Anbaubiomasse für energetische Zwecke** würde bei Anlegen der Standardemissionswerte **2030 ca. 12 bis 19 Mio. Tonnen (BAU II) mehr Treibhausgase durch Inanspruchnahme von Flächen im Ausland für Importe von Biodiesel freisetzen**, als insgesamt durch den Einsatz von energetischer Biomasse eingespart werden könnten. Das wären etwa um die Hälfte mehr THG Emissionen als der Einspareffekt durch Energiepflanzen ausmachen würde.

Die negative Bilanz von Biodiesel könnte gemildert aber nicht positiv gestaltet werden, wenn im Inland disponible Flächen nicht wie aller Voraussicht nach zu erwarten für Exporte sondern z.B. für den Anbau von BtL-Pflanzen eingesetzt würden, um so die Notwendigkeit von Importen zu reduzieren.

Die Ergebnisse zu Frage (2) zeigen, dass **auch bei Berücksichtigung der Entwicklung der globalen Flächenbelegung durch den Verbrauch aller agrarischen Güter der voraussichtliche Einsatz von Biodiesel in 2030 einen Netto-Effekt von nur noch einer Million Tonnen Emissionsminderung bis 10 Mio. Tonnen THG Mehremissionen (BAU I bis II) ausmachen würde**. Der Gesamteffekt der Einsparung durch energetische Nawaro würde um 52% bis 77% vermindert (BAU I bzw. BAU II).

Bei Fortdauer der voraussichtlichen Trends würde es vor dem Zeitraum 2039 bis 2050 nicht zu einer Netto-Klimaentlastung durch die von Deutschland importierten Dieselmengen kommen.

In jedem Fall würde eine solche Entwicklung dazu beitragen, die Anstrengungen in Deutschland, den Klimaschutz voran zu bringen, zu unterlaufen. Vielmehr würde ein zusätzlicher Beitrag zur globalen Erwärmung geleistet – verursacht durch den zusätzlichen globalen Flächenbedarf von Deutschland. Weitere gravierende

¹¹¹ Entwurf einer Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Erzeugung von zu Biokraftstoffen verwendeter Biomasse (Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung – BioNachV), Stand 24.10.2007

Umweltwirkungen wie ein fortschreitender Verlust der Biodiversität in den Anbauländern wären zudem zu erwarten.

Für stoffliche Nawaro existiert bislang keine Grunddatenbasis, die eine sinnvolle Berechnung der Umweltwirkungen der stofflichen Nawaro-Segmente zuließe. Hier ergibt sich weiterer Forschungsbedarf.

Tabelle 70: Übersicht zu den Ergebnissen für Treibhausgasemissionen mit Bezug auf die Nutzung von Nawaro in Deutschland im Jahre 2030.

Deutschland im Jahre 2030		Fragestellung 1		Fragestellung 2	
		a) Bezug: Bruttoproduktionsfläche für Biodiesel		b) Bezug: Nettokonsumfläche Mehrbedarf für agrarische Güter gegenüber 2004	
		BAU I	BAU II	BAU I	BAU II
1.) Flächenbedarf in Mio. Hektar		7.21	6.88	2.49	3.44
davon: Palmölanbau Indonesien		0.56	1.09	0.19	0.55
davon: Sojaanbau Brasilien		6.65	5.79	2.29	2.89
2.) THG Emissionen absolut aus LUC in Mio. t CO ₂ -Äquivalente (Komponente 2)	a	37	54	13	27
3.) THG Minderung durch Biodiesel (Komponente 1)	b	-14	-17	-14	-17
Netto-Effekt THG für Biodiesel	a plus b	23	37	-1	10
Zeit bis Einsparung		2040	2050		
4.) THG Minderung durch Biomasse (Komponente 1)	c	-25	-35	-25	-35
Netto-Effekt THG für Biomasse	a plus c	12	19	-12	-8
5.) Sensitivitätsanalysen zu 2.) in Mio. t CO ₂ -Äquivalente					
5.1. Höherer Anteil Regenwald, Torfbodenanteil bis 2030 nicht ansteigend (Komponente 2)	a.1.	53	64	18	32
Faktor gegenüber Normalvariante	a.1. / a	1.4	1.2	1.4	1.2
5.2. BtL auf disponibler Ackerfläche Inland (Komponente 2)	a.2.	17	42		
dgl. minus Einsparung durch Anbau im Inland	a.2.1.	7	36		
5.3. Biodiesel aus Sonnenblumen auf disponibler Ackerfläche Inland (Komponente 2)	a.3.	30	49		
dgl. minus Einsparung durch Anbau im Inland	a.3.1.	27	48		

Quelle: diese Studie.

6.7. Die wichtigsten Instrumente zur Steuerung einer nachhaltigen Flächennutzung und Versorgung mit Nawaro

Die Instrumente werden unter dem Gesichtspunkt betrachtet, in wieweit sie dazu beitragen, dass

- (1) die Bewirtschaftung der Flächen so erfolgt, dass die Erträge an Biomasse für Ernährung und stoffliche sowie energetische Verwendungen möglichst erhöht werden, bei gleichzeitiger Verminderung der Umweltbelastungen und Förderung der Biodiversität. Hier werden vorrangig die Instrumente der Gemeinsamen Agrarpolitik der Europäischen Union (GAP) betrachtet, die diesen Optimierungsprozess über Anforderungen an **Quantität und Qualität der landwirtschaftlichen Produktion** steuern.

- (2) Die Ausdehnung der globalen Landwirtschaftsfläche zu Lasten von natürlichen Ökosystemen insbesondere in tropischen Ländern sollte vermindert und letztlich gestoppt werden. Bei gegebenen Verhältnissen in diesen Ländern wird die Ausdehnung der Anbaufläche wesentlich durch die Nachfrage nach Nahrung und ihren Produkten, insbesondere Biokraftstoffen, bestimmt. Daher werden hier vor allem solche Instrumente betrachtet, die den **Umfang der Nachfrage** bestimmen. Auch die Rahmensetzung über die inländische Raumordnung einerseits und die Instrumente des Agrarhandels andererseits werden diskutiert im Hinblick auf ihren Einfluss auf die **Balance zwischen inländischer und ausländischer Produktion** zur Deckung der inländischen Nachfrage.

Besonders relevant ist die seit der **GAP-Reform** im Jahr 1992 angestrebte und in der Agenda 2000 fortgeführte **Verschiebung der Zielsetzung** von der Produktivitätssteigerung hin zu Direktzahlungen für die ordnungsgemäße Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen. In diesem Kontext könnten Beihilfen für verschiedene Leistungen zum Schutz der Umwelt beim Anbau nachwachsender Rohstoffe zum Tragen kommen. Agrarumweltmaßnahmen könnten eingesetzt werden, um negative Begleiterscheinungen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in der EU zu begrenzen.

Betrachtet werden im Einzelnen die Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der **Guten Fachlichen Praxis** und Ausgestaltung der **cross-compliance** (z.B. die Begrenzung der Fruchtfolgeanteile), die **Energiepflanzenprämie** und der **Schutz des Dauergrünlandes**.

Insgesamt zeigt sich, dass die **Instrumente im Bereich der GAP** zum einen dazu beitragen, die Umweltverträglichkeit der Landbewirtschaftung auf den Flächen innerhalb der EU zu fördern. Zum anderen besteht bei der bisher hauptsächlich verfolgten Strategie, eine Umweltentlastung durch Extensivierung zu erreichen, die **Tendenz letztlich mehr Fläche zu benötigen**. Dies hat zur Folge, dass zusätzliche Flächenerfordernisse, insbesondere zur Abdeckung des voraussichtlichen Bedarfs an Biokraftstoffen, verstärkt über Importe realisiert werden müssten, wodurch es letztlich zur **Verlagerung** von Umweltbelastungen kommt. Diese Tendenz wird durch die Förderung des Energiepflanzenanbaus einerseits und das Festhalten am Bestand des Grünlandes andererseits unterstützt.

Daher sind flächenaufwändige **Extensivierungsprogramme kritisch** zu hinterfragen. Stattdessen sollten intensive Anbauformen erforscht, entwickelt und gefördert werden, die zum einen hochproduktiv und zum anderen umwelt- und landschaftsverträglich sind. Dies schließt den Ökolandbau grundsätzlich mit ein.

Die **Instrumente zur umweltverträglichen Gestaltung der Biomasseproduktion sind allein nicht ausreichend**, um eine nachhaltige Flächennutzung und Versorgung sicher zu stellen. Dazu **bedarf es vorrangig des Einsatzes bzw. der Anpassung von**

Instrumenten, die die Nachfrage insbesondere nach energetisch genutzten Nawaro entscheidend bestimmen.

Als wichtige nachfrageorientierte Instrumente werden das **Biokraftstoffquotengesetz** und das **Erneuerbare Energien Gesetz** betrachtet. **Insbesondere die Vorgabe der derzeit anvisierten Biokraftstoffquoten erscheint äußerst problematisch, da ihre Umsetzung nur über vermehrte Umweltbelastungen in anderen Regionen möglich wäre.** Hierzu werden im Einzelnen Schlussfolgerungen und Politikempfehlungen formuliert (s.u.).

Auf die **Raumordnung und Landesplanung** sowie auf den **Agrarhandel** wird nur kurz eingegangen, um die grundsätzliche Relevanz der Instrumentarien zu skizzieren. Näher betrachtet wird die voraussichtliche Wirksamkeit der **Produktzertifizierung**, die im Lichte der hier vorgestellten Analysen zur gesamten globalen Flächeninanspruchnahme Deutschlands als alleiniges Instrument **nicht geeignet** ist, **bei unverminderten Nachfragetrends die Ausdehnung der Agrarfläche und die damit verbundenen Umweltbelastungen (Verlust an Biodiversität, zusätzliche THG Emissionen) zu verhindern.**

7. Schlussfolgerungen und Politikempfehlungen

7.1. Schlussfolgerungen

Die Nutzung von Anbaubiomasse für energetische Zwecke ist eine relativ ineffiziente Form, Solarenergie zu speichern, da in der Regel nur ein kleiner Teil der eingestrahlten Energie genutzt werden kann¹¹² und deshalb auch die Nutzung sämtlicher Anbaubiomasse weltweit nicht ausreichen würde, den Bedarf an Energie zu decken¹¹³. Das bedeutet, dass Biomasse stets nur einen Teil dazu beitragen kann. Dieser Beitrag sollte ökologisch, ökonomisch und sozial optimiert sein.

Langfristig erscheint es sinnvoller, Non-Food-Biomasse zunächst stofflich zu verwenden, um danach den Energiegehalt der Abfälle zu nutzen. Eine solche Kaskadennutzung kann dabei mehrere Stufen stofflichen Recyclings durchlaufen (wie z.B. bei Papier) bevor der Energiegehalt letztlich ebenfalls genutzt wird.

Die energetische Verwertung von biotischen Reststoffen ist in den allermeisten Fällen ökologisch sinnvoll.

7.1.1. Schlussfolgerungen zu landwirtschaftlichen Produkten

Die sich bei Fortdauer der relevanten Trends abzeichnende Entwicklung in den Business-as-Usual (BAU) Szenarien bedeutet jedoch:

- eine drastische Erhöhung der Nutzung von Biokraftstoffen der ersten Generation;
- einen zunehmenden Einsatz von Non-Food-Biomasse für die primär energetische Verwendung. Biomaterialien machen nur ein Fünftel der Nawaro (ohne Holz) aus;
- eine erhebliche Ausweitung des globalen Flächenrucksacks von Deutschland.

Die steigende inländische Nachfrage nach Biokraftstoffen kann 2030 bezogen auf die Fläche nur zu etwa einem Fünftel durch inländischen Anbau gedeckt werden, der Rest muss über Importe bereitgestellt werden.

Durch die Importe hauptsächlich von Biokraftstoffen steigt die globale Flächenbelegung Deutschlands bei Fortdauer der relevanten Trends bis 2030. Allein für den Import von Biodiesel würden dann im Vergleich zu 2004 zusätzlich 6,9 bis 7,2 Millionen Hektar in tropischen Ländern für den Anbau von Soja und Palmöl benötigt.

¹¹² Nur geringe 0,1% beträgt die natürliche Umwandlungsrate von Sonnenenergie in nutzbare Biomasse. In Agrarökosystemen liegt sie bei günstigen Bedingungen bei 5 % (Odum 1980).

