

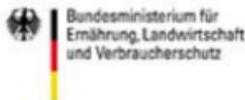
Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen

Studie für das Bundesministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz

vertreten durch die

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow

Michael Nusser (Projektleitung), Patrick Sheridan,
Rainer Walz, Philipp Seydel, Sven Wydra





Herausgeber:

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Hofplatz 1

18276 Gülzow

Tel.: (0 38 43) 69 30- 0

Fax: (0 38 43) 69 30-102

E-Mail: info@fnr.de

Internet: <http://www.fnr.de>

September 2007

Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder archiviert werden.

Die Studie wurde aus Mitteln des BMELV über die FNR gefördert (Förderkennzeichen 02 NR 085). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den AutorInnen.

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

Endbericht

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
(Fraunhofer ISI), Karlsruhe
Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft der
Justus-Liebig-Universität, Gießen

Autoren:

Dr. Michael Nusser (Projektleitung, Fraunhofer ISI)
Philipp Seydel (Fraunhofer ISI)
Patrick Sheridan (Universität Gießen)
PD Dr. Rainer Walz (Fraunhofer ISI)
Sven Wydra (Fraunhofer ISI)

unter Mitarbeit von

Prof. Friedrich Kuhlmann (Universität Gießen)
Dr. Thomas Reiß (Fraunhofer ISI)
Nils Roloff (Fraunhofer ISI)
Dr. Peter Ströde (Universität Gießen)
Dr. Bernd Weinmann (Universität Gießen)

Juni 2007

Inhaltsverzeichnis	Seite
Tabellenverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	v
1 Zusammenfassung	1
1.1 Zielsetzung, Untersuchungsdesign und Methodik.....	1
1.2 Modellergebnisse Basisszenarien 2004, 2010, 2020	4
1.3 Netto-Beschäftigungswirkungen 2010 und 2020.....	12
1.4 Modellergebnisse für die Sensitivitätsanalysen.....	14
1.5 Gesamtfazit.....	15
2 Fragestellung, Untersuchungsdesign und Methodik	17
2.1 Ausgangssituation und methodischer Ansatz	17
2.2 Methodik zur Berechnung der direkten und indirekten Beschäftigungseffekte (Brutto- und Nettoeffekte)	20
2.3 Methodik zur Berechnung der Effekte in der Landwirtschaft.....	26
3 Rahmenbedingungen	29
3.1 Agrarpolitische Rahmenbedingungen	29
3.1.1 Die EU Agrarpolitik.....	29
3.1.1.1 Entkoppelte Förderung.....	29
3.1.1.2 Produktspezifische Förderung	34
3.1.1.3 Die Cross-Compliance Regelung.....	36
3.1.1.4 Natur-, boden- und landschaftsschutzrechtliche Regelungen bei der Grünlandnutzung.	37
3.1.1.5 Technische Regelungen bei der thermischen Nutzung von Getreide	38
3.1.1.6 Zur Problematik des Anbaus von Pappelplantagen zur energetischen Verwertung	39

	Seite
3.1.1.7	Reform der Zuckermarktordnung und Anbau von Ethanolrüben 41
3.1.2	Agrarökonomische Rahmenbedingungen 43
3.1.2.1	Preisentwicklungen ausgewählter Agrarprodukte 43
3.1.2.2	Entwicklungen der technologischen Rahmenbedingungen 48
3.2	Ökonomische und sonstige Rahmenbedingungen 51
4	NAWARO-Szenarien 2004, 2020 und 2020: NAWARO-Marktpotenziale und Mengenbedarf an NAWARO-Pflanzen in Deutschland..... 57
4.1	Zum Verständnis von Szenarien 57
4.2	NAWARO-Marktpotenziale und NAWARO-Mengenbedarf in den Verwendungsbereichen..... 60
4.2.1	Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe..... 60
4.2.1.1	Bioethanol 60
4.2.1.2	Biodiesel und Pflanzenöl 64
4.2.1.3	Biomass to liquid (BTL) 66
4.2.2	Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse 67
4.2.3	Verwendungsbereich Chemierohstoffe 73
4.2.3.1	Basisstoffe Fette und Öle, Stärke, Zucker und Cellulose 73
4.2.3.2	Farben und Lacke 74
4.2.3.3	Biogene Schmierstoffe 75
4.2.3.4	Phytopharmaka und Kosmetika 76
4.2.4	Verwendungsbereich Werkstoffe 78
4.2.4.1	Verpackungsprodukte 78
4.2.4.2	Faserverbundwerkstoffe und Formteile 79
4.2.4.3	Textilien 80
4.2.4.4	Dämmprodukte..... 82
4.2.5	Gesamtübersicht alle Verwendungsbereiche 83

	Seite
4.3	NAWARO-Angebotsmengen aus der deutschen Landwirtschaft.....86
4.3.1	Zur Bestimmung des Angebotspotenzials.....86
4.3.2	Szenarienannahmen für die Simulation des Angebotspotenzials in der deutschen Landwirtschaft88
4.3.3	Angebotspotenziale und relative Vorzüglichkeiten der betrachteten Kulturpflanzen91
4.3.3.1	Getreidepflanzensilage (Energiegetreidepflanzen Biogas)97
4.3.3.2	Getreideganzpflanzen (Energiegetreidepflanzen).....98
4.3.3.3	Ethanolrüben.....98
4.3.3.4	Faserhanf.....101
4.3.3.5	Faserlein103
4.3.3.6	Getreidedruschfrüchte (Weizen, Gerste, Roggen, Triticale, Körnermais).....105
4.3.3.7	Körnersonnenblumen.....107
4.3.3.8	Kurzumtriebspappel (KUP)108
4.3.3.9	Miscanthus.....110
4.3.3.10	Öllein.....112
4.3.3.11	Silomais114
4.3.3.12	Stärkekartoffel.....116
4.3.3.13	Winterraps.....117
4.3.3.14	Angebotspotenziale bei steigenden realen Agrarpreisen im Sensitivitätsszenario 2020.....118
5	Modellergebnisse zu den gesamtwirtschaftlichen Wirkungen119
5.1	Gesamtbewertung über alle Verwendungsbereiche119
5.2	Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe126
5.3	Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse131
5.4	Verwendungsbereich Chemierohstoffe135
5.5	Verwendungsbereich Werkstoffe142

	Seite
5.6	Netto-Beschäftigungseffekte 149
5.7	Modellergebnisse Sensitivitätsszenarien..... 152
5.8	Außenhandelseffekte und Exportpotenziale von NAWARO-Technologien und NAWARO-Produkten 155
5.8.1	Beschränkung in der Datenverfügbarkeit und verwendete Außenhandelsindikatoren..... 155
5.8.2	Exportpotenziale von NAWARO-Technologien bei biogenen Kraftstoffen und Energie/Strom aus Biomasse 158
5.8.3	Exportpotenziale von NAWARO-Produkten bei Chemierohstoffen und Werkstoffen 160
6	Modellergebnisse zu den Effekten in der Landwirtschaft 167
6.1	Einkommens- und Beschäftigungseffekte in der deutschen Landwirtschaft – Kulturpflanzen 171
6.2	Einkommens- und Beschäftigungseffekte in der deutschen Landwirtschaft – Verwendungsbereiche 183
6.2.1	Biogene Kraftstoffe 186
6.2.2	Energie/Strom aus Biomasse 187
6.2.3	Chemierohstoffe (inkl. Schmierstoffe) 188
6.2.4	Werkstoffe 189
6.3	Gesamtbewertung über alle Verwendungsbereiche 189
7	Anhang 191
7.1	Anhang 1: Modellbeschreibung des Fraunhofer Input- Output-Modells ISIS 191
7.2	Anhang 2: Modellbeschreibung des agrarökonomischen Modells ProLand der Universität Gießen..... 197
8	Literatur 209

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1.1: Ökonomische Eckdaten der Basisszenarien 2004, 2010 und 20020	6
Tabelle 1.2: Zusammenfassung direkte, indirekte/induzierte Brutto-Beschäftigungswirkungen Basisszenarien 2004, 2010, 2020	8
Tabelle 1.3: Auswirkungen auf die deutsche Landwirtschaft für die Basisszenarien 2004, 2010 und 2020, differenziert nach Verwendungsbereichen.....	10
Tabelle 1.4: Auswirkungen auf die deutsche Landwirtschaft für die Basisszenarien 2004, 2010 und 2020, differenziert nach NAWARO-Pflanzen	11
Tabelle 1.5: Netto-Beschäftigungswirkungen 2010 und 2020 gegenüber 2004	13
Tabelle 2.1: Überblick über wichtige positive und negative Impulse einer Steigerung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe in Deutschland	25
Tabelle 2.2: Im Modell ProLand integrierte ackerbauliche Landnutzungssysteme	28
Tabelle 3.1: Regionale Flächenprämien ab 2013	32
Tabelle 3.2: Mindestpreise (€/t) für Zuckerrüben nach der Novellierung der Zuckermarktordnung	42
Tabelle 3.3: Annahmen zur Bevölkerung und der Anzahl der Haushalte in Mio.....	51
Tabelle 3.4: Projektion der Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftszweigen in Mrd. € in Preisen von 1995.....	52
Tabelle 3.5: Annahmen zu den Preisen der wichtigsten Energieträger in der deutschen Energieprognose von 2005 lt. EWI/Prognos.....	53
Tabelle 3.6: Entwicklung des Energieverbrauchs bis 2020.....	54
Tabelle 3.7: Wichtige Rahmenannahmen im Verkehrsbereich	55
Tabelle 4.1: Eckwerte für Bioethanol in den Basisszenarien	62
Tabelle 4.2: Eckwerte für Biodiesel (inkl. Pflanzenöl) in den Basisszenarien	65
Tabelle 4.3: Eckwerte für BTL-Kraftstoffe in den Basisszenarien	67

	Seite
Tabelle 4.4: Eckdaten EEG.....	68
Tabelle 4.5: Annahmen zum Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Wärme- und Strombereich in PJ p. a. in den Basisszenarien.....	70
Tabelle 4.6: Stromerzeugung in TWh p. a. in den Basisszenarien	71
Tabelle 4.7: Erlöse für die Bereitstellung von Endenergie durch nachwachsende Rohstoffe (in Mio. €) in den Basisszenarien.....	72
Tabelle 4.8: Eckwerte der Basisszenarien für die Chemiebasisstoffe Fette und Öle, Stärke, Zucker und Cellulose	74
Tabelle 4.9: Eckwerte der Basisszenarien für Farben und Lacke.....	75
Tabelle 4.10: Eckwerte der Basisszenarien für biogene Schmierstoffe.....	76
Tabelle 4.11: Eckwerte der Basisszenarien für Phytopharmaka	77
Tabelle 4.12: Eckwerte der Basisszenarien für Naturkosmetik.....	77
Tabelle 4.13: Eckwerte der Basisszenarien für Verpackungsprodukte (exkl. Holz).....	79
Tabelle 4.14: Eckwerte der Basisszenarien für Faserverbundwerkstoffe und Formteile (inklusive Holz).....	80
Tabelle 4.15: Eckwerte der Basisszenarien für Textilien	81
Tabelle 4.16: Eckwerte der Basisszenarien für Dämmstoffe (inklusive Holz und exklusive Cellulose)	83
Tabelle 4.17: Ökonomische Eckdaten der Basisszenarien 2004, 2010 und 2020	84
Tabelle 4.18: Mengenbedarf an NAWARO-Pflanzen in den Basisszenarien 2004, 2010 und 2020	85
Tabelle 4.19: Grundannahmen Basisszenarien 2010 und 2020.....	88
Tabelle 4.20: Flächenanteile der Ränge eins bis fünf der nach Bodenrente sortierten Kulturpflanzen im Basisszenario 2020	95
Tabelle 4.21: Flächen und Angebotspotenziale in den Basisszenarien 2010 und 2020	96
Tabelle 4.22: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Ethanolrüben in den Basisszenarien 2010 und 2020.....	99

Seite

Tabelle 4.23:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Faserhanf im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen	101
Tabelle 4.24:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Faserlein im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen	103
Tabelle 4.25:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Getreide in den Basisszenarien 2010 und 2020	106
Tabelle 4.26:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Winterroggen im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen	107
Tabelle 4.27:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Sonnenblumen im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen	108
Tabelle 4.28:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Kurzumtriebspappeln im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen.....	109
Tabelle 4.29:	Transportkosten je Tonne FM und GJ für Kurzumtriebspappeln und Miscanthus	111
Tabelle 4.30:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Miscanthus im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen	111
Tabelle 4.31:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Öllein im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen	113
Tabelle 4.32:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Silomais in den Basisszenarien 2010 und 2020	115
Tabelle 4.33:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Stärkekartoffeln in den Basisszenarien 2010 und 2020	117
Tabelle 4.34:	Anbauflächen und Angebotspotenzial von Winterrops in den Basisszenarien 2010 und 2020	118
Tabelle 5.1:	Zusammenfassung der direkten, indirekten und induzierten Brutto-Beschäftigungswirkungen NAWARO-Basisszenario 2004	121
Tabelle 5.2:	Zusammenfassung der direkten, indirekten und induzierten Brutto-Beschäftigungswirkungen NAWARO-Basisszenario 2010	122
Tabelle 5.3:	Zusammenfassung der direkten, indirekten und induzierten Brutto-Beschäftigungswirkungen NAWARO-Basisszenario 2020	123

	Seite
Tabelle 5.4: Zusammenfassung der Netto-Beschäftigungswirkungen des NAWARO-Zuwachses gegenüber 2004	151
Tabelle 5.5: Außenhandelsdaten zu wichtigen Teilbereichen des Investitionsgütergewerbes für das Jahr 2005	160
Tabelle 5.6: Welthandelsanteile an OECD23, Durchschnitt für den Zeitraum 2004 und 2005	161
Tabelle 5.7: Exportquote (Exportanteil am Umsatz), Durchschnitt für den Zeitraum 2004 und 2005	163
Tabelle 5.8: Export-Importquoten an OECD23, Durchschnitt der Jahre 2002/03	164
Tabelle 6.1: NAWARO Mengen- und Flächenbedarf.....	170
Tabelle 6.2: Einkommens- und Beschäftigungseffekte in der deutschen Landwirtschaft nach Kulturpflanzen	172
Tabelle 6.3: Durchschnittliche Deckungsbeiträge, Bodenrenten, Arbeitskosten und Arbeitszeitbedarfe für Deutschland im Basisszenario 2020.....	174
Tabelle 6.4: Deckungsbeiträge, Bodenrenten und Arbeitskosten (ohne Zeiten für Management und allgemeine Betriebsarbeiten) nach Kulturpflanzen für Deutschland im Basisszenario 2020	175
Tabelle 6.5: Arbeitskosten und Arbeitszeitbedarf einschließlich Zeiten für Management und allgemeine Betriebsarbeiten für Deutschland im Basisszenario 2020	176
Tabelle 6.6: Deckungsbeiträge in €/ha nach Kulturpflanzen und Bundesländern im Basisszenario 2020.....	177
Tabelle 6.7: Arbeitszeitbedarf in AKh/ha nach Kulturpflanzen und Bundesländern im Basisszenario 2020.....	180
Tabelle 6.8: Flächenbedarf, Arbeitsplätze und Transferzahlungen für Deutschland im Basisszenario 2020	182
Tabelle 6.9: Einkommens- und Beschäftigungseffekte in der deutschen Landwirtschaft nach Verwendungsbereichen	184
Tabelle 6.10: Flächenbedarf und Arbeitsplätze nach Verwendungsbereichen und Kulturpflanzen	185

Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1.1: Schematische Darstellung Untersuchungsdesign	1
Abbildung 1.2: Untersuchungsbereich: Beschäftigungswirksame Bereiche.....	3
Abbildung 1.3: Überblick über die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zur Beschäftigungswirkung im Jahr 2020.....	15
Abbildung 2.1: Schematische Darstellung Untersuchungsdesign	20
Abbildung 2.2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der Berechnung der Brutto-Beschäftigung	23
Abbildung 2.3: Aufbau des Simulationsmodells ProLand.....	26
Abbildung 3.1: Nominale Protektionskoeffizienten ausgewählter Agrarprodukte.....	44
Abbildung 3.2: Preisentwicklung 2004 bis 2015 für Weizen, Raps, Gerste und Körnermais in US Dollar, Werte 2004/05 = 1	45
Abbildung 3.3: Preisentwicklung 2004 bis 2015 für Weizen, Raps, Gerste und Körnermais in Euro, Werte 2004/05 = 1	46
Abbildung 3.4: Entwicklung des Preises je Liter hydriertes Ethanol in São Paulo in Real und Euro	47
Abbildung 3.5: Relative Entwicklung der Ethanol- und Rohölnotierungen in US\$ und €, Werte 2004 = 1	48
Abbildung 3.6: Technische Fortschritte in der deutschen Landwirtschaft	49
Abbildung 4.1: Internationaler Vergleich Herstellungskosten Bioethanol (€ pro Liter)	63
Abbildung 4.2: Flächenverteilung und -anteile der besten, nach Bodenrente sortierten Kulturpflanzen im Basisszenario 2020	92
Abbildung 4.3: Flächenverteilung und -anteile der zweitbesten, nach Bodenrente sortierten Kulturpflanzen im Basisszenario 2020.....	93
Abbildung 4.4: Flächenverteilung und -anteile der drittbesten, nach Bodenrente sortierten Kulturpflanzen im Basisszenario 2020.....	94
Abbildung 4.5: Relative Bodenrenten von Ethanolrüben im Basisszenario 2020	100
Abbildung 4.6: Relative Bodenrente für Faserhanf im Basisszenario 2020	102
Abbildung 4.7: Relative Bodenrente für Faserlein im Basisszenario 2020.....	104

	Seite
Abbildung 4.8: Relative Bodenrente für Kurzumtriebspappel im Basisszenario 2020	110
Abbildung 4.9: Relative Bodenrente für Miscanthus im Basisszenario 2020	112
Abbildung 4.10: Relative Bodenrente für Öllein im Basisszenario 2020	114
Abbildung 4.11: Relative Bodenrente für Silomais im Basisszenario 2020.....	116
Abbildung 5.1: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe.....	130
Abbildung 5.2: Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe, differenziert nach Teilsegmenten.....	130
Abbildung 5.3: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse.....	133
Abbildung 5.4: Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 u. 2020 für den Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse, differenziert nach Teilsegmenten	134
Abbildung 5.5: Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich Chemierohstoffe, differenziert nach Teilsegmenten.....	136
Abbildung 5.6: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich Chemierohstoffe.....	136
Abbildung 5.7: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Chemiebasisstoffe (inkl. biogene Schmierstoffe)	137
Abbildung 5.8: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Farben und Lacke.....	139
Abbildung 5.9: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Phytopharmaka	140
Abbildung 5.10: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Naturkosmetik.....	141

Seite

Abbildung 5.11: Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich Werkstoffe, differenziert nach Teilsegmenten	143
Abbildung 5.12: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich Werkstoffe	143
Abbildung 5.13: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Verpackungsprodukte	144
Abbildung 5.14: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Naturfaserverbundwerkstoffe (NFK) und Formteile	146
Abbildung 5.15: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Textilien	147
Abbildung 5.16: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Dämmstoffe	148
Abbildung 5.17: Überblick über die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zur Brutto-Beschäftigung	153
Abbildung 5.18: Überblick über die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zur Netto-Beschäftigung	154

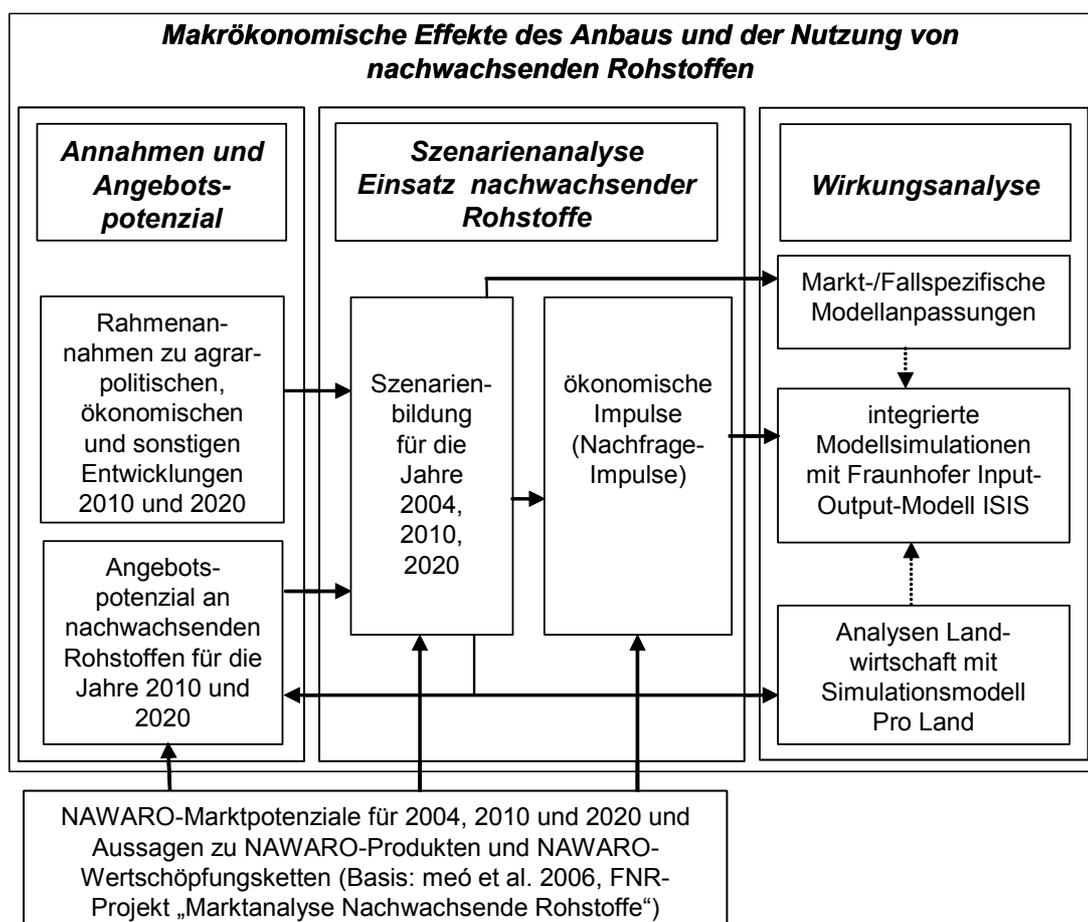
1 Zusammenfassung

1.1 Zielsetzung, Untersuchungsdesign und Methodik

Fossile Rohstoffe wie Erdöl, Erdgas und Kohle sind endlich. Die Syntheseleistung der Natur hingegen generiert jährlich über Photosynthese 170×10^9 Tonnen an nachwachsender Biomasse. Davon werden derzeit nur 6×10^9 Tonnen, d. h. weniger als 4 %, für die Ernährung sowie für energetische und stoffliche Zwecke genutzt (meó et al. 2006).

Das Projekt „Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen“ (NAWARO) stellt erstmals einen umfassenden Überblick über die makroökonomischen Effekte (insb. Beschäftigungs- und Einkommenseffekte) von nachwachsenden Rohstoffen bereit, um so eine wichtige Datenbasis für die Entwicklung künftiger Förder-, Innovations- und Nachhaltigkeitsstrategien zu schaffen. Abbildung 1.1 stellt das Untersuchungsdesign schematisch dar.

Abbildung 1.1: Schematische Darstellung Untersuchungsdesign



Quelle: Eigene Darstellung

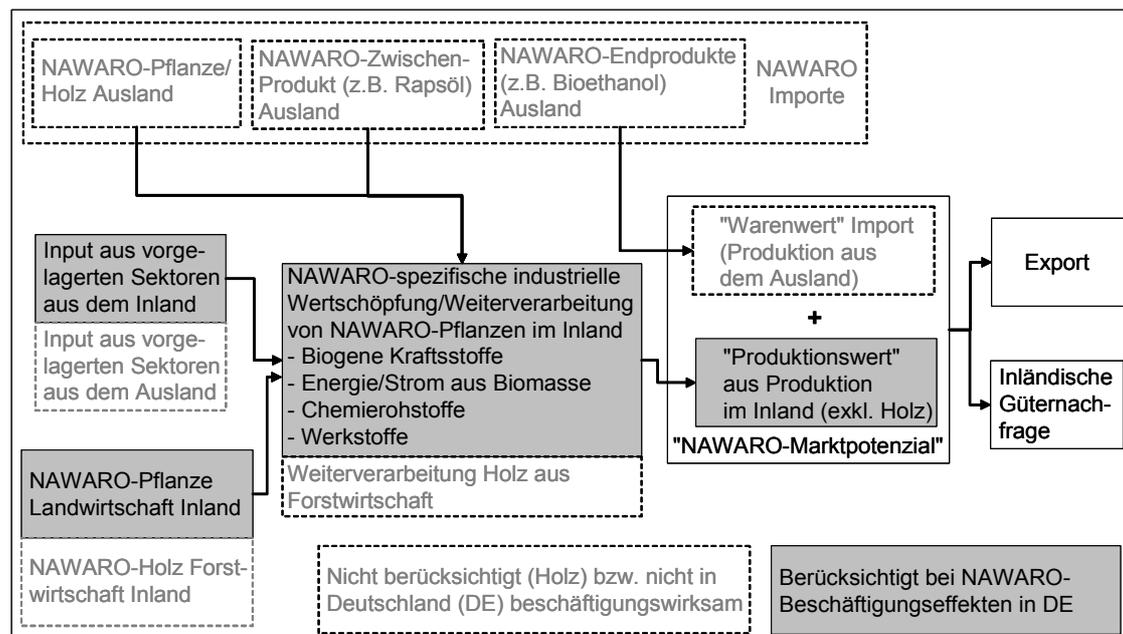
Ausgehend von den agrarpolitischen, ökonomischen, technologischen und sonstigen Entwicklungstrends sowie industriellen Verwendungs- bzw. privaten Nachfragepotenzialen werden konsistente Basisszenarien für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe in den Jahren 2004, 2010 und 2020 entwickelt. Mit Hilfe eines Input-Output-Modells und eines landwirtschaftlichen Simulationsmodells werden auf Basis der durch nachwachsende Rohstoffe (NAWARO) induzierten ökonomischen Nachfrageimpulse makroökonomische Wirkungsanalysen durchgeführt. Hierbei stehen vor allem die Beschäftigungseffekte der industriellen NAWARO-Weiterverarbeitung sowie die Arbeitsplatz- und Einkommenseffekte in der deutschen Landwirtschaft im Fokus der Untersuchungen. Die Input-Output-Modellberechnungen umfassen:

- **Brutto-Beschäftigungseffekte**, die in Deutschland mit dem Anbau und der industriellen Weiterverarbeitung von NAWARO aus der Landwirtschaft in den **Verwendungsbereichen biogene Kraftstoffe, Energie/Strom aus Biomasse, Chemierohstoffe** (inkl. biogene Schmierstoffe) und **Werkstoffe** verbunden sind.
- **Netto-Beschäftigungseffekte**: Neben den positiven Beschäftigungseffekten aus dem Zuwachs beim Anbau und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (Brutto-Beschäftigungseffekt) entstehen negative Beschäftigungseffekte, u. a. Effekte auf Grund der (relativen) „Schrumpfung“ bei den fossilen Energieträgern. Die Differenzen aus den positiven Brutto-Beschäftigungseffekten und den negativen Beschäftigungseffekten werden als Netto-Beschäftigungseffekte bezeichnet.
- Die Untersuchungsergebnisse berücksichtigen ausschließlich ökonomische Effekte im Zusammenhang mit **nachwachsenden Rohstoffen aus der Landwirtschaft**. Makroökonomische Wirkungsanalysen im Zusammenhang mit der Produktion von **nachwachsenden Rohstoffen aus der Forstwirtschaft** (z. B. Produktion von Holz) sowie den inländischen industriellen Wertschöpfungsprozessen, die mit Holz in Verbindung stehen (z. B. Holzverwendung in den Bereichen Energie/Strom oder die Herstellung von Werkstoffen wie z. B. Papier, Karton und Pappe), sind nicht Bestandteil der Untersuchungen (Abbildung 1.2).

Das Modellgerüst für die Ermittlung der Beschäftigungseffekte bildet ein statisches, offenes Input-Output-Modell des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung (ISIS-Modell). Kern des ISIS-Modells ist eine Verflechtungsmatrix, die die deutsche Volkswirtschaft in 71 Wirtschaftssektoren und verschiedene Endnachfrage-sektoren (u. a. privater und staatlicher Konsum, Export) unterteilt und damit die Güterverflechtung zwischen 71 Produktions- und Dienstleistungssektoren vollständig abbildet. Das Modell basiert auf den aktuellen Input-Output-Tabellen 2002 des Statistischen Bundesamtes. An entsprechenden Stellen (u. a. bei der Produktivitätsfortschreibung) wurde mittels geeigneter statistischer Quellen eine Anpassung an die Jahre 2004, 2010 und 2020 vorgenommen. Die NAWARO-Teilsegmente von Wirtschaftsbranchen (hier z. B. biogene Kraftstoffe oder Chemierohstoff-, Phytopharmaka-,

Naturkosmetik-, Dämmstoffmärkte) wurden in das ISIS-Modell eingefügt, indem analog zu den übrigen 71 Sektoren inputseitig die (Vorleistungs-) Güterbezüge von anderen Sektoren sowie outputseitig die Lieferungen an die übrigen Sektoren und die Endnachfrage quantifiziert wurden.