¹¹³ Einem weltweiten Primärenergieeinsatz von 402 EJ steht ein globales technisches Potenzial von ca. 104 EJ biogener Festbrennstoffe (aus Land- und Forstwirtschaft, Energiepflanzen, Dung) gegenüber (WBGU, 2003).

Bezieht man den Verbrauch sämtlicher agrarischer Güter ein, so ergeben sich potenzielle Entlastungseffekte durch Ertragssteigerungen bei der Nahrungsmittelproduktion. Doch selbst bei einer solchen Gesamtbilanzierung steigt die globale Flächenbelegung Deutschlands insgesamt bis 2030 aller Voraussicht nach netto um 2,5 bis 3,4 Millionen Hektar.

Das heißt, **eine BAU-Entwicklung führt zu einer Ausweitung der global intensiv bewirtschafteten Anbaufläche**. Auch eine **Produktzertifizierung**, die vorschreibt, dass die Importe nicht von umgewandelten Naturflächen stammen, **vermag dies nicht zu verhindern**. Denn selbst wenn dies für die eingeführten Produktchargen gälte, könnte der Nettobedarf an zusätzlicher Anbaufläche nur durch indirekte Landnutzungsänderungen an anderer Stelle gedeckt werden.

Hierbei ist auch zu bedenken, dass die Erträge der Nahrungsmittelproduktion zwar in etwa mit dem Wachstum der Weltbevölkerung Schritt halten, jedoch durch die **zunehmende Nachfrage nach Tier basierter Ernährung in den Entwicklungs- und Schwellenländern der Druck drastisch steigen wird, die Anbauflächen auszuweiten**. Dies wird **durch die weltweit wachsende Nachfrage nach Energiepflanzen deutlich verstärkt**. Auch wenn Deutschland daran einen vergleichsweise kleinen Teil beansprucht, wäre die **Signalwirkung** des hier verfolgten Weges auch auf andere Länder zu bedenken. Würden die deutschen Produktions- und Konsummuster weltweit übernommen, so zeigt die hier durchgeführte Gesamtbilanzierung, würde die weltweite intensiv bewirtschaftete Anbaufläche bis 2030 um 40% bis 50% ausgeweitet werden müssen, dass sich die Schere zwischen aktueller Nutzung und Nachfrage nach Anbaufläche zunehmend öffnen würde.

Haupttreiber für die Zunahme des weltweiten Flächenbedarfs Deutschlands bis 2030 ist die primär energetische Nutzung von Anbaubiomasse, hauptsächlich für Biokraftstoffe der ersten Generation. Bei der zu erwartenden BAU-Entwicklung würde der Anteil der Biokraftstoffquote 2020 13,8% bis 19,1% und 2030 20,3% bis 25,7% (jeweils bezogen auf den Energiegehalt) ausmachen. Damit würde die Spanne zwischen BAU I und BAU II eine Entwicklung abbilden, bei der **das 2007 formulierte "Meseberg-Ziel"** für 2020 (17% energetisch = 20% bezogen auf Volumenanteile) im Mittel erreicht und die mit der Entwicklung verbundene Dynamik fortgesetzt werden würde.

Im **April 2008** hat das BMU die **Anpassung des nationalen Biokraftstoffzieles für 2020** auf 12-15% energetisch bekannt gegeben (BMU, 2008). Das hier vorgestellte BAU I Szenario erreicht zentral diesen neuen Zielkorridor. Die Ergebnisse belegen, dass die mit der Begrenzung der Bioethanolquote einhergehende **Zielkorrektur zwar in die richtige Richtung zeigt, jedoch nicht ausreicht, um die vor allem durch die Biodieselnachfrage induzierten Probleme zu lösen**, die im Bericht aufgezeigt werden (siehe auch „Vorbemerkung“ zu diesem Bericht).

Hauptverantwortlich für die erhebliche Zunahme des globalen Flächenbedarfs ist dabei die Nachfrage nach Biodiesel. Dieser wird bei Fortdauer der gegenwärtigen Gegebenheiten und Trends aller Voraussicht nach – auch im Fall einer Zertifizierung – vorwiegend auf der Basis von Soja und Palmöl produziert werden.

Damit läuft die BAU-Entwicklung auf die direkte und indirekt induzierte Ausdehnung der Anbaufläche zu Lasten von natürlichen Ökosystemen hinaus, insbesondere von Grasländern, Savannen und Wäldern in tropischen Regionen. Dies bedeutet einen entsprechenden hohen Verlust an Biodiversität, da in der Regel artenreiche Ökosysteme betroffen sind, teilweise die artenreichsten Naturflächen, die die Erde noch aufzuweisen hat.

Dazu kommt, dass der ursprünglich beabsichtigte Zweck in Frage steht, mit dem gesteigerten Einsatz von Bioenergie und insbesondere Biokraftstoffen zum Klimaschutz beizutragen. Beim voraussichtlichen Einsatz von Biodiesel ist das Gegenteil der Fall.

Durch die direkt und indirekt induzierte Ausweitung der Anbauflächen in tropischen Ländern werden zur Deckung der deutschen Nachfrage nach **Biodiesel in 2030** aller Voraussicht nach **netto 23 bis 37 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente zusätzlich** emittiert werden. Bei Anrechnung der Flächenfreisetzung durch Ertragssteigerungen im Ernährungsbereich ergibt sich ein Gesamteffekt von **einer Million Tonnen Minderung bis zusätzlich 10 Millionen Tonnen emittierter CO₂-Äquivalente**.

Der **Gesamteffekt** der Einsparung von Treibhausgasemissionen durch energetische Nawaro würde durch den voraussichtlichen Einsatz von Biodiesel **um 52% bis 77% vermindert** (BAU I bzw. BAU II). Einsparungen von 25 bis 35 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten würden Mehremissionen von 13 bis 27 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten gegenüberstehen, wenn der Verbrauch aller agrarischen Güter berücksichtigt wird und Flächenfreisetzung in der Nahrungsmittelproduktion einbezogen werden¹¹⁴. Betrachtet man nur die Produktion der Bioenergieträger, so bliebe die Bilanz negativ, da die Mehremissionen durch direkte und indirekte Landnutzungsänderungen 37 bis 54 Millionen Tonnen betragen würden.

Selbst wenn es nach 2030 zu einer Stabilisierung des Umfangs der Anbauflächen käme, wäre ein **Einspareffekt** durch den Einsatz von Biodiesel **nicht vor** einem Zeitraum von ca. **2040 bis 2050 zu erwarten**.

In jedem Fall würde eine solche Entwicklung die Anstrengungen in Deutschland, den Klimaschutz voran zu bringen, unterlaufen. Bei weiterer Verfolgung der Quotenziele für Biokraftstoffe (nationales Biokraftstoffziel 12%-15% für 2020) und der damit verbundenen Dynamik würden die Einspareffekte insbesondere durch Mehremissionen

¹¹⁴ diese würden geringer ausfallen, wenn z.B. in Folge des Klimawandels die weltweiten Ertragssteigerungen in den kommenden Dekaden durchschnittlich unter 1% p.a. lägen.

beim Biodiesel deutlich gemindert. Weitere gravierende Umweltwirkungen wie ein fortschreitender Verlust an Biodiversität wären zudem zu erwarten.

BAU bedeutet auch eine zunehmende Konkurrenz von Food- und Non-Food-Biomasse, steigende Preise für Nahrungsmittel und traditionelle Rohstoffe. Dies wurde in einem parallel durchgeführten Projekt für das BMWi untersucht (Wuppertal Institut und RWI, 2008).

Die Entwicklung der Hektarproduktivitäten bis 2030 ist ein grundlegender Parameter für die BAU-Szenarien und wurde durch eine eigene neue Expertenbefragung ermittelt. Die von uns ermittelten Werte liegen niedriger als in vorigen Studien, die maßgeblich als Grundlage der gegenwärtigen Förderpraxis herangezogen wurden. Auch deshalb wäre eine Überprüfung der aktuellen Handlungsziele angeraten.

Maximalvarianten des Ersatzes fossil (bzw. nicht nachwachsend) basierter Materialien durch Biomasse verdeutlichen die Größenordnung der möglichen Auswirkungen eines verstärkten Einsatzes von Biomasse auf den inländischen bzw. globalen Flächenbedarf. Um nur wenige Beispiele zu nennen:

- Der Ersatz aller organischen Rohstoffe in der chemischen Industrie durch pflanzliche Nawaro würde das Fünffache der Anbaufläche für Nawaro in Deutschland erfordern, oder ca. 58% des gesamten Ackerlandes bzw. ca. 40% der LW-Nutzfläche in Deutschland (jeweils bezogen auf 2005).
- Der Ersatz aller Schmierstoffe mit Bioschmierstoffen aus Rapsöl würde den Umfang von ca. 68% der Anbaufläche für Raps und Rübsen oder ca. 11% des gesamten Ackerlandes in Deutschland benötigen (Bezug 2005).
- Sollte der Dieserverbrauch in Deutschland in 2030 zu 100% durch Biodiesel aus Raps gedeckt werden, so erforderte dies das gesamte Ackerland in Deutschland bzw. ca. drei Viertel der LW-Nutzfläche in Deutschland 2005.

Generell ist die Nutzung von Biomasse in stationären Anlagen zur Strom und Wärmerzeugung (z.B. auf der Basis von Mais/Biogas/KWK) bezogen auf den Energieertrag und die vermiedenen THG Emissionen pro eingesetzter Fläche effizienter als der Einsatz der Biomasse für Kraftstoffe der ersten Generation. Nicht Biomasse basierte Strategien (z.B. PV anstelle Mais/Biogas) lassen insgesamt eine noch größere Entlastung bezogen auf die Minderung von THG pro genutzter Fläche erwarten. Der Einsatz von PV auf freiem Feld trägt jedoch kaum zur Entschärfung der global zunehmenden Flächenknappheit bei. Die Ergebnisse sollten daher **n i c h t** so interpretiert werden, dass daraus eine Empfehlung zur flächendeckenden Installation von Freiland-PV abgeleitet wird. PV-Anlagen sollten – auch vor dem Hintergrund der nationalen und globalen Flächenknappheit – vorrangig auf Dach- u. Fassadenflächen zur Anwendung kommen. Die Analyse zeigt jedoch, dass auch die Mais/Biogas-Technologie eine Umwelt bezogen vergleichsweise ineffiziente Art und Weise des Klimaschutzes darstellt. Längerfristig ist - auch im europäischen Verbund - von der

Anwendung von mineralisch basierten Technologien zur Nutzung von Solarenergie ein höheres Potenzial als von der Nutzung von Anbaubiomasse zu erwarten.

Die Untersuchung der alternativen Szenarienelemente hat gezeigt:

- punktuelle Strategien auf der Angebotsseite wie Ersatz von Biokraftstoffen durch Biogas beim inländischen Anbau, Verminderung der Tierproduktion, sowie Ersatz der Stromerzeugung aus Anbaubiomasse durch Photovoltaik tragen zwar (unterschiedlich) zur TGH-Emissionsminderung bei;
- bezogen auf die globale Flächennutzung haben sie aber keinen oder nur einen relativ geringen Entlastungseffekt (d.h. die THG-Minderung geht zu Lasten der räumlichen Problemverlagerung).

Eine Veränderung des Verbrauchs ist daher für eine global ausgewogene Flächennutzung unumgänglich.

In wie weit die **globale Flächenbelegung Deutschlands** sich **im internationalen Kontext** ausgewogen entwickelt, lässt sich, bezogen auf die intensiv bewirtschafteten Anbauflächen durch den Vergleich mit der global pro Kopf genutzten Fläche, feststellen. **2030 würde Deutschland bei BAU-Entwicklung pro Kopf 2.800 bis 2900 m²** intensiv genutzte Landwirtschaftsfläche belegen. Nach den Prognosen der FAO würden dann **im Weltdurchschnitt pro Kopf ca. 2.000 m²** Anbaufläche ("arable land and permanent cultures") genutzt werden¹¹⁵. Der Unterschied bemisst den Druck, der durch den deutschen Verbrauch in Richtung einer Ausweitung der globalen Anbaufläche ausgeübt wird. Soll die globale Flächennutzung sich einer eher ausgewogeneren Größenordnung annähern, so **müsste sie im Vergleich zu BAU bis 2030 um ein Viertel bis ein Drittel (konkret etwa 800 m² bis 950 m² pro Kopf) vermindert werden.**

Eine langfristig angelegte **Verminderung des Verbrauchs tierisch basierter Ernährung** auf ein Niveau, das von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung empfohlen wird, brächte einen Netto-Einspareffekt von bis zu etwa **500 m² pro Kopf**.

Eine **Verminderung des Anteils nicht verwerteter Lebensmittel** könnte einen Einspareffekt von mindestens **200 m² pro Kopf** erbringen (ohne zusätzliches Potenzial durch Verminderung der Verluste im Handel).

Sowohl die Konsumveränderung als auch die Verminderung von Lebensmittelverlusten würde sich auch **synergistisch auf den Klimaschutz** auswirken.

Ein weiterer signifikanter Beitrag könnte durch **Verringerung des Treibstoffverbrauchs der Fahrzeugflotte** um ca. 30% erreicht werden (entsprechend der diskutierten Begrenzung des CO₂-Ausstoßes bei Pkw auf maximal 130 g pro km). Der Klimaschutzeffekt einer Einsparung von ca. 30% des Benzin- und

¹¹⁵ zur Vergleichbarkeit der Kategorien landwirtschaftlicher Flächennutzung siehe Bringezu/Steger, 2005.

Dieserverbrauchs im gesamten Verkehrssektor wäre deutlich größer als der Quoteneinsatz von Biokraftstoffen. Zudem würde die Gefahr abgewendet, infolge der Inanspruchnahme von Naturflächen in tropischen Ländern durch Importe von Biokraftstoffen massiv zur Forcierung der globalen Erwärmung beizutragen. Würde allein die von der EU Kommission vorgeschlagene Maßnahme zur Begrenzung des CO₂-Ausstoßes der Pkw-Flotte auf maximal 130 g pro km umgesetzt und ausgleichsweise auf den Einsatz von Biokraftstoffen aus Anbaupflanzen verzichtet, so könnte dies den globalen Flächenbedarf Deutschlands in 2030 um weitere **500 m² pro Kopf** reduzieren.

Insgesamt wäre ein Einsparpotenzial von etwa **1200 m² pro Kopf** bzw. 41% bis 43% im Vergleich zu BAU möglich. Dies würde wesentlich zu einer nachhaltigeren Entwicklung mit Bezug auf den landwirtschaftlichen Flächenbedarf weltweit beitragen. **Das Potenzial könnte im Wesentlichen nur über Maßnahmen zur Veränderung des Verbrauchs genutzt werden, wobei diese sich synergistisch auf den Ressourcen- und Klimaschutz auswirken würden.**

7.1.2. Schlussfolgerungen zu forstwirtschaftlichen Produkten

Sowohl das inländische Holzaufkommen als auch der Verbrauch sind im betrachteten Zeitraum von 1999 bis 2006 gestiegen. Ebenso wie der Außenhandel, der durch hohe Im- und Exporte gekennzeichnet ist. Die Betrachtung des Holzrohstoffaufkommens und -verbrauchs in den BAU Szenarien für 2010, 2020 und 2030 zeigt allerdings eine steigende Differenz zwischen inländischem Aufkommen und deutlich zunehmendem Verbrauch von Holzrohstoffen. Da die Mobilisierung heimischer Rohholzpotenziale allerdings begrenzt ist, würde eine Versorgungslücke entstehen oder der steigende Bedarf durch Importe gedeckt werden und somit der Importbedarf zukünftig weiter steigen.

Dies hat auch Auswirkungen auf die Flächenrelevanz forstbasierter Produkte. Nach dem Stand der Forschung können zwar keine gesicherten quantitativen Aussagen zum derzeitigen globalen Flächenbedarf für den deutschen Konsum forstwirtschaftlicher Produkte gemacht werden. Allerdings deutet sich an, dass für den zu erwartenden inländischen Konsum in Deutschland eine wachsende Netto-Flächeninanspruchnahme entstehen wird. Denn wenn der deutlich zunehmende Verbrauch im Wesentlichen durch Importe gedeckt werden würde, würde auch die Inanspruchnahme ausländischer Flächen für den Forstsektor zunehmen.

Dies erfordert auch deshalb besondere Beachtung, weil **Holzimporte aus nicht-nachhaltiger Produktion oder illegalem Holzeinschlag** stammen können. Letztere machten in 2005 einer Studie der BFH zufolge 0,7 Mio. bis 1,3 Mio. m³ (r) aus, und damit **34% bis 65% der Tropenholzeinfuhr** insgesamt.

7.2. Politikempfehlungen

Um eine Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen aus nachhaltiger Land- und Forstwirtschaft sicher zu stellen und die globalen Flächennutzungskonkurrenzen zu vermindern, erscheint die Überprüfung verschiedener Instrumente und der damit verfolgten Strategien und Handlungsziele angezeigt.

Förderung des Energiepflanzenanbaus überprüfen

Da sich im Zuge dieser Studie herausgestellt hat, dass vor allem der flächenaufwändige Anbau von Energiepflanzen zu einer global nicht nachhaltigen Ressourcennutzung beiträgt, ist die **direkte und indirekte Förderung des Anbaus von Biomasse für die primär energetische Verwendung** („Energiepflanzen“) grundsätzlich als kritisch anzusehen und sollte im Einzelnen überprüft werden.

Dies gilt konkret für die Vergabe der **Energiepflanzenprämie**. Diese sollte im Zuge des anstehenden *Health Checks* der GAP in 2008 überprüft werden.

Der Schutz des **Dauergrünlandes** erscheint einerseits insbesondere aus Gründen des Natur- und Landschaftsschutzes sinnvoll. Andererseits ist damit ein Faktor gegeben, der zu der in dieser Studie festgestellten globalen Knappheit an Anbaufläche beiträgt. Es sollte geprüft werden, in wie weit überjährige, zweijährige oder mehrjährige Mischkulturen (z.B. Kurzumtriebsplantagen) auf regionaler Ebene als eine ökologisch vertretbare und ökonomisch sinnvolle Alternative als zulässig erachtet werden könnten. Dies gilt insbesondere für jene Flächen, die nicht mehr für die Tierproduktion genutzt werden. Eine reine Umstellung von Grünland basierter Milch- und Fleischproduktion auf Nawaro-Produktion wäre wenig sinnvoll, da es bei unvermindertem Konsummuster lediglich zu interregionalen Verlagerungen der Produktion käme.

Extensivierung hinterfragen

Die bislang verfolgte **Strategie der Ökologisierung der Landwirtschaft** durch Extensivierung sollte hinterfragt werden. So sind flächenaufwändige Extensivierungsprogramme im Hinblick auf die überregionalen und globalen Auswirkungen durchaus kritisch zu sehen. Stattdessen sollten intensive Anbauformen erforscht, entwickelt und gefördert werden, die zum einen hoch produktiv und zum anderen umwelt- und landschaftsverträglich sind (z.B. *Precision*-Farming; Niedrig-Energie-Treibhäuser, Intensivanbau gekoppelt mit Ausgleichsflächen und Randstreifen etc.). Dies schließt die Intensivierung des Ökolandbaus durchaus mit ein. Um weitere Effizienzsteigerungen im Gesamtsystem der Biomasse-Prozess-Kette zu ermöglichen, könnten naturverträglich gestaltete Intensivanbauformen mit Systemen der Kaskadennutzung von Biomasse gekoppelt werden.

Holzrohstoffe im Inland mobilisieren

Im Bereich **Forstwirtschaft** sind Anstrengungen zur Aktivierung und **Ausweitung der vorhandenen inländischen Rohstoffbasis** erforderlich. Hinsichtlich des Primärrohstoffes Holz betrifft das insbesondere den Kleinprivatwald, wo jedoch erhebliche Mobilisierungshemmnisse bestehen, die z.T. über technologische, logistische und organisatorische Ansätze überwunden werden können. Hinsichtlich der Mobilisierung von Waldrestholz sollten ökologische Nachteile und eine Beeinträchtigung der langfristigen Erträge ausgeschlossen werden. So sollten beispielsweise nicht geerntete Biomasse auf der Fläche verbleiben, um den Nährstoffkreislauf zu sichern. Um Bodenerosion und -verdichtung zu vermeiden und die Bodenfruchtbarkeit nicht zu beeinträchtigen, sollte die Nutzungsrate von Waldrestholz standortspezifisch angemessen sein.

Kluge Steuerung der Nawaro-Nachfrage

Die Instrumente zur umweltverträglichen Gestaltung der Biomasseproduktion sind allein nicht ausreichend, um eine nachhaltige Flächennutzung und Versorgung sicher zu stellen. Dazu **bedarf es vorrangig der Anpassung von Instrumenten, die die Nachfrage insbesondere nach energetisch genutzten Nawaro entscheidend bestimmen.**

Aus ökologischer Sicht **besonders bedenklich** ist, dass eine Umsetzung der ehrgeizigen **Biokraftstoffquoten** der nationalen Biomassestrategie aller Voraussicht nach nur durch eine deutliche Ausweitung der globalen Flächeninanspruchnahme möglich wäre. Dies wäre nach den Ergebnissen dieser Studie in mehrfacher Hinsicht kritisch. Zum einen würde dadurch die Existenz von Savannen und Tropenwäldern und damit die Biodiversität in tropischen Regionen gefährdet. Zum anderen würde durch die Produktion der für die Einhaltung der Biotreibstoffquoten in Deutschland nötigen Mengen insbesondere an Biodiesel global sogar mehr Treibhausgase emittiert werden als durch den Einsatz der Biomasse eingespart werden könnte.

Dieses Problem lässt sich auch durch eine produktspezifische **Zertifizierung**, wie sie im Entwurf der Nachhaltigkeitsverordnung vorgesehen ist, **nicht hinreichend lösen**, da sie aller Voraussicht nach nicht geeignet ist, Landnutzungsänderungen durch Ausweitung der benötigten Anbauflächen und damit verbundene zusätzliche Umweltbelastungen zu vermeiden. Es besteht im Gegenteil Anlass zu der Vermutung, dass das Instrument der Zertifizierung in der vorgeschlagenen Form durch die vorgebliche Absicht, einen wirksamen Klima- und Ressourcenschutz zu gewährleisten, die Nachfrage weiter ansteigen lässt und damit insbesondere im Hinblick auf die Folgen der Biodieselproduktion zur Verschlimmerung der Entwicklung beiträgt.

Daher wird empfohlen, den Biotreibstoffanteil nicht wie geplant signifikant zu erhöhen, sondern eher zurückzufahren oder zumindest auf dem derzeitigen

Niveau einzufrieren, wie es u.a. auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen empfohlen hat.

Konkret sollte die für 2015 vorgeschriebene Gesamtquote von 8%¹¹⁶ in keinem Fall weiter erhöht werden, um dem zunehmenden Import von Biokraftstoffen auf der Basis von Soja- und Palmöl zu begegnen.

Die für 2020 beabsichtigte Steigerung des nationalen Biotreibstoffanteils auf 12-15% sollte aufgegeben werden. Die jüngste Zurücknahme der in Meseberg mit 17% (energetisch) bzw. 20% (Volumenanteil) anvisierten Gesamtquote durch eine Obergrenze von 5% (Volumenanteile am Ottokraftstoff) für Bioethanol führt in die richtige Richtung, ist aber noch nicht ausreichend. Die weiter gehende Anpassung des bisher angestrebten Zielwertes ließe sich auf Basis der neueren wissenschaftlichen Erkenntnisse über potenzielle Problemverlagerungseffekte und zusätzliche Emissionen bei der Gewinnung von Biokraftstoffen begründen.

2009 sollte geprüft werden, in wie weit die geltenden Quoten abgesenkt werden können. Eine Anpassung der zurzeit in Deutschland und der EU anvisierten, ökologisch kontraproduktiven Quoten wäre dann im Lichte des aktuellen Erkenntnisstandes vorzunehmen und auch angezeigt, sobald absehbar ist, dass das 5,75% Ziel für 2010 von der Mehrheit der EU-15 Länder nicht erreicht werden kann.

Eine Einpassung der Zielquoten auf ein nachhaltiges Niveau hätte auch eine wichtige **Signalwirkung für andere Länder**. Allen voran bestimmen gegenwärtig die USA mit hohen Quotenvorgaben die weltweite wachsende Nachfrage nach Biokraftstoffen. Eine ungebremste Entwicklung lässt längerfristig steigende Preise für Nahrungsmittel erwarten und weiter zunehmende Flächennutzungskonkurrenzen (WI/RWI, 2008).