Abbildung 1.2: Untersuchungsbereich: Beschäftigungswirksame Bereiche



Quelle: Eigene Darstellung

Zur Herleitung des Angebotspotenzials von NAWARO-Pflanzen wurde das agrarökonomische Modell ProLand der Universität Gießen verwendet. ProLand ist ein deterministisches, komparativ-statisches, GIS-basiertes Computermodell, das die Simulation der expliziten räumlichen Verteilung von Landnutzungssystemen ermöglicht (Kuhlmann et al. 2002, Weinmann et al. 2006). Es bestimmt die bodenrentenmaximale Landnutzungsalternative und dazugehörige Kennzahlen wie Arbeitszeitbedarf, Maschinenkosten und Produktmengen für jede räumliche Einheit. Das Modell unterstellt bodenrentenmaximierendes Verhalten der Landnutzer, d. h. diese wählen diejenige Produktionsalternative, die unter gegebenen politischen, technologischen, und natürlichen Bedingungen die höchste Bodenrente auf einem Standort erwarten lässt. Dabei werden Standortparameter, die Einfluss auf die Kosten und Leistung von Landnutzungssystemen haben (u. a. Boden, Klima, Topographie und Landschaftsstruktur), ebenso berücksichtigt wie pflanzenbauliche, technologische und agrarpolitische Rahmenbedingungen.

1.2 Modellergebnisse Basisszenarien 2004, 2010, 2020

Szenarienannahmen: Die verwendeten NAWARO-Marktpotenziale basieren auf dem FNR-Projekt „Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe“ (meó et al. 2006) sowie persönlichen Abstimmungsgesprächen mit den Autoren dieser Studie. Die wichtigsten Annahmen für die vier Verwendungsbereiche lassen sich wie folgt zusammenfassen:

(1) Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe

Bei **Bioethanol** und **Biodiesel** (RME) werden die politisch vorgegebene Beimischungsziele, genauer 5,75 % (Energiegehalt) Biokraftstoffe bis Ende 2010, erreicht und Steuererleichterungen bzw. eine forcierte Politik zur Einsatzsteigerung fortbestehen. Negativ wirken eine starke internationale Konkurrenz (z. B. Brasilien) und sich öffnende Märkte bis 2020, weshalb Importquoten von 40 % unterstellt werden. Bei **BTL** gelten langfristig Steuererleichterungen/-befreiungen, relevante technische und technoökonomischen Hürden werden mittelfristig überwunden, so dass BTL-Kraftstoffe ab 2020 marktreif sind. Gegenwärtig ist nicht absehbar, welche NAWARO-Pflanzen eingesetzt werden, weshalb der Einsatz mehrerer NAWARO-Pflanzen (z. B. Kurzumtriebsholz/Pappeln, Miscanthus, Stroh) unterstellt wird.

(2) Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse

Im Bereich Energie/Strom wird der Fortbestand des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) unterstellt, das eine Abnahmepflicht von mit erneuerbaren Quellen erzeugten Elektrizitätsmengen zu im Voraus festgelegten Einspeisevergütungen festlegt.

(3) Verwendungsbereich Chemierohstoffe

Fette und Öle, Stärke, und Cellulose: Gewachsene, kapitalintensive Verbundstrukturen erschweren eine schnelle Diffusion von NAWARO-Produkten, daher wird mit einem „graduellen“ NAWARO-Marktwachstum von 2 bis 3 % p. a. gerechnet. Bei Zucker wird auf Grund der zunehmenden Bedeutung biotechnologischer Produkte ein Wachstum von 10 bis 15 % p. a. angenommen. Preislich nicht wettbewerbsfähige Inlandsprodukte (z. B. Cellulose) werden ebenso wie spezifische, in Deutschland aus klimatischen Gründen nicht angebaute NAWARO (z. B. Kokosnussöl) importiert.

Farben und Lacke: In diesen reifen Märkten ist das Wachstum an die allgemeine Wirtschaftsentwicklung geknüpft. Ein Wachstum von ca. 2 % p. a. wird daher unterstellt.

Biogene Schmierstoffe: Die Nutzung biologisch abbaubarer Schmierstoffe wird häufig in besonderen Branchensegmenten gefordert (biogene Hydrauliköle im Wasserbau). Die Potenziale sind bisher nicht ausgeschöpft. Der Anteil biostämmiger Schmier-/Hilfsstoffe soll bis 2010 um 5 % p. a. wachsen, danach bleibt das Marktvolumen konstant.

Phytopharmaka und Kosmetika: Das Marktsegment Phytopharmaka wächst mit ca. 4 % p. a. bis 2010 und mit rund 6 % p. a. ab 2010. Positive Treiber sind u. a. der Trend zur „sanften Medizin“ mit natürlichen Produkten, Vorbeugung und Selbstmedikation sowie der politische Wille, Antibiotika als Arzneimittel und Futterzusatzstoff bei Tieren durch natürliche Produkte zu ersetzen. Im Segment Naturkosmetik wird ein Wachstum von 6-7 % p. a. unterstellt. Positive Treiber sind u. a. die Orientierung hin zu „grünen“ Produkten, eine wachsende Nachfrage (u. a. von Männern, nach „Anti-Aging“-Kosmetik) sowie das wachsende Gesundheits-, Schönheits- und Fitnessbewusstsein. Bei den relativ arbeitsintensiv zu erzeugenden Heil- und Arzneipflanzen für Phytopharmaka- und Kosmetikprodukte werden sehr hohe Importe unterstellt.

(4) Verwendungsbereich Werkstoffe

Verpackungsprodukte: Die zunehmende Substitution von Verpackungen aus Glas, Metall, Papier und Pappe durch Kunststoffe, vor allem bei kurzlebigen Produkten (z. B. Obstverpackungen) wird weiter anhalten. NAWARO-Verpackungen können thermisch verwertet werden und senken Entsorgungskosten, da NAWARO-Produkte kompostiert werden können (d. h. keine „teure“ Entsorgung mit dem dualen System). Verbraucheraufklärung vorausgesetzt, wird ein Wachstum von 15-20 % p. a. unterstellt.

Faserverbundwerkstoffe und Formteile: Modifizierte Naturfasern können im Automobilbau zu höherwertigeren, leichteren und höher belastbaren Konstruktionen führen. Ein Wachstum von rund 10 % ab 2010 ist realistisch, wobei bis 2010 ein höheres Wachstum (auf niedrigem Niveau) unterstellt wird. Wichtige Treiber sind u. a. (umwelt)politische Zielsetzungen („umweltfreundliche Entsorgung, Demontage, Verwertung und Wiederverwendung von Werkstoffen“) sowie steigende Anforderungen an gesundheitlich unbedenkliche Werkstoffe, technische Vorteile, steigende Entsorgungskosten bei kürzer werdenden Produktlebenszyklen sowie die Passfähigkeit zu den Nachhaltigkeitskonzepten der Unternehmen.

Textilien: Die Märkte für Bekleidung und Textilien stagnieren, daher wird ein Wachstum von 1 bis 2 % p. a. unterstellt. Auf Grund des internationalen Verdrängungswettbewerbs, der langen arbeitsintensiven Wertschöpfungskette und hohen deutschen Lohnkosten werden sehr hohe Endprodukt-Importquoten unterstellt.

Dämmprodukte: In Deutschland sind 26 Mio. Wohneinheiten energetisch sanierungsbedürftig. Bei Altbausanierungen eignet sich die Einblastechnik mit NAWARO gut. Ein Wachstum bis 2010 von 15 % p. a. und ca. 5 % ab 2010 wird daher unterstellt.

Für alle Märkte gilt: Hohe bzw. steigende Rohölpreise erhöhen die relative preisliche Wettbewerbsfähigkeit von NAWARO. Alle Annahmen zu den quantitativen Eckdaten der Basisszenarien 2004, 2010 und 2020 sind in Tabelle 1.1 zusammengefasst.

Tabelle 1.1: Ökonomische Eckdaten der Basisszenarien 2004, 2010 und 2020

	NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)			Inländische NAWARO- Pflanzen (Rohstoff)	Pflanzenaufteiler			Importanteil NAWARO-End-/ Zwischenprodukt Importanteil NAWARO-Pflanze		
	2004	2010	2020		2004	2010	2020	2004	2010	2020
Biogene Kraftstoffe										
RME plus Pflanzenöle	950	2150	3100	Rapsamen	100%	100%	100%	15%	40%	40%
Ethanol	50	1300	1540	Weizenkörner	70%	65%	50%	---	---	---
				Roggenkörner	30%	25%	20%	---	---	---
				Zuckerrüben	---	10%	15%	---	---	---
				Lignocellulose aus Miscanthus	---	---	15%	---	---	---
BTL	0	0	3600	Stroh	---	---	40%	---	---	0%
				Energiegetreidepflanzen	---	---	20%	---	---	0%
				Kurzumtriebsholz/Pappeln	---	---	30%	---	---	0%
				Miscanthus	---	---	10%	---	---	0%
Energie / Strom aus Biomasse										
Wärme Biomasse	475	500	575	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Strom sonstige NAWARO (exkl. Holz)	4,5	9,5	14,5	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
	2,5	15,0	20,0							
	0,0	5,0	10,0	Stroh/Energiepflanzen - KUP - Miscanthus	1/3	1/3	1/3	---	0%	0%
	4,5	4,5	4,5	Rapsöl und sonstige Öle	2/3	Raps	1/3	20%	30%	30%
Strom/Wärme aus Biogas	175	630	1000	Energiegetreidepflanzen	0%	15%	25%	0%	0%	0%
				Gülle, Reste (u.a. Kartoffel-/Rübenblätter)	90%	35%	25%	0%	0%	0%
				Silomais (Ganzpflanze)	10%	50%	50%	0%	0%	0%
Chemierohstoffe										
Fette/Öle, Stärke, Zucker, Cellulose	1000	1205	1590							
Fette/Öle	435	500	600							
	60	70	84	Rapsamen (Rapsöl)	---	---	---	5%	15%	15%
	25	30	36	Sonnenblumensamen	---	---	---	50%	50%	50%
	45	50	60	Flachs-/Öleinsamen	---	---	---	50%	50%	50%
	25	30	36	Rapsamen/Rüben (Rüböl)	---	---	---	5%	15%	15%
	185	215	260	(Palmkern-/Kokosnussöl)	---	---	---	100%	100%	100%
	35	40	48	(Sojäd)	---	---	---	100%	100%	100%
	25	25	30	(Palmöl)	---	---	---	100%	100%	100%
	35	40	46	Sonstige (u.a. Mohn, Leindotter)	---	---	---	65%	65%	65%
Stärke	220	250	300	Stärkekartoffeln	45%	45%	45%	0%	0%	0%
				Weizenkörner	30%	30%	30%	10%	10%	10%
				Maiskörner	25%	25%	25%	55%	55%	55%
Zucker	50	100	275	Zuckerrüben	95%	98%	98%	0%	0%	0%
				Zuckerrohr	5%	2%	2%	---	---	---
Cellulose	250	300	350	Holz aus Forstwirtschaft bzw. 100% Imports NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Sonstige (Proteine, Farbstoff)	45	55	65	u.a. Erbse, Luine, Ackerbohne, Färberwau/-knöterich/-waid, Krapp, Saflor)						
Biogene Schmierstoffe	16	25	25	Raps	100%	100%	100%	5%	15%	15%
Farben und Lacke	600	675	800	Ann.: Export = Import						
Bindemittel	200	225	300	Als NAWARO-Input werden vor allem Fette/Öle, Stärke, Zucker und Cellulose aus der Chemiebranche verwendet. Diese Rohstoffbasis ist bereits berücksichtigt im Marktsegment Chemierohstoffe "Fette/Öle, Stärke, Zucker und Cellulose".						
Additive	20	23	30							
Lösemittel	15	12	10							
Druckfarben	350	400	450							
Färbepflanzen	15	18	22							
Kosmetik und Pharma	2700	3500	6400	Ann. Phytopharmaka/ Kosmetik: a) Export = Import b) Importquote Arzneipflanzen						
Phytopharmaka	2200	2800	5000	u.a. Pfefferminze, Knoblauch, Kamille, Baldrian, Fenchel,						
Naturkosmetik	500	700	1400	Zitronenmelisse, Johanniskraut, Gingseng						
Health Food				85% 90% 90%						
Werkstoffe										
Verpackungsprodukte (exkl. Holz)	0	206	850	0% 0% 25%						
Kunststoffverpackungen	0	188	750	Stärke aus Stärkekartoffeln zu 75% (plus 13% Cellulose und 12% petrochemisch basierte Rohstoffe)						
Mulchfolien/Pflanztüpe	0	18	100	0% 0% 0%						
Paletten und Kisten aus Holz	590	700	700	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Formteile/Faserverbundstoffe (inkl. Holz)	507	1015	1252	0% 0% 0%						
Interieur	506	900	1050	Holzfasern (Holz aus Forstwirtschaft)	28%	30%	30%	Holz wird nicht berücksichtigt		
Exterieur und Struktur	1,4	80	160	Rezyklierte Cottonfasern	51%	22%	22%	100%	100%	100%
Gehäuse	0	24	30	Hanf Ganzpflanze	2%	30%	30%	92%	0%	0%
Spielwaren, Sport, Freizeit	0	11	12	Flachs Ganzpflanze	13%	15%	15%	92%	0%	0%
				Sonstige	6%	3%	3%	100%	100%	100%
Leinen-Textilien (exkl. Cellulosefasern)	3025	3071	3518	85% 85% 85%						
Bekleidungstextilien	2400	2400	2750							
Heimtextilien (Leinen)	600	650	750	Leinen aus Flachs (Ganzpflanze)	100%	100%	100%	98%	98%	98%
Technische Textilien	25	21	18							
Cellulose Fasern	570	570	650	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Dämmstoffe (exkl. Cellulosefasern)	88	200	300	0% 0% 0%						
				Holz aus Forstwirtschaft	48%	45%	45%	Holz wird nicht berücksichtigt		
				Hanf Ganzpflanze	6%	15%	20%	50%	50%	50%
				Flachs Ganzpflanze	3%	10%	10%	75%	75%	75%
				Cellulose (Holz bzw. Import)	32%	25%	20%	100%	100%	100%
				Schafwolle	4%	2%	2%	100%	100%	100%
				Sonstige	7%	3%	3%	100%	100%	100%
Baustoffe (u.a. Rohbau, Innenraum)	6780	5950	5650	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Papier, Karton und Pappe	2705	2955	3240	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Möbel (gesamt)	9800	8500	7000	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						

Quelle: Eigene Darstellung (Datenbasis: meó et al. 2006 und eigene Berechnungen)

Brutto-Beschäftigungseffekte: Die Beschäftigungswerte umfassen

- **direkte Beschäftigungswirkungen:** a) beim **NAWARO-Anbau** in der deutschen Landwirtschaft, und b) bei der **industriellen Weiterverarbeitung**, d. h. bei der Umwandlung der Pflanzen zu NAWARO-Zwischen- und Endprodukten,
- **indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte:** Durch Ausgaben für Vorleistungskäufe bei Zuliefererbranchen (u. a. FuE- u. Ingenieursdienstleistungen) und Investitionstätigkeiten (u. a. zum Bau von Gebäuden) sind die NAWARO-Branchensegmente über Lieferverflechtungen mit vorgelagerten Sektoren verbunden. Dadurch entstehen indirekte und (investitions-)induzierte Beschäftigungseffekte.