Hinsichtlich des **Nawaro-Bonus** im **EEG** ist einerseits zu bedenken, dass die stationäre Nutzung von Biomasse in Anlagen zur Strom- und Wärmeerzeugung sowohl unter ökologischen wie auch ökonomischen Aspekten grundsätzlich vorteilhafter ist als die Verwendung von Biomasse zur Herstellung von Kraftstoffen. Andererseits ist der Nawaro-Bonus aber durchaus kritisch zu sehen.

So ist die Förderung im Falle des Anbaus von Energiepflanzen insbesondere problematisch, wenn die zunehmende Nutzung bei Fortdauer der bestehenden Trends zu erheblichen Anteilen der Gesamtflächennutzung führt, wie dies z.B. bei **Mais** für die Biogaserzeugung zu erwarten ist (ca. 0,9 Mio. ha in 2030). Eine solche Entwicklung würde u.a. zur Ausweitung der globalen Flächeninanspruchnahme Deutschlands und damit zur Erhöhung der damit indirekt verbundenen Umweltbelastungen beitragen.

Anstelle des Anbaus von Energiepflanzen sollte generell - und also auch im EEG - die Verwertung von Biomassereststoffen gefördert werden, wobei zu prüfen ist, ob deren

¹¹⁶ Die aktuelle Strategie zur Bioenergie des BMU (2008) sieht eine Reduktion der Biokraftstoff-Gesamtquote für 2009 von den vorgesehenen 6,25% auf 5% (energetisch) vor. Eine Anpassung des Zieles für 2015 wird nicht genannt.

Einsatz nicht auch ohnedies stattfinden würde, wie dies z.B. im Bereich der Holz verarbeitenden Industrie zu erwarten ist. Auch im Hinblick auf möglichst mehrfache stoffliche Nutzungen vor der energetischen Verwertung am Ende des Produktlebenszyklus ist die Förderung durch den **Nawaro-Bonus** auch in den Fällen zu überdenken, bei denen dadurch höherwertige, stoffliche Verwendungen der Sekundärrohstoffe benachteiligt werden.

Eine weitere Förderung der inländischen Nachfrage nach forstwirtschaftlichen Produkten sollte von einer Untersuchung der relevanten globalen Auswirkungen abhängig gemacht werden und vorrangig auf effizientere Nutzungssysteme (einschließlich der Optionen der Kaskadennutzung) abzielen.

Strategien für ein nachhaltiges Ressourcenmanagement ausbauen

Im Rahmen der **Verhandlungen über die Liberalisierung des Agrarhandels** wäre eine Rücknahme des Außenschutzes der deutschen Produzenten nur sinnvoll, wenn gleichzeitig sichergestellt wäre, dass es in den Exportländern des Südens nicht zu einer Übernutzung der Ressourcenbasis kommt. Hierbei ist wiederum zu beachten, dass dies allein durch produktbasierte Zertifizierungen nicht hinreichend gewährleistet werden kann. Vielmehr **muss in den Anbauländern ein nachhaltiges Ressourcenmanagement aufgebaut werden**, das u.a. ein stabiles Verhältnis von Natur-, Forst- und Landwirtschaftsflächen auf jeweils nachhaltigem Niveau gewährleistet. Dazu sollten Industrieländer wie Deutschland **Hilfestellung** leisten.

Deutschland ist wie andere Länder der EU aufgefordert, ein **nachhaltiges Ressourcenmanagement** zu etablieren (gem. der *Thematischen Strategie zur nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen*¹¹⁷). Dabei gilt es, biotische und abiotische Ressourcen ebenso wie die Flächennutzung integrativ zu betrachten. Die besondere Herausforderung liegt dabei in der Verfolgung eines jeweils nachhaltigen Niveaus bzw. Umfangs der Inanspruchnahme der Hauptressourcen und einer ausgewogenen Balance zwischen inländischer und ausländischer Versorgung und der damit verbundenen internationalen (Umwelt-)Lastenteilung.

Für ein nationales nachhaltiges Ressourcenmanagement gilt es auch in Deutschland die Voraussetzung zu schaffen. Dies betrifft zum einen die Verbesserung der Informationsbasis als Grundlage für politische Entscheidungen und zum anderen die Weiterentwicklung des politischen Instrumentariums.

Im Hinblick auf eine nachhaltige Ressourcennutzung im Allgemeinen und eine global nachhaltige Flächennutzung und Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen im

¹¹⁷ CEC – Commission of the European Communities (2005): Thematic Strategy on sustainable use of natural resources. COM(2005) 670final. Brussels

Besonderen *fehlt ein hinreichendes **Monitoring***, das die relevanten transregionalen und transnationalen Implikationen der regionalen bzw. nationalen Aktivitäten ausweist. Mit der Einbeziehung von Klimaschutzaspekten hat man bereits begonnen, dieses Defizit schrittweise abzubauen. Im Bereich der transnationalen Ressourcenflüsse finden die verfügbaren Indikatorensysteme der ökonomieweiten Materialflussanalyse zunehmend Eingang in nationale und europäische Statistiken. Der Aspekt der globalen Flächeninanspruchnahme durch nationale Ressourcenverbräuche ist ein vergleichsweise junges Gebiet angewandter Nachhaltigkeitsforschung. Hier gilt es, die verfügbare Methodik möglichst zügig für eine regelmäßige Berichterstattung weiter zu entwickeln als Grundlage für solidere Planungen eines nachhaltigeren Umgangs mit den gegebenen Ressourcen von Material, Energie und Fläche.

Ein solches **Monitoring-Instrumentarium** ist nicht nur wichtig für die Gestaltung eines Gesamtkonzepts nachhaltigen Ressourcenmanagements auf nationaler und europäischer Ebene. Es hätte auch **Bedeutung für die Politiken der Bundesländer und Planungen der Regionen**. Denn falls einige Regionen ihre Potenziale zur Produktion von Nahrung durch entsprechende Ausweitung von Anbauflächen übermäßig ausbauen würden (und hier existieren teilweise sehr ehrgeizige Pläne), so könnte dadurch mittel- bis langfristig die überregionale Produktion und Versorgung mit Nahrungs- und Futtermitteln beeinträchtigt werden. Ausgehend von der gegenwärtigen Situation einer unausgewogenen globalen Flächenbelegung könnte dadurch zum einen die Importabhängigkeit bei verschiedenen Gütern vermehrt werden, zum anderen würden weitere Probleme in außereuropäische Regionen verlagert. Um erkennen zu können, wie sich die regionalen Entwicklungen im Verbund auf die globale Flächenbelegung Deutschlands bzw. der EU, dem damit verbundenem Selbstversorgungsgrad bei agrarischen Gütern und die interregionale Balance der Umweltbelastungen auswirken, bedarf es eines regelmäßigen Monitorings.

Politische Instrumente weiterentwickeln

Die **Weiterentwicklung des politischen Instrumentariums** erfordert, wie die hier vorgestellten Beispiele gezeigt haben, vor allem eine bessere **Abstimmung der bestehenden Instrumente und Adjustierung von Über- bzw. Fehlsteuerungen**.

Als ein zu vertiefender und auszuweitender Handlungsschwerpunkt sollte die Förderung der **Material- und Energieeffizienz** in Produktion und Konsum angesehen werden. Hierzu wäre ein **Bündel von Maßnahmen** zu eruiieren, durch das die Effizienz von Energie- und Materialeinsatz in Produktion und Konsum wirksam erhöht und der Ressourcenverbrauch absolut vermindert wird.

Klimawirksame Maßnahmen sollten zum Ziel haben, dass mittels **Effizienzverbesserungen im Verkehrssektor** der Verbrauch an konventionellen Kraftstoffen gesenkt wird. Als potenziell wirksame Maßnahmen stünden hierzu

ordnungsrechtliche Instrumente (z.B. durch Flottenverbrauchsbegrenzungen bzw. Emissionsgrenzwerte) und ökonomische Instrumente (z.B. Mineralölsteuer) zur Verfügung. Dadurch könnte ein **größerer Klimaschutzeffekt** als durch Quoteneinsatz von Biokraftstoffen, und eine **Entspannung der Konkurrenzsituation um global verfügbare Fläche** erzielt werden.

Ein langfristig angelegtes Programm zur **Förderung einer gesunden, mehr pflanzlich basierten Ernährung** sollte aufgelegt werden, um dadurch u.a. die Flächenkonkurrenzen und die durch Fehlernährung bedingten Kosten im Gesundheitssektor zu mindern.

Durch ein wirksames Maßnahmenbündel könnte damit letztlich der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen gefördert werden, der im **Einklang mit den Erfordernissen einer national und global nachhaltigen Flächennutzung** steht und die **Umweltwirkungen von Produktion und Konsum auf tolerablem Niveau** hält.

Die Analysen der vorliegenden Studie haben gezeigt, dass die **Kapazitäten zum Umstieg auf eine zunehmend Biomasse basierte Wirtschaft durch die globale Flächenverfügbarkeit begrenzt** sind. Nur bei einer **deutlichen Steigerung der Effizienz beim Einsatz nachwachsender *und* nicht nachwachsender Ressourcen** kann eine **nachhaltige Versorgung mit Nahrungsmitteln und Rohstoffen für stoffliche und energetische Zwecke künftig sichergestellt** werden.

8. Weiterer F+E-Bedarf

Die o.g. Schlussfolgerungen und Politikempfehlungen lassen sich auf der Basis der vorgelegten Ergebnisse für Deutschland hinreichend ableiten. Gleichwohl ergibt sich zur Förderung einer nachhaltigen Flächennutzung und Versorgung mit Nawaro auch zusätzlicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf:

- Entwicklung einer erweiterten Daten- und Modellierungsbasis zur Überprüfung der Biomasse bezogenen Ziele der EU unter besonderer Berücksichtigung der globalen Flächennutzung und des Netto-Treibhauseffekts, die mit der Nachfrage nach Energiepflanzen und Biokraftstoffen verbunden sind;
- Ableitung von zukunftsfähigen Konzepten zur Entwicklung des ländlichen Raumes, die ohne Energiepflanzenanbau auskommen, die Einkommenssituation der landwirtschaftlichen Betriebe verbessern und zu einer nachhaltigen stofflich-energetischen Versorgung beitragen (z.B. durch optimierte Reststoffverwertung, Dach-PV-Anlagen);
- Entwicklung von Pilotprojekten und bi-, tri- und multilateralen Kooperationsvereinbarungen mit Ländern der Tropen, die Biomasse und ihre Derivate exportieren, zur Förderung von regionaler Entwicklung bei Vermeidung von plantagenförmigem Energiepflanzenanbau und zur Entwicklung nationaler Ressourcenmanagementpläne;
- Vertiefte Untersuchung der potenziellen Flächennutzungskonkurrenzen durch Biokraftstoffe der zweiten Generation, unter Berücksichtigung von direkten Konkurrenzen (z.B. mit der Holzwerkstoff-, Papier- und Pappeerzeugung) und indirekten Konkurrenzen (über die Gesamtflächennutzung);
- Breit angelegte vergleichende Analysen zu den lebenszyklusweiten Umweltbelastungen von primär stofflich verwendeten Nawaro pro Hektar Anbaufläche, um zu ermitteln, welche Rohstoff-Produkt-Linie mit der größten Entlastung bei Substitution fossil basierter Produkte verbunden ist (incl. der Berücksichtigung von Wachstumseffekten auf der Makroebene);
- Vertiefte Analysen zur Förderung der stofflich-energetischen Nutzung von Nicht-Anbau-Biomasse (z.B. Grünschnitt u. Durchforstungsholz aus bislang nicht bewirtschafteten Bereichen) und zur Nutzung organischer Reststoffe (Kaskadennutzung);
- Vertiefte Untersuchung des aktuellen Außenhandels mit forstwirtschaftlichen Produkten und der damit im Ausland verbundenen Flächenbelegungen im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung und die Überprüfung von Maßnahmen zur Förderung der Holzverwendung in Deutschland

- Entwicklung eines regelmäßigen Monitorings der globalen Flächeninanspruchnahme Deutschlands als Beitrag zur Nachhaltigkeitsberichterstattung und zum Aufbau eines nationalen nachhaltigen Ressourcenmanagementprogramms.

Danksagung

Wir danken dem Umweltbundesamt für das uns entgegen gebrachte Vertrauen und insbesondere Frau Gertrude Penn-Bressel und Frau Regine Dickow-Hahn für die fachlich hervorragende und kollegiale Betreuung des Vorhabens. Allen beteiligten Kolleginnen und Kollegen am UBA sowie beim Fachgespräch im Wuppertal Institut am 15.10.2007 sei gedankt, die mit zahlreichen wertvollen Hinweisen und Anregungen entscheidend zur qualitativen Verbesserung dieser Arbeit beigetragen haben. Unser Dank gilt ferner den Kolleginnen und Kollegen, vor allem an der FAL, Braunschweig, und bei UFOP e.V., Berlin, die im Rahmen unserer Expertenbefragung wertvolle Einschätzungen zur zukünftigen Entwicklung der Hektarproduktivitäten beigesteuert haben. Danke auch an Herrn Robert Busch, der vor allem im Rahmen seiner Diplomarbeit am Wuppertal Institut zum Thema „Untersuchung zur nachhaltigen Nutzung nachwachsender Rohstoffe: Globale Flächenbelegung Deutschlands für Produktion und Konsum tierischer Nahrungsmittel“ einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung der entsprechenden Alternativszenarienelemente geleistet hat. Gleiches gilt für Herrn Markus Graebig, der mit seiner Masterarbeit „Comparative analysis of land use intensity and environmental impacts of biomass and photovoltaics“ an der Universität zu Cambridge einen wichtigen Beitrag zum ökobilanziellen Vergleich der Stromerzeugung aus Biomasse und Photovoltaik beigesteuert hat. Unser Dank gilt ferner Frau Miriam Fekkak, Herrn Daniel Lesch sowie Herrn Martin Erren für die hilfreiche Unterstützung bei der Formatierung des Textes.

9. Quellen und weiterführende Literatur

Agrar-Europa, Hrg. (2007): Landwirtschaft trägt überproportional zum Subventionsabbau bei. In: Agrar-Europa 35/7 vom 27. August 2007

Agroplan, Hrg. (2006): Bioenergie und Biogasförderung nach dem neuen EEG und ihre Auswirkungen auf Natur und Landschaft. Studie gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Wolfenbüttel

Altmann, M. und Weindorf, W. (2005): Potenziale für Biokraftstoffe. AK-Kraf1.doc. 7.4.2005. Handout at the conference „Bio in den Tank: Chancen - Risiken –Nebenwirkungen“. Fachtagung der Heinrich-Böll-Stiftung und des European Climate Forum 15. 4. 2005, Berlin.

Arnold, K., Geibler, J. v., Biege, K., Stachura, C., Borbonus, S und Kristof, K. (in Vorbereitung): Kaskadennutzung von Nachwachsenden Rohstoffen: Ein Konzept zur Verbesserung der Rohstoffeffizienz und Optimierung der Landnutzung. In: Zeddies (Hrsg.): DLG-Studie - Potenziale der Bioenergie: Chancen und Risiken für landwirtschaftliche Unternehmer. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, Frankfurt a.M.

Bauzentrale (2006): Entwicklung im Holzgewerbe. www.bauzentrale.com (Stand: 21.9.06)

Behrendt, S., Henseling, C., Erdmann, L., und Knoll, M. (2007). Trendreport: Zukunftstrends für das Bauen mit Holz. Arbeitspapier im Holzwende2020 Projekt. Berlin.

BFH (2006): Holzbilanzen 2004 und 2005 für die Bundesrepublik Deutschland. von Matthias Dieter. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH) Arbeitsbericht des Institut für Ökonomie 2006/2. Hamburg.

BFH / StBA (Hg.) (2006): Waldgesamtrechnung für Deutschland 1993-2004. Ergebnisse und Tabellen. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH) und Statistisches Bundesamt (StBA). Wiesbaden und Hamburg.

Bickel, U. (2004): Brasilien: Sojaboom auf Kosten der Umwelt und Kleinbauern. [Soja_Bickel.pdf].

Biofuelwatch, Carbon Trade Watch/TNI, Corporate Europe Observatory, Econexus, Ecoropa, Grupo de Reflexion Rural, Munlochy Vigil, NOAH (Friends of the Earth Denmark), Rettet den Regenwald und Watch Indonesia (2007): Agrofuels – Towards a reality check in nine key areas.

BMBF (2006): Mehr Rapsanbau durch Biodiesel. Mitteilung vom 9.6.2006.
<http://www.biosicherheit.de/de/raps/landwirtschaft/50.doku.html>

BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2004): Bundeswaldinventur2. Alle Ergebnisse und Berichte. Unter der Leitung der

Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH).
www.bundeswaldinventur.de

BMELV (2006a): Holzmarktbericht 2-2005.

http://www.bmelv.de/cIn_044/nn_753674/SharedDocs/downloads/06-Forstwirtschaft/Holzmarktbericht/Holzmarktbericht2-2005,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Holzmarktbericht2-2005.pdf

BMELV (2006b): Ökologischer Landbau in Deutschland. Stand September 2006.

BMELV (2006c): Öko-Sektor in Deutschland auch 2005 gewachsen. Pressemitteilung Nr. 113 vom 28. Juni 2006.

BMELV (2006d): Die EU-Agrarreform – Umsetzung in Deutschland, Berlin: BMELV.

BMELV (2006e): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2006, m. CD-ROM. Landwirtschaftsverlag.

BMELV (Hg.) (2007): Holzmarktbericht 2/2006. Abschlussergebnisse für die Forst- und Holzwirtschaft des Wirtschaftsjahres 2006. Bonn.

BMU (2005): ERNEUERBARE ENERGIEN IN ZAHLEN - NATIONALE UND INTERNATIONALE ENTWICKLUNG - Stand: Juni 2005.

BMU (2005): Photovoltaik-Freiflächenanlagen Aktuelle Erfahrungen und Konfliktlinien, Gustav Stresemann-Institut, Bonn; 21. – 22. 3. 2005. Bearbeitung durch ARGE Monitoring PV-Anlagen im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

BMU (2006): Monitoring zur Wirkung des novellierten EEG auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Solarenergie, insbesondere der Photovoltaik-Freiflächen (2. Zwischenbericht, 31.01.2006); Bearbeitung durch ARGE Monitoring PV-Anlagen im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Auftragnehmer.

BMU (2007): ERNEUERBARE ENERGIEN IN ZAHLEN - NATIONALE UND INTERNATIONALE ENTWICKLUNG - Stand: Juni 2007.

BMU (2007): Sozial-ökologische Bewertung der stationären energetischen Nutzung von importierten Biokraftstoffen am Beispiel von Palmöl (1. Zwischenbericht); Vorstudie im Auftrag des BMU, noch unveröffentlicht, Feb. 2007.

- BMU (2007): Leitstudie 2007 „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ – Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050; Untersuchung von Dr. Joachim Nitsch im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Stuttgart, Berlin; Februar 2007
- BMU (2007a): persönliche Informationen bzw. Daten im Zusammenhang mit BMU 2007; März 2007
- BMU (2008): Weiterentwicklung der Strategie zur Bioenergie. April 2008.
- BMVEL (2003): Nachwachsende Rohstoffe - Programm des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft zur Förderung von Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben.
- BMVEL (2003): Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie – 8. Symposium 2003. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 22. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- BMVEL (2004). Verstärkte Holznutzung zugunsten von Klima, Lebensqualität, Innovationen und Arbeitsplätzen (Charta für Holz). Berlin.
- Böhnisch, H. (2006): Kostenübersicht realisierter Freiflächenanlagen auf der Basis der Datenbank der ARGE Monitoring PV-Anlagen; Beitrag von H. Böhnisch vom ZSW im Rahmen eines BMU-Workshops zu Freiflächenanlagen, Leipzig, Mai 2006
- Böhnisch, H. (2007): Entwicklungslinien der Nennleistung und der Standorte der PV-Freiflächenanlagen in Deutschland; Vortrag beim 3. Workshop „PV-Freiflächenanlagen: Monitoring-Ergebnisse“, Berlin, 10.7.2007
- Born, J. (2005): From Sugar Factories to Biorefineries - How to bring about a change in paradigms step by step and how to involve farmers into the process. Proceedings of the first Baltic Biorefinery Symposium, Esbjerg, May 26th – 28th, 2005. Jens Born (CATS at FH Flensburg University of Applied Sciences).
- Bringezu, S. (2005): Material flow analysis and the use of renewables from a systems perspective. In: Jo Dewulf and Herman van Langenhove (eds.): Renewable based technology: Sustainability Assessment. Chapter 8. In print.
- Bringezu, S. und Steger, S. (2005): Biofuels and competition for global land use. In: Berger, Hartwig; Prieß, Rasmus (Hrsg.), "Bio im Tank. Chancen – Risiken-Nebenwirkungen", Conference documentation of conference series "Kyoto+ Lab" of the Heinrich-Böll-Foundation and the European Climate Forum. Global Issue Papers No. 20. Heinrich-Böll-Foundation. Pages 64 – 79. Berlin 2005.
- Britz, W., Heckeley, T. und Perez, I. (2006): Effects of decoupling on land use: an EU wide, regionally differentiated analysis - Landnutzungseffekt von Entkopplung: Eine EU-weite, regional differenzierte Analyse. Agrarwirtschaft 55, Heft 5/6, 215-226.

- Buchert, M., Fritsche, u., Jenseit, W., Rausch, L., Deilmann, C., Schiller, G., Siedentop, S. und Lipkow, A. (2004): Nachhaltiges Bauen und Wohnen in Deutschland. Stoffflussbezogene Bausteine für ein nationales Konzept der nachhaltigen Entwicklung - Verknüpfung des Bereiches Bauen und Wohnen mit dem komplementären Bereich "Öffentliche Infrastruktur". UBA Texte 01/04. Verlag: Umweltbundesamt.
- BUND, Bund für Umwelt und Naturschutz, Hrg. (2007): Energetische Nutzung von Biomasse. Position des Wissenschaftlichen Beirats des BUND, Nr. 34. Berlin
- Bundesprogramm Ökologischer Landbau.
- Bundesregierung (2006): Dritter nationaler Bericht zur Umsetzung der Richtlinie 2003/30/EG vom 08.05.2003 „zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor“ für 2005.
- Busch, R. (2008): "Untersuchung zur nachhaltigen Nutzung nachwachsender Rohstoffe: Globale Flächenbelegung Deutschlands für Produktion und Konsum tierischer Nahrungsmittel". Diplomarbeit an der Humboldt-Universität zu Berlin, Geographisches Institut, sowie persönliche Mitteilungen.
- CHOREN: PM vom 31.1.2007
- Colchester, M., Jiwan, N., Andiko, Sirait, M., Firdaus, A. Y., Surambo, A. und Pane, H. (2006): Promised Land: Palm Oil and Land Acquisition in Indonesia – Implications for Local Communities and Indigenous Peoples.
- Crutzen, P.J., Mosier, A.R., Smith, K.A. und Winiwarter, W. (2007): N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 7, 11191-11205.
- Czygan, F.C. (1998): Arzneipflanzen als Objekte der Wirtschaft. Editorial 6/98.
<http://www.phytotherapy.org/presse/ed6-98.htm>
- Da Costa Gomez (2007): Biogas im Jahr 2020: wo werden wir stehen? Vortrag bei der 16. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas, 31.1.2007, Leipzig.
- Deimling, S. und Vetter, R. (2000): Nachwachsende Rohstoffe im Bauwesen. Analyse der Hemmfaktoren und Analyse zur Überwindung. Müllheim.
- Delitti, W.B.C., Meguro, M. und Pausas, J.G.: Biomass and mineral mass estimates in a „cerrado“ ecosystem. Revista Brasil. Bot. 29(4), 531-540, 2006
- Delitti, W.B.C., Pausas, J.G. und Burger D.M.: Belowground biomass seasonal variation in two Neotropical savannahs (Brazilian Cerrados) with different fire histories. Ann. For. Sci. 58, 713-721, 2001
- DESTATIS – Statistisches Bundesamt: Daten auf website: www.destatis.de