Für die in Tabelle 1.1 unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen sind die Beschäftigungseffekte in Tabelle 1.2 dargestellt:

- **Basisszenario 2004:** Insgesamt sind in 2004 rund 76.300 Erwerbstätige an das NAWARO-Marktpotenzial geknüpft. Hiervon entfallen 54 % auf Chemierohstoffe (41.200), 24 % auf biogene Kraftstoffe (18.400), 15 % auf Werkstoffe (11.700) und 7 % auf Energie/Strom aus Biomasse (4.900).
- **Basisszenario 2010:** In 2010 sind insgesamt 110.400 Erwerbstätige mit dem NAWARO-Marktpotenzial verbunden. Dies bedeutet ein Anstieg gegenüber 2004 um 45 %. 40 % des Gesamt-Beschäftigungspotenzials entfallen auf Chemierohstoffe (44.400), 30 % auf biogene Kraftstoffe (34.200), 17 % auf Werkstoffe (18.600) und 12 % auf Energie/Strom aus Biomasse (13.200).
- **Basisszenario 2020:** In 2020 entspricht das NAWARO-Marktpotenzial 169.600 Arbeitsplätzen (+54 % gegenüber 2010, +123 % gegenüber 2004). Hiervon entfallen 45 % auf biogene Kraftstoffe (76.300), 34 % auf Chemierohstoffe (57.400), 13 % auf Werkstoffe (22.300) und 8 % Energie/Strom aus Biomasse (13.500). Auf Grund des starken Zuwachses bei biogenen Kraftstoffen (insb. BTL in 2020) verlieren relativ gesehen alle anderen Bereiche an Bedeutung.
- **Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte:** Der gesamtwirtschaftliche Beschäftigungseffekt wird mit dem Indikator der direkt Erwerbstätigen unzureichend erfasst. In 2004 induziert jeder der 35.100 direkten NAWARO-Arbeitsplätze weitere ca. 1,2, d. h. insgesamt 41.100 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren. Diese Multiplikatorwerte für 2010 liegen bei 1,3 (62.400/48.100) und 2020 bei 1,7 (107.200/62.400). Die Zunahme auf 1,7 beruht auf der zunehmende Bedeutung biogener Kraftstoffe (insb. BTL). Hier steigt der Multiplikator von 1,0 in 2004 auf 2,7 in 2020 an, da bei BTL (5,7) sehr arbeitsintensive Vorleistungsgüter (u. a. Transport von Miscanthus und Pappeln) benötigt und viele Investitionen für den Kapazitätsaufbau getätigt werden. Der hohe Wert für Biogas (ca. 5,7) in 2004 erklärt sich dadurch, dass als NAWARO-Input zu 90 % das Nebenprodukt Gülle und Reste verwendet wird, weshalb die direkten Effekte gering sind. Die Multiplikatorwerte für die Teilsegmente liegen meist zwischen 0,8-1,1 (z. B. Werkstoff-Segmente, Phytopharmaka) und um die 2,0 (z. B. Chemierohstoffsegmente).

Tabelle 1.2: Zusammenfassung direkte, indirekte/induzierte Brutto-Beschäftigungswirkungen Basiszenarien 2004, 2010, 2020

	Direkte Brutto-Erwerbstätige * (in Tsd., Zuwachs 2020/04 in %)			Indirekte/induzierte Brutto-Erw.t. (in Tsd., Zuwachs 2020/04 in %)			Brutto-Erwerbstätige gesamt (in Tsd., Zuwachs 2020/04 in %)					
	2004	2010	2020	Zuwachs	2004	2010	2020	Zuwachs	2004	2010	2020	Zuwachs
NAWARO insgesamt (Summe 1-4)	35,1	48,1	62,4	77 %	41,1	62,4	107,2	161 %	76,3	110,4	169,6	123 %
1. Biogene Kraftstoffe	9,1	14,4	20,5	125 %	9,3	19,8	55,8	501 %	18,4	34,2	76,3	315 %
- Biodiesel/RME	9,1	9,9	10,7	18 %	9,0	10,8	13,0	44 %	18,1	20,7	23,7	31 %
- Bioethanol	0,05	4,5	3,8	+++	0,3	9,0	8,3	+++	0,3	13,5	12,1	+++
- BTL	0	0	6,0	+++	0	0	34,5	+++	0	0	40,5	+++
2. Energie/Strom aus Biomasse **	0,8	4,1	5,9	638 %	4,1	9,1	7,6	88 %	4,9	13,2	13,5	178 %
- Strom sonstige NAWARO	0,1	0,1	0,1	-24 %	0,1	0,1	0,1	42 %	0,2	0,2	0,2	8 %
- Strom/Wärme Biogas	0,7	4,0	5,8	729 %	4,0	9,0	7,5	88 %	4,7	13,0	13,3	183 %
3. Chemierohstoffe	18,8	19,7	24,6	30 %	22,4	24,6	32,9	47 %	41,2	44,4	57,4	39 %
- Basisstoffe (insb. Fette/Öle, Stärke, Zucker) ***	2,4	2,4	2,1	-12 %	3,8	4,1	4,3	13 %	6,2	6,5	6,4	3 %
- Farben und Lacke	2,1	1,9	1,7	-19 %	3,7	3,6	3,5	-5 %	5,8	5,5	5,2	-10 %
- Biogene Schmierstoffe	0,2	0,2	0,2	11 %	0,2	0,2	0,1	-33 %	0,4	0,4	0,3	-11 %
- Pythopharmaka	12,5	13,3	17,7	43 %	11,4	12,7	18,5	62 %	23,9	26,0	36,2	52 %
- Naturkosmetik	1,7	1,9	2,8	75 %	3,3	4,0	6,5	97 %	4,9	5,9	9,3	90 %
4. Werkstoffe **	6,3	9,8	11,5	80 %	5,4	8,8	10,8	104 %	11,7	18,6	22,3	91 %
- Verpackungsprodukte	0	1,2	3,0	+++	0	1,3	3,2	+++	0	2,5	6,2	+++
- Formteile/Faserverbundstoffe	2,6	4,4	4,1	58 %	2,3	4,2	4,2	83 %	4,9	8,6	8,3	69 %
- Textilien	3,4	3,3	3,3	-3 %	2,7	2,5	2,4	-11 %	6,1	5,8	5,7	-7 %
- Dämmstoffe	0,4	0,9	1,1	175 %	0,3	0,8	1,0	233 %	0,7	1,7	2,1	200 %

* Inklusive direkt Beschäftigte in der deutschen Landwirtschaft.

** Holz Forstwirtschaft als NAWARO-Input wurde in der Studie nicht berücksichtigt (z. B. bei Wärme Biomasse, Baustoffe, Möbel, Papier/Karton/Pappe).
 *** exklusive Basisstoffe für Farben/Lacke, biogene Schmierstoffe, Pythopharmaka, Kosmetika (Werte sind in die jeweiligen Teilsegmente integriert).

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006 (Rundungsfehler möglich)

Effekte in der deutschen Landwirtschaft: Betrachtet man den technischen Fortschritt und die damit verbundenen Produktivitätssteigerungen in der Landwirtschaft seit 1950 und schreibt diesen Trend fort, was ausgehend von den derzeit verfügbaren aber noch nicht in vollem Umfang eingesetzten Agrartechnologien plausibel erscheint, werden bis zum Jahr 2020 nur rund 52 % der im Jahr 2004 Beschäftigten benötigt, um die gleiche Landfläche zu bewirtschaften. Bei einem nahezu stagnierenden inländischen Nahrungsmittelkonsum können lediglich alternative Verwendungsmöglichkeiten wie z. B. die energetische und stoffliche Nutzung von NAWARO zusätzliche Nachfrage generieren, um so Beschäftigungseffekte in der landwirtschaftlichen Primärproduktion zu erzielen.

Zur Bestimmung der landwirtschaftlichen Beschäftigungseffekte werden zunächst die erforderlichen NAWARO-Gesamtangebotsmengen in Tonnen berechnet und um die Importmengen bereinigt (d. h. importierte NAWARO-End-/Zwischenprodukte und/oder NAWARO-Pflanzen), um so den **Bedarf an NAWARO-Angebotsmengen aus der deutschen Landwirtschaft** zu ermitteln. Ein zentrales Ergebnis der ProLand-Berechnungen ist, dass keine flächeninduzierten Angebotsrestriktionen in 2010 und 2020 existieren. Mit anderen Worten: Der industrielle Mengenbedarf an NAWARO-Pflanzen, der sich aus den unterstellten ökonomischen Eckdaten der Basisszenarien (Tabelle 1.1) ergibt, kann durch die deutsche Landwirtschaft bedient werden. Für diese industriell nachgefragten NAWARO-Angebotsmengen werden der **Flächenbedarf** in Deutschland und die **direkten Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft** berechnet.

Die Prognose der Beschäftigungseffekte geht von ackerbaulichen Produktionsverfahren und zugehörigen Mengengerüsten aus. Der Arbeitskräftebedarf je Hektar liegt daher wesentlich unter statistischen Durchschnittswerten für die Gesamt-Landwirtschaft, in denen arbeitsintensive Viehhaltung und Sonderkulturen berücksichtigt werden. Die so bestimmten direkten Landwirtschaftsarbeitsplätze sind bereits in den im vorigen Abschnitt ausgewiesenen direkten Erwerbstätigen enthalten (s. Tabelle 1.2), werden jedoch an dieser Stelle noch einmal gesondert ausgewiesen. Die Ergebnisse, nach den vier Verwendungsbereichen (Tabelle 1.3) sowie nach Pflanzen (Tabelle 1.4) differenziert, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Bedarf an NAWARO-Angebotsmengen aus der deutschen Landwirtschaft und Flächenbedarf in Deutschland:** Insgesamt werden in den Basisszenarien in 2004 ca. 7, in 2010 rund 22,4 und im Jahr 2020 etwa 60 Mio. t NAWARO aus der deutschen Landwirtschaft benötigt. Daran gekoppelt ist ein Flächenbedarf in Deutschland in Höhe von rund 1 Mio. ha in 2004, ca. 1,9 Mio. ha in 2010 sowie rund 3,4 Mio. ha (inkl. Stroh und Arzneipflanzen) in 2020.

Bei konstanten Produktionsmengen (Basisjahr 2004) inländischer Agrarprodukte zur Futter- bzw. Nahrungsverwendung werden auf Grund von technischem Fortschritt bis 2010 rund 0,84 Mio. ha Ackerfläche, bis 2020 rund 2,74 Mio. ha Ackerfläche nicht mehr benötigt. Zusätzlich waren 2004 etwa 0,96 Mio. ha Ackerfläche stillgelegt. Insgesamt stehen daher 2010 rund 1,8 Mio. ha Ackerfläche und 2020 rund 3,7 Mio. ha Ackerfläche für die „zielkonfliktfreie“ NAWARO-Produktion zur Verfügung, weshalb es in den Basisszenarien zu keiner absoluten Flächenkonkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion kommt.

Tabelle 1.3: Auswirkungen auf die deutsche Landwirtschaft für die Basisszenarien 2004, 2010 und 2020, differenziert nach Verwendungsbereichen

	Bedarf NAWARO-Angebotsmengen deutsche Landwirtschaft			Flächenbedarf in Deutschland			Direkte Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft		
	(in Tsd. Tonnen NAWARO)			(in Tausend ha)			(in Erwerbstätige)		
	2004	2010	2020	2004	2010	2020	2004	2010	2020
Biogene Kraftstoffe	2.658	8.540	33.896	778	1.390	2.643	8.301	12.716	15.780
Energie /Strom aus Biomasse	403	7.869	14.526	24	229	412	260	2.314	3.378
Chemierohstoffe	3.780	5.517	10.929	251	276	341	2.886	2.894	3.035
Werkstoffe	122	467	589	10	36	40	97	388	451
Summe (inkl. Stroh u. Arzneipflanzen)	6.962	22.393	59.993	1.063	1.931	3.435	11.544	18.313	22.644
	Anteile (in %)								
Biogene Kraftstoffe	38%	38%	57%	74%	72%	77%	72%	69%	70%
Energie /Strom aus Biomasse	6%	35%	24%	2%	12%	12%	2%	13%	15%
Chemierohstoffe	54%	25%	18%	23%	14%	9%	25%	16%	13%
Werkstoffe	2%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	2%	2%
Summe (inkl. Stroh u. Arzneipflanzen)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datenbasis: Ergebnisse ProLand, Universität Gießen 2006)

- **Direkte Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft:** Insgesamt sind in den Basisszenarien in 2004 ca. 11.550, in 2010 rund 18.300 und im Jahr 2020 22.650 direkte Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft mit den industriellen NAWARO-Marktpotenzialen in Deutschland (Tabelle 1.1) verbunden.

Die Gesamtbeschäftigtenzahl in der deutschen Landwirtschaft wird bis zum Jahr 2020 dennoch sinken, da wie oben beschrieben bis zum Jahr 2020 nur rund 52 % der im Jahr 2004 Beschäftigten benötigt wird, um die gleiche Landfläche zu bewirtschaften. Da die zu erwartenden Produktivitätsfortschritte nicht vollständig durch die zusätzliche Nachfrage nach inländischen NAWARO kompensiert werden, können die Beschäftigungsrückgänge in der deutschen Landwirtschaft durch die NAWARO-Produktion nur gedämpft, nicht aber gestoppt werden.

- **Effekte nach Verwendungsbereichen:** Rund 70 bis 75 % des Flächenbedarfs und der direkten Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft sind mit dem Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe verknüpft. Etwa 12 bis 15 % sind in 2010 und 2020 mit dem Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse verbunden, nachdem es in 2004 lediglich 2 % sind. Der Verwendungsbereich Chemierohstoffe gewinnt zwar absolut leicht hinzu, verliert aber relativ gesehen an Bedeutung (z. B. bei Arbeitsplätzen von 25 % in 2004 auf 13 % in 2020). Der Verwendungsbereich Werkstoffe spielt mit 1 bis 2 % im gesamten Betrachtungszeitraum aus Sicht der

deutschen Landwirtschaft eine untergeordnete Rolle. Auf Grund der Dominanz des Verwendungsbereiches biogene Kraftstoffe und der zunehmenden Bedeutung des Bereiches Energie/Strom aus Biomasse entstehen die Hauptbeschäftigungseffekte in 2020, der Wichtigkeit nach geordnet, durch den Anbau von Raps (43%), Energiegetreide für Biogas (9%) und BTL (8%), Weizen (9%), Pappeln (7%), Silomais (6%), Zuckerrüben (4%) und Roggen (4%) (Tabelle 1.4).

Tabelle 1.4: Auswirkungen auf die deutsche Landwirtschaft für die Basisszenarien 2004, 2010 und 2020, differenziert nach NAWARO-Pflanzen

	Bedarf NAWARO-Angebotsmengen deutsche Landwirtschaft			Flächenbedarf in Deutschland			Direkte Arbeitsplätze deutsche Landwirtschaft		
	(in Tsd. Tonnen NAWARO)			(in Tausend ha)			(in Erwerbstätige)		
	2004	2010	2020	2004	2010	2020	2004	2010	2020
Roggen für Ethanol	7	941	892	1	144	119	11	1.232	905
Weizen gesamt	284	2.948	2.773	35	333	275	361	2.996	2.055
Ethanol	18	2.646	2.411	2	299	239	23	2.689	1.787
Chemierohstoffe	266	302	363	33	34	36	338	307	269
Energiegetreide gesamt (exkl. Biogas)	0	18	4.136	0	1	251	0	11	1.790
BTL	0	0	4.100	0	0	249	0	0	1.775
Strom	0	18	36	0	1	2	0	11	16
Stroh BTL	0	0	8.300	0	0	968,1	0	0	206
Energiegetreide Biogas	0	1.480	4.470	0	89	236	0	915	1.949
Silomais Energie/Strom	350	6.250	9.830	8	121	157	89	1.227	1.286
Pappel/Kurzumtriebsholz gesamt	0	36	7.173	0	1	188	0	10	1.463
BTL	0	0	7.100	0	0	186	0	0	1.448
Strom	0	36	73	0	1	2	0	10	15
Raps gesamt	2.981	3.865	5.732	877	1.023	1.240	9.362	9.488	9.485
Biodiesel/RME	2.632	3.500	5.300	775	926	1.147	8.266	8.592	8.771
Rapsöl Chemierohstoffe	231	241	291	68	64	63	725	591	481
Rüböl Chemierohstoffe	82	88	105	24	23	23	258	217	174
Strom	36	36	36	11	10	8	113	88	60
Zuckerrübe gesamt	1.341	4.220	10.192	20	60	122	233	590	979
Chemierohstoffe	1.341	2.767	7.609	20	39	91	233	387	731
Ethanol	0	1.453	2.582	0	21	31	0	203	248
Miscanthus gesamt	0	32	3.275	0	1	100	0	8	653
Ethanol	0	0	1.211	0	0	37	0	0	242
BTL	0	0	2.000	0	0	61	0	0	399
Strom	0	32	64	0	1	2	0	8	13
Flachs gesamt	116	224	265	10	18	19	92	162	143
Formteile/Faserverbundwerkstoffe	4	106	130	0,3	8	9	3	76	71
Leinen-Textilien	109	109	121	9,1	9	9	86	79	65
Dämmstoffe	4	9	14	0,3	1	1	3	7	7
Hanf gesamt	6	243	324	0,5	18	21	5	158	155
Formteile/Faserverbundwerkstoffe	0,6	211	261	0,04	16	17	0	137	125
Dämmstoffe	5,6	32	64	0,44	2	4	4	21	30
Stärkekartoffel Chemierohstoffe	1.600	1.818	2.182	32	34	35	354	377	315
Maiskörner Chemierohstoffe	101	115	138	11	11	11	97	88	86
Sonnenblumensamen Chemierohstoff	51	62	74	20	23	25	193	214	190
Öleinsamen Chemierohstoffe	40	44	53	14	15	16	135	137	122
Sonstige Samen Chemierohstoffe	42	48	55	20	22	23	193	205	175
Sonstige Öle Energie/Strom	17	17	17	6	6	5	58	55	41
Summe (exklusive Stroh)	6.937	22.361	51.580	1.053	1.919	2.843	11.184	17.873	21.794
Summe (inklusive Stroh)	6.937	22.361	59.880	1.053	1.919	3.417	11.184	17.873	22.000
Summe (inkl. Stroh u. Arzneipflanzen)	6.962	22.393	59.939	1.063	1.931	3.435	11.544	18.313	22.644

Quelle: Eigene Darstellung (Datenbasis: Ergebnisse ProLand). Werte Stroh und Arznei-/Heilpflanzen sind außerhalb des Modells ProLand auf Basis von KTBL-Daten berechnet.

1.3 Netto-Beschäftigungswirkungen 2010 und 2020

Bei den Netto-Beschäftigungseffekten wird berechnet, zu welchen Beschäftigungsveränderungen der Zuwachs im Einsatz von NAWARO gegenüber dem Ausgangsjahr 2004 führt. Dem Effekt der positiven Zuwächse bei den Brutto-Beschäftigungsimpulsen werden jeweils die Auswirkungen der negativen Impulse aus der geringeren Verwendung von fossilen Rohstoffen gegenübergestellt. Neben den vermiedenen Investitionen werden u. a. kompensatorische Effekte und Budgeteffekte berücksichtigt. So müssen z. B. Mehrkosten, die die Bereitstellung und Verwendung von NAWARO-Produkten gegenüber traditionellen Produkten mit sich bringt (inklusive von Subventionen und -Steuerbefreiungen) gesamtwirtschaftlich durch Minderausgaben an anderer Stelle (u. a. sinkende private Konsumausgaben) kompensiert werden. Diese Vorgehensweise gewährleistet eine in sich geschlossene Bilanzierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte der NAWARO-Steigerung.

Die Ergebnisse für die Netto-Beschäftigungswirkungen sind in Tabelle 1.5 zusammenfassend aufgeführt. Insgesamt sind die Netto-Beschäftigungswirkungen leicht positiv und nehmen im Zeitablauf von unter 2.000 zusätzlichen Beschäftigten in 2010 auf etwa 12.000 zusätzliche Beschäftigte in 2020 zu.

Die Entwicklung ist bei den einzelnen Verwendungsbereichen unterschiedlich. Folgende Aspekte können zur Erklärung herangezogen werden:

- Haupttreiber für die leicht negativen Effekte bei biogenen Kraftstoffen in 2010 ist der Sachverhalt, dass Biodiesel und Bioethanol zu 40 % importiert und damit große Teile der landwirtschaftlichen und industriellen Wertschöpfungsprozesse nicht in Deutschland beschäftigungswirksam werden. Zudem werden Mehrkosten induziert (höhere Kraftstoffpreise bzw. Steuermindereinnahmen), die eine Schmälerung des privaten Konsums mit negativen Beschäftigungseffekten nach sich ziehen. Der Anstieg in 2020 entsteht einmal dadurch, dass Mineralöl im Zeitablauf teurer wird und sich damit die gesamtwirtschaftliche Mehrkostenbelastung durch biogene Kraftstoffe vermindert. Des Weiteren gewinnt BTL an Bedeutung, für dessen Produktion keine NAWARO-Endprodukte und NAWARO-Pflanzen importiert werden.
- Der Verwendungsbereich Strom und Wärme wird durch die Entwicklung beim Biogas determiniert. Hier treten erhebliche Importsubstitutionseffekte auf, so dass es trotz eines Rückgangs der Konsumausgaben auf Grund gestiegener Kosten der Strombereitstellung zu Beschäftigungssteigerungen kommt.
- Im Bereich der Werk- und Chemierohstoffe sind lediglich geringfügige positive bzw. negative Änderungen in der Netto-Beschäftigung zu verzeichnen. Im Bereich Chemierohstoffe werden „klassische“ Vorleistungsgüter, die zum größten Teil aus dem deutschen Chemiesektor selbst kommen (mit „lediglich“ rund 25 % Importquote bzgl. der inländischen Produktion), vor allem durch landwirtschaftliche Vorleistungs-

güter und NAWARO-Zwischenprodukte (z. B. Fette und Öle) aus dem Ausland ersetzt. Damit werden die landwirtschaftlichen und industriellen Wertschöpfungsprozesse nicht bzw. nur zu geringen Teilen in Deutschland beschäftigungswirksam.

Tabelle 1.5: Netto-Beschäftigungswirkungen 2010 und 2020 gegenüber 2004

	Netto-Beschäftigungswirkung in 2010 * (in Tsd. Erwerbstätige)	Netto-Beschäftigungswirkung in 2020 * (in Tsd. Erwerbstätige)
NAWARO insgesamt (Summe 1-4)	1,6	12,1
1. Biogene Kraftstoffe	- 1,2	7,8
- Biodiesel/RME	- 0,2	0,7
- Bioethanol	- 1,0	- 0,6
- BTL	-	7,7
2. Energie/Strom aus Biomasse**	2,5	3,5
- Wärme Biomasse (Holz)	- **	- **
- Strom sonstige NAWARO	0,1	0,1
- Strom/Wärme Biogas	2,4	3,4
3. Chemierohstoffe	- 0,2	- 0,2
- Basisstoffe (insb. Fette/Öle, Stärke, Zucker)***	- 0,1	- 0,1
- Farben und Lacke	0,0	0,0
- Biogene Schmierstoffe	0,0	0,0
- Pythopharmaka	- 0,1	- 0,0
- Naturkosmetik	-0,0	- 0,1
4. Werkstoffe**	0,5	1,0
- Verpackungsprodukte	0,2	0,6
- Formteile/Faserverbundstoffe	0,3	0,4
- Textilien	0,0	0,0
- Dämmstoffe	0,0	0,0
- Baustoffe (Holz)	- **	- **
- Papier, Karton, Pappe (Holz)	- **	- **
- Möbel (Holz)	- **	- **
* Inklusive direkt Beschäftigte in der deutschen Landwirtschaft.		
** Holz Forstwirtschaft als NAWARO-Input wurde in der Studie nicht berücksichtigt.		
*** exkl. Basisstoffe Farben u. Lacke, biogene Schmierstoffe, Pythopharmaka, Kosmetika.		

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Bei der Interpretation der „geringen“ bzw. sogar negativen Netto-Beschäftigungseffekten in einzelnen Verwendungsbereichen sollten die generellen Trends in den betroffenen Branchen berücksichtigt werden: Wenn Deutschland im FuE- und Produktionsbe-

reich nicht auf international wettbewerbsfähige NAWARO-Technologien und NAWARO-Produkte setzt, die landwirtschaftlich und industriell in Deutschland produziert werden können, besteht die Gefahr, dass Unternehmen zukünftig standardisierte Produktionsprozesse bei „klassischen“ Produkten auf petrochemischer Rohstoffbasis in osteuropäische und asiatische Länder verlagern. Dann gingen viele Arbeitsplätze verloren, u. U. in der Größenordnung der hier ausgewiesenen Brutto-Beschäftigungseffekte. Verglichen mit einer derartigen „Referenzentwicklung“ können bereits geringe Netto-Beschäftigungseffekte positiv bewertet werden.

1.4 Modellergebnisse für die Sensitivitätsanalysen

Zusätzlich zu den Basisszenarien wurden drei Sensitivitätsuntersuchungen für das Jahr 2020 durchgeführt, die den Einfluss wichtiger Parameter auf das Ergebnis verdeutlichen sollen. In den Sensitivitätsanalysen werden drei zentrale relevante Parameter verändert, um die daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Effekte aufzuzeigen und die Bedeutung der Parameter auszuloten:

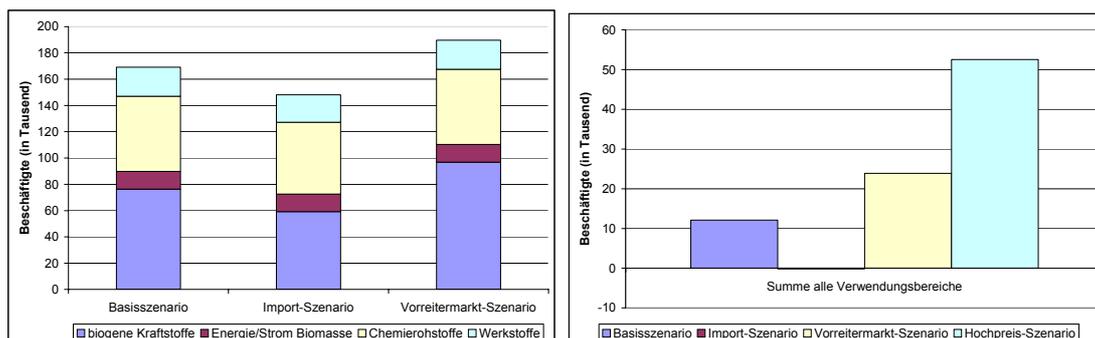
- Beim Import-Szenario 2020 wird unterstellt, dass ein freier Welthandel im Agrarbereich in 2020 zu deutlich höheren Importen an NAWARO-Pflanzen führt.
- In einem „sehr unwahrscheinlichen“ Hochpreiszenario wird ein Anstieg des realen Ölpreises auf 120 US\$/Barrel sowie ein Anstieg der realen Agrarpreise in Höhe von durchschnittlich etwa 50 % bis 2020 angenommen. Dabei wurde ein konstantes Mengengerüst unterstellt und die Analyse auf die Auswirkungen auf die Netto-Beschäftigung konzentriert.
- Im Vorreiter-Markt Szenario 2020 wird angenommen, dass Deutschland bei BTL eine herausragende Wettbewerbsstellung erringt. Daher werden zusätzliche Exporte an BTL (inkl. Investitionsgütern zur Errichtung von BTL-Anlagen) sowie zusätzliche Exporte von NAWARO-Investitionsgütern (z. B. Maschinen) unterstellt.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen sind in Abbildung 1.3 zusammenfassend dargestellt. Folgende Aspekte sind hervorzuheben:

- Mit etwa 148.000 Beschäftigten fällt die Brutto-Beschäftigung im Importszenario in etwa 13 % geringer aus als im Basisszenario. Die Netto-Beschäftigungswirkungen betragen in Summe etwa Null.
- Im Hochpreisszenario kommt es zu einem erheblichen Anstieg des Netto-Beschäftigungszuwachs auf 53.000 Beschäftigten, da der drastisch erhöhte Ölpreis die preisliche Wettbewerbsfähigkeit der NAWARO-Produkte verbessert und die – negativ wirkenden - Kompensations- und Budgeteffekte an Bedeutung verlieren.
- Gegenüber dem Basisszenario führt das Erringen einer Vorreitermarktposition bei BTL zu deutlichen Steigerungen der Brutto-Beschäftigung um etwa 12 %. Die Netto-Beschäftigungseffekte in Höhe von 24.000 liegen in etwa um das Doppelte über

dem Basisszenario (Abbildung 1.3). Zudem bewirkt jede Steigerung der Exportnachfrage von „allgemeinen“ NAWARO-Investitionsgütern in Höhe von 100 Mio. Euro zusätzliche 1.500 direkte und indirekte Arbeitsplätze. Diese NAWARO-Beschäftigungspotenziale zeigen, dass nachwachsende Rohstoffe erheblich zur Stärkung des Wirtschaftsstandortes Deutschland beitragen können.