- Detten, Roderich von (2007): Zukunftsfeld: Märkte für Forst- und Holzwirtschaft vor dem Hintergrund globalisierter Marktbedingungen. Kurzfassung des Basispapiers. Freiburg. Download unter: www.waldzukuenfte.de
- Deutsche Energie Agentur (2006): Biomass to Liquid – BtL Realisierungsstudie. Berlin.
- Deutsche Umwelthilfe (DUH) (2007): Die Grün-Tricks der IAA-Aussteller: Verbrauchertäuschung statt Klimawende. Pressemitteilung vom 12. September 2007.
- Dieter, M. und Küpker, M. (2006). Die Tropenholzeinfuhr der Bundesrepublik Deutschland 1960 – 2005 - insgesamt und aus geschätzten illegalen Holzeinschlägen. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (BFH). Arbeitsbericht des Institut für Ökonomie 2006/1. Hamburg.
- DLR/WI (2007): Persönliche Informationen aus den Szenario-Rechnungen für das BMU; Bearbeitung durch das Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum (Stuttgart) und das Wuppertal Institut; Stand 9.3.2007
- DVFG – Deutscher Verband Flüssiggas e.V. (2005):
<http://www.autogastanken.de/content/Prognose.pdf>
- Eberle, U., Fritsche, U. R., Hayn, D., Rehaag, R., Simshäuser, U., Stieß, I. und Waskow, F. (2005): Nachhaltige Ernährung - Ziele, Problemlagen und Handlungsbedarf im gesellschaftlichen Handlungsfeld Umwelt-Ernährung-Gesundheit. Diskussionspapier Nr. 4. Hamburg 2005.
- EC - DG TREN (2005): Public consultation on the EU biomass action plan. From 2 February – 31 March 2005. Results of the on-line website DG TREN “Questionnaire”. Boyan Kavalov, Stathis D. Peteves, European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Energy, Sustainable Energy Technologies Reference and Information System (SETRIS).
- Ecologic, Hrg. (2005): Bodenschutz und nachwachsende Rohstoffe. Gutachten für die Kommission Bodenschutz des Umweltbundesamtes. FKZ 360 13 006. Berlin
- EEA - European Environment Agency (2004): Agriculture and the environment in the EU accession countries – implications of applying the EU common agricultural policy. EEA Environmental issue report No.37 2004. Luxembourg.
- EEA - European Environment Agency (2004): High nature value farmland – characteristics, trends and policy challenges. EEA report No.1 2004. Copenhagen.
- EEA (2006): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment) Report No. 7/2006. Copenhagen.
- EUA, Europäische Umweltagentur Hrg. (2004): High nature value farmland. Characteristics, trends and policy challenges. EEA report 1/2004. Kopenhagen

- EUA, Europäische Umweltagentur, Hrg. (2003): Europe's environment: the third assessment. Environmental assessment report no. 10. Kopenhagen
- Europäische Kommission (2006): Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Implementing the Community Strategy to Reduce CO₂ Emissions from Cars: Sixth annual Communication on the effectiveness of the strategy. Monitoring of ACEA's Commitment on CO₂ Emission Reductions from Passenger Cars (2004). SEC(2006) 1078, Brussels.
- Europäische Kommission (2007): Kommission plant Rechtsrahmen, um die Erfüllung der EU-Ziele für geringere CO₂ – Emissionen von Kraftfahrzeugen sicherzustellen. Europäische Kommission IP/07/155.
- European Biodiesel Board: website www.ebb-eu.org
- EUROSTAT Comext (2005): Intra- und extra-EU trade. DVD. Luxembourg.
- EWI/Prognos (2005): Energiereport IV. Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030. Energiewirtschaftliche Referenzprognose. Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Berlin. Köln, Basel.
- EWI/Prognos (2006): Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und –nachfrage. Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognose 2030. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Berlin. Köln, Basel.
- Flaskerud, G. (2003): Brazil's Soybean production and impact. NDSU Extension Services, North Dakota State University of Agriculture and Applied Science, and U.S. Department of Agriculture.
- FAO (2003): World agriculture: towards 2015/2030. An FAO perspective. Food and Agriculture Organization (FAO)/Earthscan Publications, Rome/London.
- FAO (2006): World agriculture: towards 2030/2050. Interim report. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome.
- FNR (2004a): Nachwachsende Rohstoffe – Spitzentechnologie ohne Ende. Gülzow.
- FNR (2004b): Färberpflanzen. Gülzow.
- FNR (2005a): Naturfaserverstärkte Kunststoffe – Pflanzen, Rohstoffe, Produkte. Gülzow.
- FNR (2005b): Biogas - eine Einführung. Gülzow.
- FNR (2005c): Biokunststoffe. Gülzow.
- FNR (2006a): Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie. Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR). Gülzow. <http://www.fnr-server.de/cms35/Produktgruppen.65.0.html> (Stand: 12.9.2006)
- FNR (2006b): Biokraftstoffe – eine vergleichende Analyse. Gülzow.

- FNR (2006c): Jahresbericht 2005/2006. Gülzow.
- Fornefeld, M., Tschurtschenthaler, G. und Oefinger, P. (2004): AbsatzPotenziale für heimische Produkte aus Nadelstarkholz auf den nationalen und internationalen Märkten. Abschlussbericht im Auftrag des BMWA, Düsseldorf.
- 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. und Somin, S. (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse“, Mai 2004. Verbundprojekt BMU im Rahmen des ZIP, PR :FZ Jülich. Endbericht. Darmstadt.
- Fritsche, U. R., Hünecke, K. und Wiegmann, K. (2005): Kriterien zur Bewertung des Pflanzenanbaus zur Gewinnung von Biokraftstoffen in Entwicklungsländern unter ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Kurzgutachten im Auftrag des BMZ. Darmstadt/Freiburg 2005.
- Fritz, T. (2007): Das grüne Gold. Welthandel mit Bioenergie – Märkte, Macht und Monopole. Forschungs- und Dokumentationszentrum Chile-Lateinamerika – FDCL e.V. (Hrsg.), Berlin.
- Gay, S. H., Osterburg, B. und Schmitd, T. (2004): Szenarien der Agrarpolitik – Untersuchungen möglicher agrarstruktureller und ökonomischer Effekte unter Berücksichtigung umweltpolitischer Zielsetzungen. Endbericht für ein Forschungsvorhaben im Auftrag des SRU. Berlin.
- Geibler, J. von (2007): Biomassezertifizierung unter Wachstumsdruck: Wie wirksam sind Nachhaltigkeitsstandards bei steigender Nachfrage? Diskussion am Beispiel der Wertschöpfungskette Palmöl. Wuppertal Paper. Wuppertal Institut.
- Gömann, H., Kreins, P., Breuer, T. und Osterburg, B. (2006): Nutzungskonkurrenzen durch die Förderung von Biogas und anderen Energieträgern. Agrarspektrum, Band 40, Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven. S. 135-150.
- Graebig, M. (2007): Comparative analysis of land use intensity and environmental impacts of biomass and photovoltaics. Dissertation. Darwin College, University of Cambridge.
- Greenpeace (2006): Eating up the Amazon.
<http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/eating-up-the-amazon.pdf>
- Grieg-Gran, M., Haase, M., Kessler, J.J., Vermeulen, S. und Wakker, E. (2007): The Dutch economic contribution to worldwide deforestation and forest degradation. Report prepared for Greenpeace Netherlands. London and Amsterdam.

- Grißhammer, R. und Ebinger, F. (2001): Produkt-Nachhaltigkeits-Analyse (PROSA/PLA) - Methodenentwicklung und Diffusion - Antrag im BMBF Förderschwerpunkt Sozial-ökologische Forschung – Infrastrukturstärkung. Ausschreibung vom 4. Juli 2000 - Aufgabenbereich C - Laufzeit 01.04.2001-31.12.2004. Rainer Grißhammer und Frank Ebinger. Freiburg.
- Große, Werner (2006): Holzbereitstellung mittels schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf stillgelegten Ackerflächen, Statement auf dem Workshop des IZT „Perspektiven der energetischen Nutzung von Holz“, 14.12.2006, Berlin
- HAF (2006): Holzabsatzfond. <http://www.infoholz.de> (Stand 11.10.2006)
- HDH / VDM (Hg.) (2005): Jahrbuch 2005-2006. Hauptverband der Deutschen Holz und Kunststoffe verarbeitenden Industrie und verwandter Industriezweige e.V. (HDH) und Verband der Deutschen Möbelindustrie e.V. (VDM). Bad Honnef
- Henze, A. und Zeddies, J. (2007): Flächenpotenziale für die Erzeugung von Energiepflanzen der Landwirtschaft der europäischen Union. In: Agrarwirtschaft 56, 5/6.
- Holz-Zentralblatt (Hg.) (2007): Eine gute Lösung für alle zeichnet sich nicht ab. Holz-Zentralblatt Nr. 14, S. 363-364
- Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H. und Page, S. (2006): Peat-CO₂. Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics Report Q3943. Amsterdam.
- HPE (2006): Aktuelle Meldungen. Bundesverband Holzpackmittel, Paletten, Exportverpackung (HPE) e.V. <http://www.hpe.de/meldungen4.htm> (Stand: 22.9.2006)
- IFEU (2007): Rettenmeier/Gärtner/Münch/Reinhardt: Eigene Berechnungen und Abschätzungen unter Verwendung von /IPCC 2006/, /Delitti 2001/, /Delitti 2006/, /Arbeitsgruppe Feuerökologie Freiburg 2007/ und andere.
- IFEU in Druck (2007): Reinhardt, G.A., Rettenmaier, N., Münch, J.: Datenprojekt „Nachwachsende Rohstoffe“. Projektbericht Netzwerk Lebenszyklusdaten, Forschungsvorhaben im Auftrag des BMBF FKZ 01RN 0401, in Druck
- IE Leipzig (2007): Ökologische Analyse einer Biogasnutzung aus nachwachsenden Rohstoffen; Studie im Auftrag der FNR (Gülzow); Leipzig, Aug. 2006
- Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Öko-Institut e.V., Schweisfurth-Stiftung, Freie Universität Berlin, Landesanstalt für Großschutzgebiete (Hrsg.): Agrobiodiversität entwickeln! Handlungsstrategien für eine nachhaltige Tier- und Pflanzenzucht. Endbericht. Berlin 2004. (verfügbar unter www.agrobiodiversitaet.net).
- IPCC (2006): Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan, 2006

- Joint Research Centre – JRC (2005): Techno-economic Feasibility of Large-scale Production of Bio-based Polymers in Europe. Technical Report Series. EUR 22103 EN. Sevilla.
- Journal of Industrial Ecology (2003): Special Issue: Industrial Ecology of Biobased Products. Vol. 7, Nr. 3-4.
- Jungk, N. und Reinhardt, G.A. (2000): Landwirtschaftliche Referenzsysteme in ökologischen Bilanzierungen. Eine Basisanalyse. IFEU, Heidelberg, 2000
- Kaltschmitt, M. und Reinhardt, G. A. (Hrsg.) (1997): Nachwachsende Energieträger: Grundlagen, Verfahren, ökologische Bilanzierung. Verlag: Vieweg. Wiesbaden. ISBN 3-528-06778-0.
- Kamm, B. und Kamm, M. (2003): Bioraffinerie – Prinzipien. Mitteilungen der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie. 4, S. 9-11, und 22.
- Kändler, G. (2006): Wie zuverlässig ist die Bundeswaldinventur als Basis? Vortrag im Rahmen des Seminars Forst und Holz - Potenziale, Mobilisierung, Verbrauch: Chancen und Strategien. 13. Juli 2006, Interforst München.
- Kaltner, F., Azevedo, G.F.P., Campos, I.A. und Mundim, A.O.F. (2005): Liquid biofuels for transportation in Brazil. Potential and Implications for Sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century.
- Kantor, Lipton, Manchester und Oliveira (1997): Estimation and Addressing America's Food Losses. In: Food review 20 (1), 1-12.
- Katalyse, Institut für angewandte Umweltforschung, Hrg. (1996): Umsetzung der flankierenden Umweltmaßnahmen aus der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik- Sozialwissenschaftliche Untersuchung im Auftrag der EU-Kommission, Köln
- Katalyse, Institut für angewandte Umweltforschung (2003): Umweltverträglichkeit von Gebäudedämmstoffen. Studie herausgegeben vom Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein.
- Knoll, M. und Rupp, J. (2007): Stoffliche oder energetische Nutzung? Nutzungskonkurrenz um die Ressource Holz; Paperreihe des „Holzwende 2020plus“-Projektes; Berlin
- KNR (2006): Dämmstoffe. Kompetenzzentrum Bauen mit Nachwachsenden Rohstoffen (KNR). <http://www.knr-muenster.de/php/info.php?id1=1&id2=2&h=1> (Stand: 28.9.2006)
- Kolbe, H. (2006): Methode zur Standort angepassten Humusbilanzierung von Ackerland im integrierten und ökologischen Landbau. Poster. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig.
- KOM (1999) 22: Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäischen Parlament, den Wirtschafts- und Sozialausschuß und den Ausschuß der Regionen - Wegweiser zur nachhaltigen Landwirtschaft /* KOM/99/0022 endg. */ (1999/C 173/02).

- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2005): Aktionsplan für Biomasse. KOM (2005) 628; http://www.bmelv.de/cIn_045/nn_1021300/SharedDocs/downloads/081-NaWaRo/BiomasseAktionsplan,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/BiomasseAktionsplan.pdf
- Köpke, R. (2007): Bauern verkaufen Gas an Stadtwerke. Beitrag in „Biogas im Wandel“, Verlagsbeilage in der Inlandsauflage von top agrar 1/2007, S. 42 – 46.
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2004): Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/05. KTBL-Datensammlung mit CD. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster. ISBN 3-7843-2178-X.
- Küpker, B., Hüttel, S., Kleinhans, W. und Offermann, F. (2006): Assessing impacts of CAP reform in France and Germany – Abschätzung der Auswirkungen der Agrarreform in Frankreich und Deutschland. Agrarwirtschaft, 55, 227-237.
- Leithold, G. und K.-J. Hülsbergen (1998): Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. Ökologie und Landbau 105, 32-35.
- Lichter, W. (2006). Biobrennstoffe sind in Russland noch ein zartes Pflänzchen. www.bfai.de/DE/Content/___SharedDocs/Links-Einzeldokumente-Datenbanken/fachdokument.html?fid=MK20060815112422
- Mack (2007): Ergebnisse Technik, Kosten, Standortwahl; Vortrag von Mack vom # beim 3. Workshop „PV-Freiflächenanlagen: Monitoring-Ergebnisse“, Berlin, 10.7.2007
- Mantau, U. (2005a): Die politische Bedeutung der Holzproduktion. Forstpolitikertreffen am 7.4.2005.
- Mantau, U. (2005b): Holzverwendung im Baubereich - Neubau und Modernisierung nach Marktsegmenten und Produktbereichen. Eine Studie im Auftrag des Holzabsatzfonds (HAF).
- Mantau, U. (2006): Kampf um den Rohstoff Holz trotz riesiger Potenziale?, AFZ-Der Wald 3, S. 111-113.
- Mantau, U. und Bilitewski, B. (2005): Stoffstrom-Modell-Holz, Bestimmung des Aufkommens, der Verwendung und des Verbleibs von Holzprodukten, Forschungsbericht für den Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP). Celle. http://www.vdp-online.de/pdf/Stoffstrommodell_Holz_LF.pdf#search=%22Stoffstrom-Modell-%20Holz%22
- Mantau, U. und Sörgel, C. (2006): Holzrohstoffbilanz Deutschland. Bestandsaufnahme 2004. Ergebnisbericht. Hamburg.
- Mantau, U. und Sörgel, C. (2006b): Holzrohstoffbilanz Deutschland. Bestandsaufnahme 2004. Methodikbericht. Hamburg

- Mantau, U., Steierer, F., Hetsch, S. und Prins, K. (2007): Wood resources availability of renewable energy policies. A first glance at 2005, 2010 and 2020 in European Countries.
- Marutzky, R. (2004): Biomassen auf Basis von Holz als Brennstoffe in Österreich, Schweiz und Deutschland. Fraunhofer-Institut für Holzforschung. Braunschweig
- Meó Consulting Team, Faserinstitut Bremen und nova-Institut GmbH (2007): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe Teil II. FNR (Hrsg.), Gülzow
- Meó Consulting Team, Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Faserinstitut Bremen (2006): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. FNR (Hrsg.), Gülzow.
- Mineralölwirtschaftsverband (2006): Prognose des Mineralölverbrauchs in Deutschland bis 2025. Hamburg, 27.6.2006.
- Moch, K. (2004): Diskussionspapier: Das überholte Paradigma der Gentechnik. Im Auftrag von Greenpeace Deutschland. Freiburg.
- Moll, S., Acosta, J. und, Schütz, H. (2005): Iron & Steel – a Materials System Analysis: Pilot study examining one specific material flow / waste stream along its entire life-cycle, from the resource input to product and waste. Draft working paper of the European Topic Centre on Resource and Waste Management (project 3.3 IP 2004), Copenhagen
- Morton, Douglas C., Ruth S. DeFries, Yosio E. Shimabukuro, Liana O. Anderson, Egidio Arai, Fernando del Bon Espirito-Santo, Ramon Freitas, und Jeff Morisset (2006): Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. PNAS Early Edition, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0606377103 , Contributed by Ruth S. DeFries, July 27, 2006.
- Mrosek, T., Kies, U. und Schulte, A. (2005): Clusterstudie Forst und Holz Deutschland 2005. Forst- und Holzwirtschaft hat sehr große volkswirtschaftliche und arbeitsmarktpolitische Bedeutung. Holz-Zentralblatt 84, S. 1113-1117.
- Müller, D.B. und Wang, T. (2005): Can the Chinese Steel Industry Learn from Past US Experiences? A Comparative Dynamic MFA Perspective. Oral presentation at ISIE 2005 conference: Industrial Ecology for a Sustainable Future. Royal Institute of Technology. Stockholm 12 - 15 June 2005. Abstract under: <http://www.isie-2005.org/home/news.asp?sid=770&mid=3&NewsId=7673&Page=1>
- NABU (2007): Biomassenutzung aus Sicht des Natur- und Umweltschutzes. Naturschutzbund Deutschland e.V. Berlin.
- Neumann, H. (2007): Anlagenzahl und Leistung steigen deutlich an. Beitrag in „Biogas im Wandel“, Verlagsbeilage in der Inlandsauflage von top agrar 1/2007, S. 16-20.
- Nitsch, J., Krewitt, W., Nast, M., Viebahn, P., Gärtner, S., Pehnt, M., Reinhardt, G., Schmidt, R., Uihlein, A., Barthel, C., Fishedick, M. und Merten, F. (2004): Ökologisch optimierter

- Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal.
- Nitsch, J. (2007): Leitstudie 2007. „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ – Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050. Untersuchung im Auftrag des BMU. Stuttgart.
- Nölting, B. (2006): Die Politik der Europäischen Union für den ländlichen Raum. Die ELER-Verordnung, nachhaltige ländliche Entwicklung und die ökologische Land- und Ernährungs-wirtschaft. Discussion paper Nr. 23/06, TU Berlin, Zentrum Technik und Gesellschaft, Berlin
- Nusser, M., Sheridan, P., Walz, R., Seydel, P. und Wydra, S. (2007): Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen. Studie für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vertreten durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow. Karlsruhe und Gießen.
- Ochs, T., Duschl, C. und Seintsch, B. (2007): Struktur und Rohstoffbedarf der Holzwirtschaft. Teil I der Studie „Regionalisierte Struktur- und Marktanalyse der 1. Verarbeitungsstufe der Holzwirtschaft. In: Holz-Zentralblatt Nr. 10, S. 269-271
- OECD/FAO (2007) Agricultural Outlook 2007-2016, OECD/FAO Paris, Rom
- OECD (2008): Environmental Outlook to 2030. OECD, Paris. ISBN 978-92-64-04048-9.
- Pastowski, A., Fishedick, M., Arnold, K., Biengen, K., Geibler, J.v., Merten, F., Schüwer, D., Reinhardt, G., Gärtner, S.O., Münch, J., Rettenmaier, N., Kadelbach, S., Müller, T. und Barthel, D. (2007). Sozial-ökologische Bewertung der stationären energetischen Nutzung von importierten Biokraftstoffen am Beispiel von Palmöl. Endbericht zur gleichnamigen Studie im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Wuppertal Institut, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU), Wilhelm Merton-Zentrum; Wuppertal, Heidelberg, Würzburg.
- Patel, M., Crank, M., Dornburg, V., Hermann, B., Roes, L., Hüsing, B., Overbeek, L., Terragnis, F. und Recchia, E. (2006): Medium and long-term opportunities and risks of the biotechnological production of bulk chemicals from renewable resources. Final report. Utrecht.
- Pehnt, M. (2005): Dynamic life cycle assessment (LCA) of renewable energy technologies; Martin Pehnt, Institute for Energy and Environmental Research; Heidelberg, März 2005
- Photon (2003): Leichter Rucksack – #...; von J. Bernreuter, in Photon 1-2003, 51ff; Jan. 2003
- Polley, H. und Kroiher, F. (2006): Struktur und regionale Verteilung des Holzvorrates und des potenziellen Rohholzaufkommens in Deutschland im Rahmen der Clusterstudie Forst-

- und Holzwirtschaft. Bundesanstalt für Holz- und Forstwirtschaft. Eberswalde. URL:
www.bundeswaldinventur.de/media/archive/528.pdf (26.09.2007).
- Polley, H., Hennig, P. und Schwitzgebel, F. (2004): Ergebnisse und Methoden der zweiten Bundeswaldinventur: Holzvorrat, Holzzuwachs und Holznutzung. Göttingen.
- Poux, X. (2000): L'impact environnemental de la culture du maïs dans l'Union Européenne: options pratiques pour l'amélioration des impacts environnementaux, Contrat n° B4-3040/98/000796/MAR/D1, Brüssel
- PVACCEPT 2005: PVACCEPT (Final Report); IPS-2000-0090; www.pvaccept.de, Zugriff am 23.08.07; Feb. 2005
- Ramesohl, S., Merten, F., Fishedick, M. und vor der Brüggen, T. (2003): Bedeutung von Erdgas als neuer Kraftstoff im Kontext einer nachhaltigen Energieversorgung. Studie des Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.
- Rat für Nachhaltige Entwicklung (2004). Empfehlungen Wald- und Holzwirtschaft in der Nachhaltigkeitsstrategie. Berlin.
- Reichmuth (2007): PV-Freiflächenanlagen der Zukunft – in Deutschland und im Ausland; Vortrag von Reichmuth vom IE-Leipzig beim 3. Workshop „PV-Freiflächenanlagen: Monitoring-Ergebnisse“, Berlin, 10.7.2007
- Reinhardt, G. und Zemanek, G. (2000): Ökobilanz Bioenergieträger, Basisdaten, Ergebnisse, Bewertungen, Erich-Schmidt-Verlag, Berlin.
- REN21. 2006. "Renewables Global Status Report 2006 Update" (Paris: REN21 Secretariat and Washington, DC:Worldwatch Institute).
- Rettet den Regenwald e.V., Deutschland, Stellungnahme im Rahmen von "Review of EU biofuels directive" (10.07.2006).
- Rode, M., Schneider, C., Ketelhake, G. und Reißhauer, D. (2005): Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung. Ergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 80283040 des Bundesamtes für Naturschutz. BfN –Skripten 136. Bonn.
- Rode, M. und H. Kanning (2005): Biomasse – neue Energien auch für Naturschutz und Raumplanung? Dokumentation der Tagung am 3. April 2003 im Leibnizhaus Hannover (www.uni-hannover.de/biomasse/veranstaltungen/veranst3.htm#top)
- Rode, M. und H. Kanning (2006): Beiträge der räumlichen Planungen zur Förderung eines natur- und raumverträglichen Ausbaus des energetischen Biomassepfades. Informationen zur Raumentwicklung, 1/2. 2006, S. 103-110
- Rösch, C. (2003): Energie aus Grünland – eine nachhaltige Entwicklung? Technikfolgenabschätzung, Nr. ¾, 12. Jg., S. 38-45.