Abbildung 1.3: Überblick über die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zur Beschäftigungswirkung im Jahr 2020



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

1.5 Gesamtfazit

Die wichtigsten Ergebnisse der Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Im Jahr 2020 sind 169.700 Arbeitsplätze mit dem Marktpotenzial nachwachsender Rohstoffe aus der Landwirtschaft¹ verknüpft. Dies entspricht einem Beschäftigungszuwachs von 123 % gegenüber dem Jahr 2004, für das sich Beschäftigungseffekte in Höhe von rund 76.200 ergeben. In 2020 entfallen 45 % der Gesamtbeschäftigten auf biogene Kraftstoffe, 34 % auf Chemierohstoffe, 13 % auf Werkstoffe und 8 % auf Energie/Strom aus Biomasse. Erstmals liegt damit eine umfassende Bewertung der NAWARO-Beschäftigungseffekte vor.
- In 2004 sind ca. 11.550 und in 2020 rund 22.650 direkte Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft mit den industriellen NAWARO-Marktpotenzialen verbunden. Da auf Grund der zu erwartenden Produktivitätsfortschritte in 2020 nur ca. 52 % der in 2004 Beschäftigten benötigt werden, um die gleiche Landfläche zu bewirtschaften, können die Beschäftigungsrückgänge in der deutschen Landwirtschaft durch die NAWARO-Produktion nur gedämpft, nicht aber gestoppt werden.
- Hinsichtlich der NAWARO-Pflanzen entstehen die Hauptbeschäftigungseffekte in der Landwirtschaft in 2020 durch den Anbau von Raps (43% der rund 22.000 Ar-

¹ Holz aus der Forstwirtschaft wurde nicht berücksichtigt.

beitsplätze in der Landwirtschaft), Energiegetreide für Biogas (9%) und BTL (8%), Weizen (9%), Pappeln (7%), Silomais (6%), Zuckerrüben (4%) und Roggen (4%).

- Auf Grund von technischem Fortschritt und bereits in 2004 stillgelegten Ackerflächen stehen in 2020 insgesamt rund 3,7 Mio. ha Ackerfläche für die „zielkonfliktfreie“ NAWARO-Produktion zur Verfügung. Da der industrielle Angebotsmengenbedarf 2020 bei rund 52 Mio. t NAWARO (exklusive Stroh) liegt, was etwa einer Ackerfläche von 2,9 Mio. ha entspricht, kommt es zu keiner absoluten Flächenkonkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion.
- Die leicht positiven Netto-Beschäftigungseffekte belegen, dass NAWARO-Strategien nicht nur aus Gründen der Versorgungssicherheit positiv einzustufen sind, sondern Arbeitsplätze sichern und schaffen können, dies vor dem Hintergrund einer zunehmenden Verlagerung von industriellen Produktionsarbeitsplätzen nach Osteuropa und Asien. Allerdings sollte von diesem Bereich auch kein neues Jobwunder erwartet werden.
- Positive Nettoeffekte werden durch eine Importsubstitution der hochgradig importierten fossilen Rohstoffe durch heimisch basierte NAWARO begünstigt. Wenn die NAWARO-Pflanzen jedoch ebenfalls importiert werden, tritt dieser Effekt nicht auf. Ein kritischer Faktor für die Höhe der Beschäftigungswirkungen sind damit die Annahmen zum Agrarweltmarkt (insb. der Öffnung von Agrarmärkten).
- In welchem Ausmaß der NAWARO-Einsatz zu einer Steigerung der Netto-Beschäftigung führt, hängt auch von den Kosten der NAWARO-Produkte ab. Je höher sie über den Kosten konventioneller Produkte liegen, desto mehr kommen konsummindernde Kompensationseffekte zum Tragen, die die positiven Effekte schmälern und sogar überkompensieren können.
- Eine Strategie des NAWARO-Ausbaus ist gesamtwirtschaftlich besonders bei erheblich steigenden Energiepreisen vorteilhaft. Sie stellt damit sowohl eine Versicherungsstrategie gegen kurz- und mittelfristige Ölpreiskrisen als auch eine zukunfts-gewandte Strategie der rechtzeitigen Anpassung an künftige Ressourcenverknappungen und klimapolitisch bedingte Erhöhungen der fossilen Energiepreise dar.
- Zentral für eine positive Gestaltung einer NAWARO-Aufbaustrategie ist die Herausbildung von Vorreitermarkt-Stellungen und dadurch möglich werdender erheblicher Exporterfolge. Sie erfordern eine Integration von NAWARO-Anbau und Umwandlung in komplexe und nicht einfach ins Ausland verlagerbare Leistungsverbände in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Produktion. Eine derartige Strategie geht damit über den Landwirtschaftssektor weit hinaus und erfordert einen ressort-übergreifenden Politikansatz. Nutzt Deutschland derartige Vorreitermarkt-Potenziale, so sind zukünftig erhebliche Beschäftigungspotenziale im Zusammenhang mit dem Anbau und der industriellen Weiterverarbeitung von nachwachsenden Rohstoffen möglich.

2 Fragestellung, Untersuchungsdesign und Methodik

2.1 Ausgangssituation und methodischer Ansatz

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Projekte auf nationaler und internationaler Ebene gefördert,

- in denen der Anbau und die technischen Voraussetzungen für die Nutzung und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe in verschiedenen Anwendungsgebieten erforscht und weiterentwickelt wurden, und
- die die Entwicklung oder Optimierung einer Vielzahl von Produkten auf Basis nachwachsender Rohstoffe zum Inhalt hatten.

Die Steigerung des Einsatzes erneuerbarer Ressourcen gehört zu den Schlüsselforderungen einer nachhaltigen Entwicklung. Allerdings werden die Auswirkungen derartiger Strategien auf die Volkswirtschaft in jüngster Zeit – z. B. hinsichtlich der Auswirkungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes – intensiv debattiert. Erste Studien kommen zu z. T. widersprüchlichen Ergebnissen, was die Notwendigkeit einer Systematisierung des Untersuchungsgegenstandes verstärkt ins Rampenlicht treten lässt. Bislang fehlt jedoch für Deutschland ein umfassender Überblick über die makroökonomischen Effekte von nachwachsenden Rohstoffen. Das Projekt „Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen“ hat sich zum Ziel gesetzt, diese Lücke in vielen Bereichen zu schließen. Das Projekt soll für Deutschland erstmals einen umfassenden Überblick über die makroökonomischen Effekte (insb. Bruttowertschöpfung, Außenhandel, Beschäftigungs-, Einkommens- und Fiskaleffekte) von nachwachsenden Rohstoffen bereitstellen, um so einen wichtigen Input für künftige Förder-, Innovations- und Nachhaltigkeitsstrategien zu liefern.

Der methodische Ansatz orientiert sich an den *Wertschöpfungsketten*, die mit dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe verbunden sind. Damit soll gewährleistet werden, dass alle relevanten Wirtschaftsaktivitäten, die an der Bereitstellung und Nutzung beteiligt sind, auch einbezogen werden. Der Untersuchungsrahmen umfasst die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen aus der Landwirtschaft in den vier untersuchten Verwendungsbereichen biogene Kraftstoffe, Wärme und Strom aus Biomasse, sowie Werk- und Chemierohstoffe (inkl. biogener Schmierstoffe).

Zur Ermittlung der Beschäftigten wird für jeden Verwendungsbereich ein zweistufiges Verfahren angewendet (Bottom-up- und Top-down-Ansätze):

- Die *direkten quantitativen* Beschäftigungseffekte beim Anbau nachwachsender Rohstoffe (Angebotsseite) in der Landwirtschaft werden anhand eines Bottom-up-Ansatzes berechnet. Hierzu wird das Simulationsmodell ProLand (**P**rognosis of **L**and

Use) der Universität Gießen eingesetzt. Dabei werden zum einen die Annahmen über die Entwicklung der Agrar- und anderer Politikbereiche integriert, zum anderen wird die Wettbewerbsfähigkeit verschiedener Anbauverfahren für nachwachsende Rohstoffe mit den zur Zeit typischen land- und forstwirtschaftlichen Produktionsverfahren verglichen. Durch Simulation der Rahmenannahmen und Produktionsparameter für nachwachsende Rohstoffe kann damit das Angebotspotenzial (und die damit verbunden Beschäftigungseffekte) für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland regional differenziert nach den betroffenen Kulturarten und den verschiedenen Verwendungszwecken abgeschätzt werden.

- Eine eingeschränkte Betrachtung der direkten Effekte allein würde zu einer massiven Unterschätzung der Beschäftigungswirkungen nachwachsender Rohstoffe führen. Daher werden auch die indirekten Folgewirkungen bei der Verarbeitung von nachwachsenden Rohstoffen (nachgelagerte Verwendungsseite wie z. B. der chemischen Industrie) und bei den vorgelagerten Bereichen (u. a. Zulieferer) mit einbezogen. Dies ist eine Fragestellung, die im Sinne eines Top-down-Ansatzes den Einsatz eines volkswirtschaftlichen Strukturmodells erfordert. Hierzu wird das vom Fraunhofer ISI entwickelte „ISIS“-Input-Output-Modell (Integrated Sustainability Assessment System) eingesetzt.

Innerhalb des Projekts werden zunächst die Rahmenannahmen im Umfeldbereich (u. a. Agrarpolitik und gesamtwirtschaftliche Entwicklungen) sowie ein plausibles Datengerüst für die Agrarproduktion spezifiziert. Diese Ergebnisse fließen in die Szenarienbildung (Projektionsjahre 2010 und 2020) ein, und dienen auch zur Abschätzung des Angebotspotenzials von nachwachsenden Rohstoffen.

Die im Modell ProLand zu Grunde gelegten landwirtschaftlichen Produktionsverfahren, d. h. die vollständig definierten Produktionsverfahren für nachwachsende Rohstoffe, bilden den aktuellen Stand der Technik ab. Für eine Prognose für das Jahr 2020 ist eine Berücksichtigung der *technischen Fortschritte bei der Arbeitserledigung* notwendig, die in den letzten Jahren durchschnittlich bei rund 3 % p. a. lagen. Vor allem bei neuen und in der Entwicklung befindlichen Produktionstechniken können erhebliche Kosteneinsparungen durch großtechnische Produktionstechniken realisiert werden. Dazu wurden in Expertengesprächen realistische und belastbare Abschätzungen dieser Effekte für alle Produktionsverfahren vorgenommen. Neben dem technischen Fortschritt bei der Arbeitserledigung sind die *züchterischen Fortschritte* auf dem Gebiet der nachwachsenden Rohstoffe zu berücksichtigen. Die Unterstellung, dass für nachwachsende Rohstoffe die gleichen Sorten wie für die Nahrungsmittelproduktion eingesetzt werden, ist für den angestrebten Prognosezeitraum unrealistisch. Bei der Nahrungsmittelproduktion wird ein möglichst hoher Eiweißgehalt der Ernteprodukte angestrebt. Die Anteile der Koppelprodukte wie Stroh hingegen werden möglichst gering gehalten. Bei der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen sind der Stärkegehalt,

Strohanteil und Gesamtvolumen der Ernteprodukte bedeutender. Es ist hier mit Anpassungen durch entsprechende Neuzüchtung zu rechnen. In Expertengesprächen mit Züchtern und Saatgutfirmen wurden ebenfalls realistische und belastbare Abschätzungen dieser Effekte für alle Produktionsverfahren vorgenommen. Neben der Anpassung der Produktionsverfahren werden bei der Produktion auch Transportkosten zusätzlich berücksichtigt. Dazu wird die räumliche Lage der Weiterverarbeitungsstandorte (z. B. Zuckerfabriken) ermittelt und in das Modell ProLand als zusätzliche Transportkosten vom Produktionsort bis zur Weiterverarbeitung integriert.

Das Angebotspotenzial an nachwachsenden Rohstoffen bildet seinerseits einen wesentlichen Dateninput für die Szenarien sowie für die modellgestützte Analyse der Auswirkungen in der Landwirtschaft, vor allem der Einkommenseffekte.