- Rösch, C. und Weitowitz, A. (2004): Mehr Bioenergie durch geringeren Fleischverzehr. *Ökologie & Landbau* 132, 4.
- Rothermel, J. (2003): Nachwachsende Rohstoffe in der chemischen Industrie. In: BMVEL und FNR (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie – 8. Symposium 2003. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 22, Landwirtschaftsverlag, Münster, S. 17-31.
- Schepelmann, P. (1995): Stoffverluste als Indikatoren für die Nachhaltigkeit der Landnutzung. Diplomarbeit am Fachbereich Umwelt und Gesellschaft der TU Berlin.
- Schlagheck, H. (2003): Die Landwirtschaft als Energie- und Rohstoffproduzent. In: BMVEL und FNR (Hrsg.): Nachwachsende Rohstoffe für die Chemie – 8. Symposium 2003. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 22, Landwirtschaftsverlag, Münster, S. 32-43.
- Schmitt, B. und Jung, P. (2003): Ganzheitliche Betrachtung der energetischen Holznutzung in Luxemburg. URL:
http://www.crte.lu/mmp/online/website/function/documentation/file_4643/crte-ael_holzenergiebericht.pdf
- Schmitz, N. (2005): Marktanalyse nachwachsende Rohstoffe. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe der FNR – in Vorbereitung.
- Schmitz, N. (Hrsg.) (2003): Bioethanol in Deutschland - Verwendung von Ethanol und Methanol aus nachwachsenden Rohstoffen im chemisch-technischen und im Kraftstoffsektor unter besonderer Berücksichtigung von Agraralkohol. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 21. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster. ISBN 3-7843-3217-X.
- Schmitz, N., Henke, M., Klepper, G., Wilkening, L., Wilkening, L., Nolte, B., Kalies, M. und Kaltschmitt, M. (2005): Innovations in the production of Bioethanol and their implications for energy and greenhouse gas balances - New production processes, potentials for optimization, international experiences and market developments. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 26. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster.
- Schneider, B. U., Hüttel, R. F., Bannick, C. B., Repmann, F. und Grünwald, H. (2006): EU Strategien zu Bodenschutz und Nachwachsenden Rohstoffen - Handlungsrahmen und Perspektiven auf europäischer Ebene. In: Energiefruchtfolgen, Stoffkreisläufe, Bodenfruchtbarkeit : Tagungsband zur Fachveranstaltung von ilu, BGK und VHE am 5. Oktober 2006 in Bonn, ISBN 3-986898-27-5, Seiten 15-29.
- Schneider, F. (2005): Fallbeispiel: Weitergabe von brauchbaren Produkten aus Produktion und Handel. Präsentation SS 2005. Institut für Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien.

- Schneider, F. und Obersteiner, G. (2007): Nahrungsmittel im Restmüll. Universität für Bodenkultur Wien. <http://www.wau.boku.ac.at/10270.html>
- Schöne, F. (2007): Energiepflanzen: Segen oder Fluch? DNR Deutschland-Rundbrief 04.07. S.12-13
- Schönleber, N., Henze, A. und Zeddies, J. (2007): Angebotspotenziale der Landwirtschaft in Europa zur Sicherung der Nahrungsmittelproduktion und ihr potenzieller Beitrag zu erneuerbaren Energien. Paper prepared for presentation at the 47th annual conference of the GEWISOLA (German Association of Agricultural Economists) and the 17th annual conference of the ÖGA (Austrian Association of Agricultural Economists), 'Changing Agricultural and Food Sector', Freising/Weihenstephan, Germany, September 26-28, 2007.
- Scholwin, F., Thrän, D., Daniel, J., Weber, M., Weber, A., Fischer, E., Jahraus, B., Klinski, S., Vetter, A. und Beck, J. (2007): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Endbericht. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
- Schütz, H. (2003): Economy-wide material flow accounts, land use accounts and derived indicators for Germany - "MFA Germany". Final report to the Commission of the European Communities – DG Eurostat/B1, CONTRACT REF No. 200141200028
- Schütz, H., Moll, S. und Steger, S. (2003): Economy-wide material flow accounts, foreign trade analysis, and derived indicators for the EU. Study for the European Commission, DG Euro-stat/B1, Contract no.200241200011. Wuppertal, Germany, Wuppertal Institute for Climate, Environment, Energy
- Schütz, H., Moll, S. und Bringezu, S. (2003): Globalisierung und die Verlagerung von Umweltbelastungen - Die Stoffströme des Handels der Europäischen Union, Wuppertal Paper 134, Wuppertal.
- Shean, M.J. (2003): Brazil: Future Agricultural Expansion Potential Underrated. USDA Production estimates and crop assessment division, foreign agricultural service.
- Siegert, F. (2007): Statement in: Klima-Killer Palmöl – Das schmutzige Geschäft mit Blockheizkraftwerken. Bayerischer Rundfunk report München, Sendung vom 12.03.2007.
- Siemons, R., Vis, M., van den Berg, D., Chesney, I., Whiteley, M. und Nikolaou, N. (2004): BIO-ENERGY'S ROLE IN THE EU ENERGY MARKET - A view of developments until 2020. Report to the European Commission. Enschede/The Netherlands.
- Sonnenseite (2007): Weltgrößtes Solarfeld „Waldpolenz“ in Betrieb genommen; Aktuelle Nachricht vom 29.08.07 auf www.sonnenseite.com; Zugriff, 3.9.07

- Sörgel, C. und Mantau, U. (2003): Standorte der Holzwirtschaft. Holzwerkstoffindustrie, Holzschliff und Zellstoffindustrie, Sägeindustrie, BFH-Nachrichten 4/2003, <http://www.bfafh.de/iud/projekte/4-2003/3-8.pdf>.
- SRU, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Hrg. (1992): Umweltprobleme der Landwirtschaft. Sachbuch Ökologie. Wiesbaden
- SRU, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Hrg. (2004): Umweltgutachten 2004 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen. Umweltpolitische Handlungsfähigkeit sichern. Wiesbaden
- SRU, Sachverständigenrat für Umweltfragen, Hrg. (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten Hausdruck. Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2001): Endbericht zum Projekt "A Physical Input-Output-Table for Germany 1995", Vertragsnummer 98/559/3040/B4/MM, Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2006): 82 Prozent des nutzbaren Holzzuwachses im Wald wurden 2004 eingeschlagen. Pressemitteilung vom 6. Juli 2006. Wiesbaden
- Steger, S. (2005): Der Flächenrucksack des europäischen Außenhandels mit Agrarprodukten. Wuppertal Paper 152. Wuppertal.
- TAB, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Hrg. (2004): Instrumente zur Steuerung der Flächennutzung. Auswertung einer Befragung der interessierten und betroffenen Akteure. Hintergrundpapier Nr. 10. Berlin
- T&E (2007): Reducing CO₂ emissions from new cars. 2006 progress report on the car industry's voluntary commitment. September 2007. Brussels.
- Thrän, D., Weber, M., Scheuermann, A., Fröhlich, N., Zeddies, J., Henze, A., Thoroe, C., Schweinle, J., Fritsche, U.R., Jenseit, W., Rausch, L. und Schmidt, K. (2005): Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext. Studie für das BMU. Endbericht. Leipzig.
- UFOP (2006a): Biodiesel und pflanzliche Öle als Kraftstoffe – aus der Nische in den Kraftstoffmarkt. Stand und Entwicklungsperspektiven. Berlin.
- UFOP (2006b): Rohstoffpotenziale für die Produktion von Biodiesel. Eine Bestandsaufnahme. Berlin.
- UFOP (2007): Biodiesel & Co. Auszüge aus dem UFOP Bericht 2006/2007. Berlin.
- UMSICHT (2006): Raster zur Beschreibung der Nawaro-Segmente Öle und Fette, Kohlehydrathaltige Pflanzen und Faserpflanzen für die stoffliche Nutzung. Interne Dokumente. Wuppertal Institut.
- UNECE (2005) European Forest Sector Outlook Study. Main Report. Geneva Timber and Forest Study Paper 20. ECE/TIM/SP/20. Geneva, Switzerland.

UNEP (2007): The last stand of the orangutan. State of emergency: illegal logging, fire and palm oil in Indonesia's national parks. Rapid Response Assessment.

UNFCCC (2006): National greenhouse gas inventory data for the period 1990-2004 and status of reporting. Nairobi.

UNI Göttingen (2006): Rohholzmobilisierung in Deutschland: Stand des Wissens. Göttingen.

UNITED NATIONS (UN): Millenium Ecosystem Assessment.

<http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>

Van den Sand, I., Acosta-Fernandez, J. und Bringezu, S. (2007): Abschätzung von Potenzialen zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs im Automobilsektor. Projektergebnisse „Steigerung der Ressourcenproduktivität als Kernstrategie einer nachhaltigen Entwicklung“. Projekt im Auftrag des BMBF. Wuppertal.

Van der Voet, E., van Oers, L., Moll, S., Schütz, H., Bringezu, S., de Bruyn, S., Sevenster, M. und Warringa, G. (2004): Policy Review on Decoupling: Development of indicators to assess decoupling of economic development and environmental pressure in the EU-25 and AC-3 countries. CML report 166, Leiden: Institute of Environmental Sciences (CML), Leiden University - Department Industrial Ecology. www.leidenuniv.nl/cml/ssp/

VDA (2007): Leitfaden zu Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen.

VDP (2006): Papier Kompass 2006. Verband deutscher Papierfabriken e.V. (VDP). www.vdp-online.de

VDP (o.J.): Papier machen. Verband deutscher Papierfabriken e.V. (VDP). www.vdp-online.de

von Weizsäcker, E.U., Hunter, A.B. und Hunter Lovins, L. (1995): Faktor Vier – Doppelter Wohlstand - halbiertes Naturverbrauch. Der neue Bericht an den Club of Rome Droemer Knaur Verlag, München 1995. 352 Seiten. ISBN 3-426-26877-9

WBGU (2003): Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.

WEGAS (2006): Presseinformation 14-06 vom 21.6.2006.

Weidner, E. und Kumpmann, I. (2005): (Bio-)raffiniert - vom Acker in den Tank. Rubin, 2, S. 6-13.

Weiß, M. (2004): Flächenbezogener Vergleich von Umweltbelastungen durch Produktalternativen auf Basis nachwachsender und fossiler Grundstoffe. Diplomarbeit. TU Bergakademie Freiberg.

Weiß, M., Bringezu, S. und Heilmeier, H. (2003/2004): Energie, Kraftstoffe und Gebrauchsgüter aus Biomasse: Ein flächenbezogener Vergleich von Umweltbelastungen durch Produkte aus nachwachsenden und fossilen Rohstoffen. Zeitschrift für angewandte Umweltforschung (ZAU), Jg. 15/16, H. 3-5, S. 361-378.

- Wiegmann, K. und Fritsche, U.R. (2004): Bioenergie und Naturschutz. Pdf.
- Wösten, H. (2007): (Alterra, Wageningen University and Research Centre): Schriftliche Mitteilung vom 08.10.2007
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie, Institut für Energetik und Umwelt gemeinnützige GmbH, Fraunhofer Institut Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik UMSICHT, Gaswärmeinstitut E.V. Essen GWI, Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen Institut Arbeit und Technik (2006): Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse. Untersuchung im Auftrag von BGW und DVGW. Band 1: Gesamtergebnisse und Schlussfolgerungen. Wuppertal.
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie (2004): Evaluation of policy measures and methodes to reduce diffuse water pollution. Wuppertal
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie und RWI (2008): Nutzungskonkurrenzen bei Biomasse – Auswirkungen der verstärkten Nutzung von Biomasse im Energiebereich auf die stoffliche Nutzung in der Biomasse verarbeitenden Industrie und deren Wettbewerbsfähigkeit durch staatlich induzierte Förderprogramme. Ein Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie GmbH (WI) und des Rheinisch-Westfälischen Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Endbericht. 25. April 2008. Wuppertal, Essen.
- Würdinger, E., Roth, U., Wegeer, A., Peche, R., Rommel, W., Kreibe, S., Nikolakis, A., Rüdenauer, I., Pürschel, C., Ballarin, P., Knebel, T., Borken, J., Detzel, A., Fehrenbach, H., Giegrich, J., Möhler, S., Patyk, A., Reinhardt, G.A., Vogt, R., Mühlberger, D. und Wante, J. (2002): Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen: Vergleichende Ökobilanz für Loose-fill-Packmittel aus Stärke bzw. Polystyrol. Endbericht DBU-Az. 04763.
- WWF (2004): Illegaler Holzeinschlag. Hintergrundinformation April 2004.
www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf-alt/waelder/HG_Illegaler_Holzeinschlag_0404.pdf
- WWF, Hrg. (2007): Regenwald für Biodiesel? Ökologische Auswirkungen der energetischen Nutzung von Palmöl. WWF Deutschland, Frankfurt a. M.
- Zehnder, A.J.B. (2002): Wasserressourcen und Bevölkerungsentwicklung. Nova Acta Leopoldina NF 85, Nr. 323, 399-418.