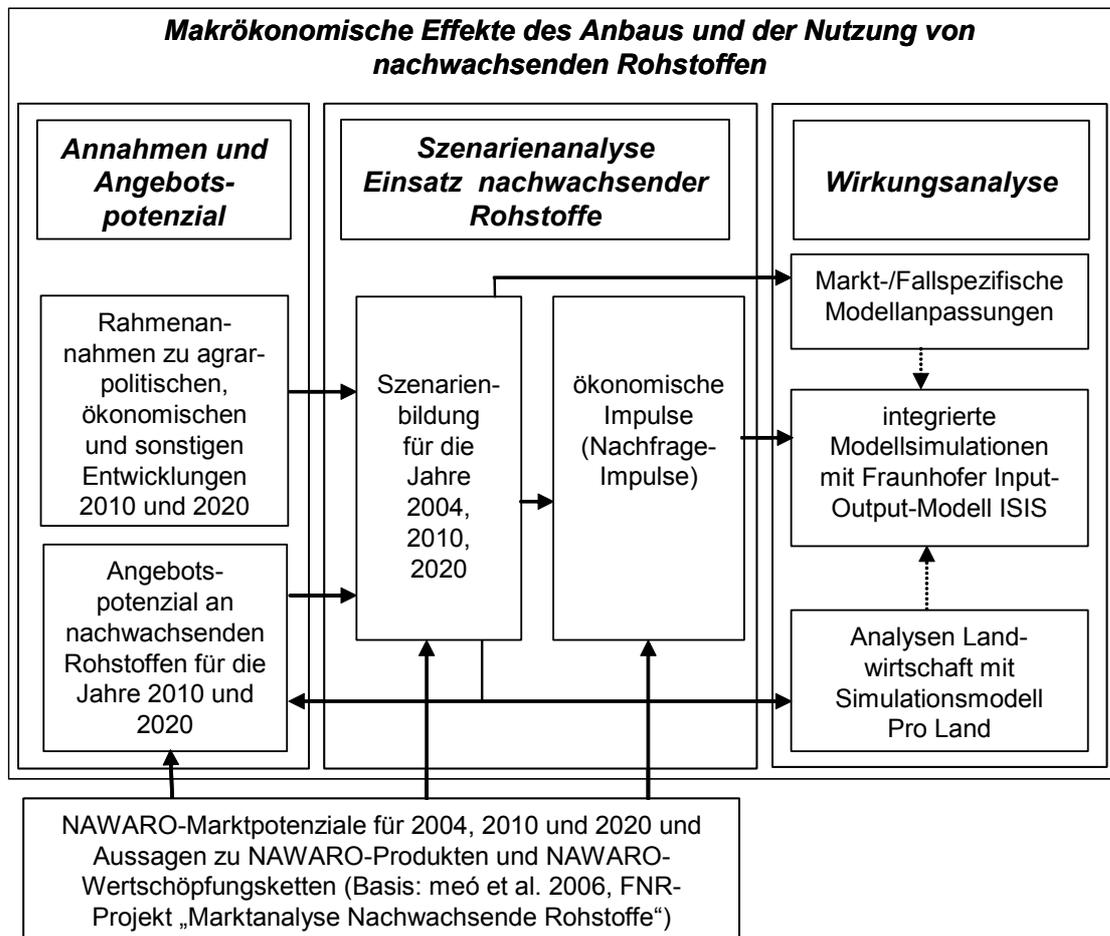
Basierend auf dem Angebotspotenzial, dem Marktpotenzial in den einzelnen Verwendungsbereichen sowie den Rahmenannahmen werden Szenarien (Projektionsjahre 2010 und 2020) gebildet. Plausible Szenarien für die Jahre 2010 und 2020 erfordern wie oben beschrieben belastbare Berechnungen des Angebotspotenzials von nachwachsenden Rohstoffen in 2010 bzw. 2020. Zudem werden auch belastbare Berechnungen des Markt- bzw. Verwendungspotenzials von nachwachsenden Rohstoffen in den vier Verwendungsbereichen für die Jahre 2010 und 2020 benötigt. Zur Ermittlung des Marktpotenzials nachwachsender Rohstoffe in den einzelnen Verwendungsarten wurde daher intensiv mit der ausführenden Institution der parallel durchgeführten FNR-Marktstudie zusammengearbeitet (méo et al. 2006).

Innerhalb der Szenarien werden die Forstwirtschaft (u. a. Holz) nicht berücksichtigt (s. Abbildung 2.1). Koppelprodukte (z. B. Stroh, Rübenblätter), die bei der landwirtschaftlichen Produktion entstehen, werden hingegen einbezogen. Die ausländische Nachfrage wird ebenso wie die Importe berücksichtigt.

Die Szenarienergebnisse bzw. die hieraus abgeleiteten ökonomischen Impulse, d. h. die wertmäßigen Veränderungen in den Nachfrageströmen, dienen als Input der Wirkungsanalyse, bei der die ökonomischen Modelle zum Einsatz kommen. Entsprechende Validitätsprüfungen und Konsistenzchecks wurden durchgeführt, um so eine hohe (wissenschaftlich basierte) Qualität der Projektergebnisse sicherzustellen.

Eine schematische Darstellung des Untersuchungsdesigns ist in Abbildung 2.1 zusammenfassend dargestellt.

Abbildung 2.1: Schematische Darstellung Untersuchungsdesign



Quelle: Eigene Darstellung

2.2 Methodik zur Berechnung der direkten und indirekten Beschäftigungseffekte (Brutto- und Nettoeffekte)

Das Modellgerüst für die Ermittlung der Beschäftigungseffekte bildet ein statisches, offenes Input-Output-Modell des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung (ISIS-Modell). Kern dieses ISIS-Modells ist eine Verflechtungsmatrix, die die deutsche Volkswirtschaft in 71 Wirtschaftssektoren und verschiedene Endnachfrage-sektoren (u. a. privater und staatlicher Konsum, Export) unterteilt und damit die Güterverflechtung zwischen 71 Produktions- und Dienstleistungssektoren vollständig abbildet. Das Modell basiert auf den aktuellen Input-Output-Tabellen 2002 des Statistischen Bundesamtes. An entsprechenden Stellen (u. a. bei der Produktivitätsfortschreibung) wurde mittels geeigneter statistischer Quellen eine Anpassung an das Jahr 2004, 2010 und 2020 vorgenommen. Die NAWARO-Teilsegmente von Wirtschafts-

branchen (hier z. B. biogene Kraftstoffmärkte oder Chemierohstoff-, Phytomarmaka-, Naturkosmetik-, Dämmstoffmärkte) werden in das ISIS-Modell eingefügt werden, indem analog zu den übrigen 71 Sektoren inputseitig die (Vorleistungs-)Güterbezüge von anderen Sektoren sowie outputseitig die Lieferungen an die übrigen Sektoren und die Endnachfrage quantifiziert werden. Die ausführliche ISIS-Modellbeschreibung findet sich in Anhang A.1.

Im Vordergrund steht die Brutto-Beschäftigung in Deutschland, die mit dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe aus der Landwirtschaft in den vier Verwendungsbereichen verbunden ist. Datengrundlage hierfür waren die Ergebnisse der FNR-Parallelstudie „Marktanalyse nachwachsender Rohstoffe“ (meó et al. 2006) zum Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in den einzelnen Verwendungsbereichen. Die Berechnung der Brutto-Beschäftigung erfolgte abstimmungsgemäß für nachwachsende Rohstoffe aus der Landwirtschaft, d. h. nachwachsende Rohstoffe aus der Forstwirtschaft (z. B. Holz im Strombereich oder bei Holz für Werkstoffen wie z. B. bei Möbeln und Baustoffen) wurden vernachlässigt.

Bei der Berechnung der Brutto-Beschäftigung wurde ein Ansatz verwendet, wie er bei der Berechnung der Brutto-Beschäftigung z. B. im Umweltschutz üblich ist. Hierbei wird neben der direkten Beschäftigung auch jeweils die Beschäftigung mitgezählt, die sich aus der Bereitstellung von Vorleistungen und den getätigten Investitionen ergibt. Im Unterschied zu der Berechnung der Bruttoeffekte des Umweltschutzes musste aber in weitaus größerem Ausmaß auf technologische Abschätzungen zurückgegriffen werden, da entsprechende statistische Auswertungen nicht in der notwendigen Abgrenzung vorliegen. Hinzu kommt, dass die Berechnung der Brutto-Beschäftigung auch prospektiv für die Jahre 2010 und 2020 erfolgt, und hierbei notwendigerweise auf Szenarienannahmen zurückgegriffen werden musste. Entsprechend dem oben skizzierten Wertschöpfungskettenansatz wurde bei der Berechnung der Beschäftigung in den einzelnen Bestandteilen wie folgt vorgegangen:

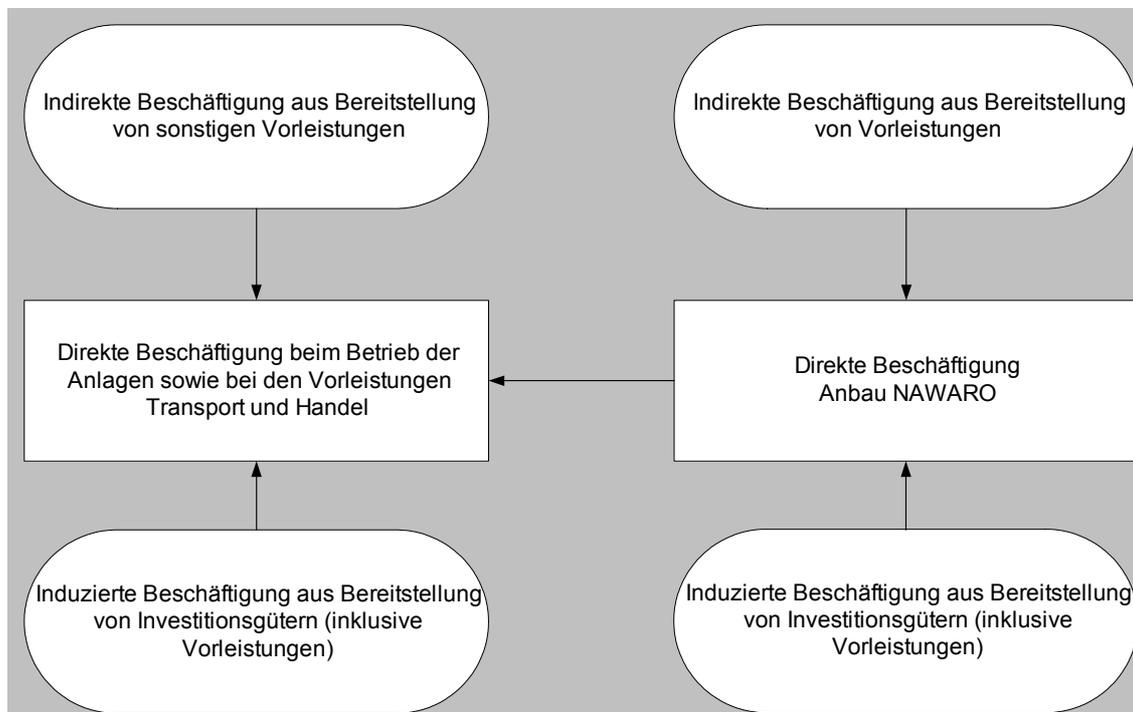
- Direkte Beschäftigung beim Anbau der eingesetzten nachwachsenden Rohstoffe in der deutschen Landwirtschaft: hierzu wurden von der Universität Gießen spezifische Beschäftigungsfaktoren gebildet, die sich jeweils auf die Einsatzmengen an nachwachsenden Rohstoffen beziehen, die sich aus den Potenzialen von meó et al. (2006) und den darauf basierenden Szenarienannahmen ergeben.
- Direkte Beschäftigung bei der Bereitstellung von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen (Betrieb von Anlagen zur Umwandlung bzw. Verarbeitung, Transport von und Handel mit nachwachsenden Rohstoffen): zur Berechnung dieser Beschäftigungszahlen war es in einem ersten Schritt erforderlich, die Wertschöpfungskette der Verwendung der nachwachsenden Rohstoffe nachzuzeichnen, die sich aus den

Szenarien ergibt. Darauf aufbauend wurde die direkte Beschäftigung für die einzelnen Bestandteile ermittelt.

- Indirekte Beschäftigung, die aus der Bereitstellung von Vorleistungen für den Anbau der nachwachsenden Rohstoffe und die Bereitstellung der damit erzeugten Produkte resultiert: Zur Berechnung dieser Effekte wurde das ISIS-Modell eingesetzt. Zur Ableitung der ökonomischen Impulse wurde die jeweilige Vorleistungsstruktur der Verarbeitungsprozesse technologisch abgeleitet und in Form von spezifischen Submodulen in das ISIS-Modell integriert.
- Beschäftigung, die aus der Investition in Anlagen zur Verarbeitung von nachwachsenden Rohstoffen oder aus Investitionen für den Anbau nachwachsender Rohstoffe resultiert: Aus den Angaben von meó et al. (2006) zum Kapazitätsaufbau im Jahr 2004 bzw. den Wachstumsangaben für 2010 und 2020 wurden in einem ersten Schritt jeweils die Investitionsvolumen abgeleitet, die im entsprechenden Jahr auf Anlagen zur Verarbeitung bzw. Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen entfielen. Die hierzu erforderlichen spezifischen Investitionskennziffern stammen ebenfalls entweder aus meó et al. (2006), der ProBas-Datenbank und wurden ergänzt um Angaben aus der Literatur bzw. aus weiteren Technikdatenbanken. In gleicher Weise wurden spezifische Investitionskennziffern für Ackerbaubetriebe herangezogen, um die auf den Anbau nachwachsender Rohstoffe entfallenden Investitionsvolumina zu bestimmen. In einem zweiten Schritt war es erforderlich, die jeweiligen Investitionsvolumina auf die jeweiligen Liefersektoren aufzuteilen; dies erfolgte ebenfalls auf Basis technologischer Abschätzungen. Im dritten Schritt erfolgte dann die Berechnung der zugehörigen induzierten Beschäftigungszahlen, indem die ökonomischen Investitionsimpulse sektorspezifisch in das ISIS-Modell eingegeben werden. Durch die Verwendung des ISIS-Modells wurde es zugleich möglich, die mit der Produktion von Vorleistungen für die einzelnen Investitionsgüter induzierte Beschäftigung ebenfalls mitzuerfassen.

Die Berechnung der Brutto-Beschäftigung wurde für die Jahre 2004, 2010 sowie 2020 durchgeführt. Hierbei muss der sich zwischenzeitlich ergebende technische Wandel berücksichtigt werden. Dies erfolgte erstens, indem die Arbeitskoeffizienten im ISIS-Modell entsprechend dem zu erwartendem Produktivitätsfortschritt fortgeschrieben wurden. Zweitens wurde bei den Investitionsvolumen die Kostendegression berücksichtigt, die sich nach der Methode der Kosten-Degressionskurve ergeben. Hierbei wurde auf Angaben von Öko et al. 2004 zurückgegriffen. Drittens wurden Züchtungserfolge in der Landwirtschaft angenommen, die dazu führen, dass die zur Bereitstellung der nachwachsenden Rohstoffe notwendige Ackerfläche im Zeitablauf abnimmt.

Abbildung 2.2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der Berechnung der Brutto-Beschäftigung



Quelle: Eigene Darstellung

Neben den positiven Beschäftigungseffekten aus dem Zuwachs beim Anbau und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (Brutto-Beschäftigungseffekt) entstehen negative Beschäftigungseffekte, u. a. Effekte auf Grund der (relativen) „Schrumpfung“ bei den fossilen Energieträgern. Die Differenzen aus den positiven Brutto-Beschäftigungseffekten und den negativen Beschäftigungseffekten werden als Netto-Beschäftigungseffekte bezeichnet.

Bei der Berechnung der Nettowirkungen ist zu berücksichtigen, dass sich die Gesamtwirkung aus dem Zusammenspiel der unterschiedlichen Wirkungsmechanismen ergibt (vgl. Abbildung 2.3) und nicht aus der isolierten Betrachtung einzelner Teileffekte abgeleitet werden kann.

Bei den in diesem Bericht im Mittelpunkt stehenden Strategien zur Steigerung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe handelt es sich primär um den Einsatz neuer Techniken gekoppelt mit Substitutionen von Energieträgern bzw. Roh- und Werkstoffen. Die Wirkungsmechanismen, die die Diskussion der Einführung der ökologischen Steuerreform maßgeblich bestimmten, d. h. Veränderungen der relativen Preise zwischen Arbeit und Umweltbelastung, weisen im vorliegenden Fall eine geringere Relevanz auf. Ähnliches gilt hinsichtlich wichtiger Parameter für die Einkommenskreislaufeffekte, wie

Veränderungen in der Sparneigung, des Zinses, der Geldpolitik oder den Annahmen bezüglich des Verhaltens der Tarifparteien.

Insgesamt spielen sich daher die ausgelösten Wirkungen auf einer mesoökonomischen Ebene ab, bei der die durch Vorleistungsbeziehungen gekennzeichneten Nachfrageeffekte, technikspezifische Kosten- und Preiseffekte sowie die Innovationseffekte dominieren. Diese Wirkungsmechanismen bestimmen das Ausmaß der durch eine zunehmende Verwendung nachwachsender Rohstoffe ausgelösten positiven und negativen Impulse.

Abbildung 2.3: Wirkungsmechanismen



Quelle: Eigene Darstellung

Für die Netto-Beschäftigungswirkungen wird jeweils errechnet, zu welchen Beschäftigungsveränderungen der Zuwachs im Einsatz von NAWARO gegenüber dem Ausgangsjahr 2004 führt. Die Netto-Beschäftigungseffekte in 2010 und 2020 geben also die Veränderungen der Beschäftigungszahlen auf Grund des zunehmenden Einsatzes der nachwachsenden Rohstoffe einerseits und der Reduktion der substituierten Energieträger und Rohstoffe andererseits gegenüber dem Jahr 2004 an. Dem Effekt der positiven Impulse, die aus dem Zuwachs der NAWARO und aus dem daraus resultierenden Anstieg der Brutto-Beschäftigung entstehen, werden jeweils die Auswirkungen der negativen Impulse gegenübergestellt. Sie ergeben sich daraus, dass die konven-

tionelle Bereitstellung von Kraftstoffen, Strom und Wärme, Chemierohstoffen und Werkstoffen in dem Ausmaß vermieden wird, in dem die NAWARO-Produkte zunehmen. Hierbei werden bei den negativen Impulsen – ähnlich wie bei den positiven Impulsen - auch die vermiedenen Investitionen berücksichtigt. (Tabelle 2.1). Des Weiteren werden auch die Effekte betrachtet, die aus einer Veränderung der Kostenbelastung resultieren: Hier wird jeweils angenommen, dass kompensatorische Effekte wirksam werden. So müssen z. B. NAWARO-Mehrkosten, die die Bereitstellung und Verwendung von NAWARO-Produkten gegenüber traditionellen Produkten mit sich bringt (u. a. auch NAWARO-Subventionen und -Steuerbefreiungen), gesamtwirtschaftlich durch Minderausgaben an anderer Stelle, d. h. sinkende private Konsumausgaben, kompensiert werden. Durch diese Vorgehensweise wird eine in sich geschlossene Bilanzierung der gesamtwirtschaftlichen Finanzierung der NAWARO-Steigerung gewährleistet, die auch die so genannten Budgeteffekte beinhaltet. In Sensitivitätsanalysen wird schließlich auch der Einfluss bestimmter kritischer Parameter, z. B. hinsichtlich der Importannahmen von nachwachsenden Rohstoffen oder zusätzlich induzierter Direktexporte von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. von Investitionsgütern ausgelotet.

Tabelle 2.1: Überblick über wichtige positive und negative Impulse einer Steigerung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe in Deutschland

negative Impulse	positive Impulse
Nachfrage konventionelle Energieträger, v. a. Mineralölerzeugnisse, konventionell erzeugter Strom- und Wärme; traditionelle Chemieroh- und Werkstoffe	Nachfrage nachwachsende Rohstoffe aus Landwirtschaft, Umwandlung nachwachsender Rohstoffe in NAWARO-Produkte sonstige Inputs in die Umwandlung von nachwachsenden Rohstoffen in Produkte
Investitionsgüter zur konventionellen Bereitstellung von Energie, Chemieroh- und Werkstoffen	Investitionsgüter zum Anbau und zur Umwandlung nachwachsender Rohstoffe
Konsumnachfrage (u. a. Kompensation höherer Kosten und zunehmender Subventionierung) (Budgeteffekt)	evtl. steigende Direktexporte von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. von Investitionsgütern

Quelle: Eigene Darstellung

Die Netto-Beschäftigungswirkungen werden gleichfalls mit dem ISIS-Modell berechnet. Dadurch werden die über alle Wertschöpfungsstufen ausgelösten indirekten und induzierten Effekte der positiven und negativen Effekte gleichermaßen berücksichtigt. Die Änderungen der Netto-Beschäftigung reflektieren damit sowohl die ausgelösten Ver-

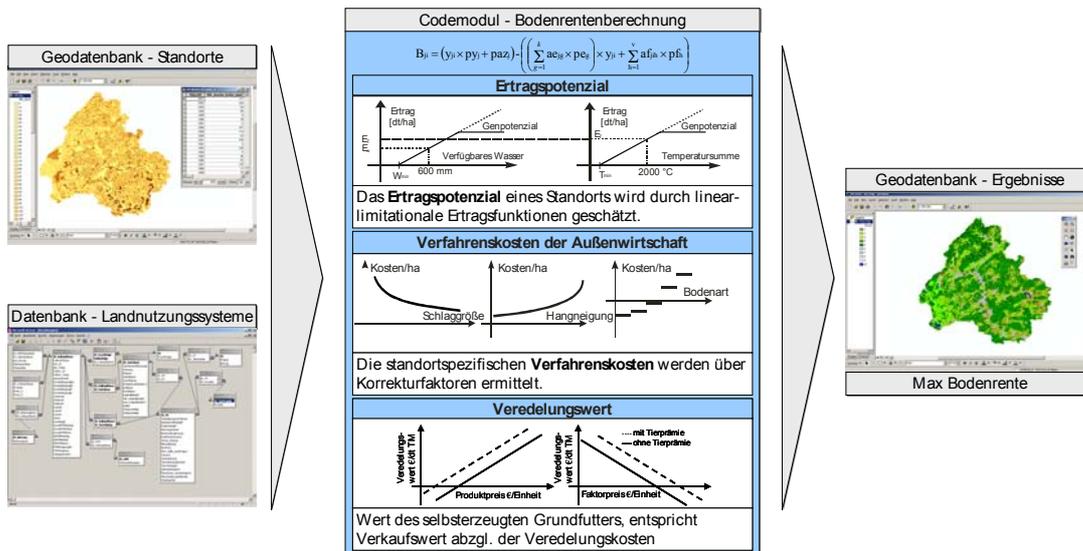
schiebungen hin zu Sektoren mit unterschiedlichen Arbeitsintensitäten als auch die mit den einzelnen positiven und negativen Impulsen verbundenen Änderungen in den Importströmen.

2.3 Methodik zur Berechnung der Effekte in der Landwirtschaft

Das agrarökonomische Modell ProLand ist das in dieser Studie verwendete Instrument zur Herleitung des Angebotspotenzials nachwachsender Rohstoffe. ProLand ist ein deterministisches, komparativ-statisches, GIS-basiertes Computermode, das die Simulation der räumlichen Verteilung von Landnutzungssystemen ermöglicht (Kuhlmann et al. 2002, Weinmann et al. 2006). Es bestimmt georeferenziert die bodenrentenmaximale Landnutzungsalternative und dazugehörige Kennzahlen wie Arbeitszeitbedarf, Maschinenkosten und Produktmengen für jede räumliche Einheit. Das Modell unterstellt bodenrentenmaximierendes Verhalten der Landnutzer, d. h. sie wählen diejenige Produktionsalternative, die unter gegebenen politischen, technologischen, und natürlichen Bedingungen die höchste Bodenrente auf einem Standort erwarten lässt.

Das Simulationsmodell besteht aus drei Modulen: Einer Geodatenbank, einer Datenbank mit Landnutzungssystemen sowie einem Codemodul. Eine ausführliche Beschreibung des Modells findet sich in Anhang-A.2.

Abbildung 2.3: Aufbau des Simulationsmodells ProLand



Quelle: Sheridan und Schroers 2004

Die Geodatenbank erfasst Standortparameter, die Einfluss auf die Kosten und Leistung von Landnutzungssystemen haben (u. a. Boden, Klima, Topographie und Landschaftsstruktur) und liefert Inputdaten zur Berechnung der maximal realisierbaren Naturalerträge. Die Geodatenbank wurde aus Informationen verschiedener digitaler Karten generiert (Bodenübersichtskarte Deutschland „BÜK 1000“, Landnutzungskarte Corine Landcover, Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes, Digitales Geländemodell „dgm 1000“, Karten zu Verwaltungsgrenzen, Standorte der Rohstoffverarbeiter). Das Ergebnis ist eine Vektorgeometrie mit einer Auflösung von einem Quadratkilometer.

Die Datenbank „Landnutzungssysteme“ enthält die zur Auswahl stehenden Landnutzungssysteme. Diese werden durch Kulturpflanze, Fruchtfolge und dazugehörige Veredelungs- und Außenwirtschaftsverfahren anhand biologisch-technischer Parameter definiert. Die Datenbank wurde um Systeme zur Produktion nachwachsender Rohstoffe ergänzt. Diese Ergänzungen umfassten sowohl neue Nutzpflanzen, wie Hanf, Miscanthus oder Pappeln zur Biomasseproduktion, als auch Modifikationen der Systeme zur Nahrungsmittelproduktion. Die Mengengerüste der Produktionsverfahren wurden auf Basis von Daten des KTBL (KTBL, 2002-2005) erstellt, wobei Varianten gebildet wurden (z. B. Klein- und Großmechanisierung). Die Nutzpflanzen zur Produktion nachwachsender Rohstoffe wurden zulässigen Fruchtfolgen zugeordnet. Tabelle 2.2 listet die in das Modell integrierten Landnutzungssysteme auf. In den für dieses Projekt durchgeführten Berechnungen wurden Forstwirtschaft und Gründlandverfahren auf Grund der Fragestellung nicht berücksichtigt.

Das Codemodul berechnet das bodenrentenmaximale Landnutzungssystem für jede räumliche Einheit (hier: Quadratkilometer). Die maximal realisierbaren Naturalerträge werden über linear-limitationale Ertragsfunktionen modellendogen hergeleitet. Es sind die Erträge, die von einer Nutzpflanze bis zum Wirksamwerden eines durch den Landnutzer nicht kontrollierbaren Wachstumsfaktors erreicht werden. Sie werden daher durch das im Minimum befindliche Angebot an Solarenergie oder Wasser begrenzt und liegen unterhalb des genetischen Ertragspotenzials der Kulturpflanzen. Auf der Basis von definierten Fruchtfolgen werden so die spezifischen Leistungen und Kosten für jede zulässige Kombination aus Kulturpflanze, Verfahren der Außenwirtschaft und Veredelungsverfahren ermittelt und jedem Flächenelement die bodenrentenmaximale Kombination zugewiesen.

Tabelle 2.2: Im Modell ProLand integrierte ackerbauliche Landnutzungssysteme

Ackerbauliche Landnutzungssysteme		
• Bohnen	• Mulchen	• Triticale
• Erbsen	• Öllein	• Weizen-Ganzpflanze
• Ethanolrübe	• Roggen	• Wintergerste
• Faserhanf	• Roggen-Ganzpflanze	• Winterraps
• Faserlein	• Silomais	• Winterweizen
• Hafer	• Sommergerste	• Zuckerrübe
• Kurzumtriebspappel	• Sonnenblume	
• Miscanthus	• Stärkekartoffel	• Koppelprodukt Stroh

Nachrichtlich:

Gründlandnutzungssysteme (in der Studie nicht berücksichtigt)		
• Bullenmast	• Milchvieh	• Mutterkuhhaltung
• Mutterschafhaltung		

Forstwirtschaftliche Landnutzungssysteme (in der Studie nicht berücksichtigt)		
• Buche	• Douglasie	• Eiche
• Fichte	• Kiefer	• Tanne

Quelle: Eigene Darstellung

Die Mehrzahl ackerbaulicher Landnutzungssysteme zur Erzeugung von NAWARO und Nahrungsmitteln wurden integriert und aktuelle technologische und agrarpolitische Entwicklungen wie Cross-Compliance, Zuckermarktreform, entkoppelte Transferzahlungen, NAWARO-Anbauverfahren usw. berücksichtigt. Die relationalen Datenbanken und die direkte Anbindung an ein geographisches Informationssystem (GIS) erlauben somit die Simulation raumvarianter Veränderungen der Landschafts- und Produktionsstruktur unter dem Einfluss exogener Politikvariablen.

3 Rahmenbedingungen

3.1 Agrarpolitische Rahmenbedingungen

Bei der Produktionsentscheidung sind für den Landwirt nicht nur die Kosten und Rohstoff Erlöse einer Produktionsvariante relevant, die Marktmechanismen werden in vielfacher Weise durch die agrarpolitischen bzw. gesetzlichen Rahmenbedingungen beeinflusst. Als agrarpolitische Rahmenbedingungen werden in diesem Zusammenhang nicht nur die Auswirkungen der klassischen Agrarpolitik der EU und der Agrarressorts des Bundes und der Länder betrachtet. Vielmehr dehnt sich die Betrachtung auf die gesetzlichen Regelungen aus, welche bei der Entscheidung des Landwirtes für den Anbau nachwachsender Rohstoffe von Bedeutung sein können. Daher wird die voraussichtliche politische Entwicklung im Betrachtungszeitraum 2004 -2020 aufgezeigt und mögliche Folgen für die Produktion nachwachsender Rohstoffe untersucht.

3.1.1 Die EU Agrarpolitik

3.1.1.1 Entkoppelte Förderung

Staatliche Transfers als Bestandteil der Leistung eines Produktionsverfahrens beeinflussen dessen Rentabilität. In den kommenden Jahren verändern sich die Rahmenbedingungen der EU-Agrarförderung grundlegend, mit erheblichen Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Anbaus nachwachsender Rohstoffe für die Szenariozeitpunkte 2010 und 2020. Die wesentlichen Entwicklungen der EU-Agrarförderung werden im Folgenden genauer beschrieben.

Mit der Verabschiedung des Artikelgesetzes zur „Umsetzung der gemeinsamen Agrarpolitik“ durch Bundestag und Bundesrat im Juli 2004 wird auch in Deutschland der zweite große Reformschritt der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union vollzogen.

Bis zum Beginn der 1990er-Jahre war die GAP auf der rechtlichen Grundlage von Marktordnungen bei den wichtigsten Agrarprodukten durch einen hohen Außenschutz (Einfuhrbeschränkungen, Abschöpfungen) und durch Preisstützungen, verbunden mit Abnahmegarantien für die Erzeuger innerhalb der Gemeinschaft, gekennzeichnet. Im Vergleich zum Weltmarkt ergab sich dadurch innerhalb der Gemeinschaft ein hohes Preisniveau für Agrarerzeugnisse. Die Anreizwirkung dieses Preisniveaus führte dazu, dass die Europäische Union innerhalb weniger Jahre vom Netto-Importeur zum Netto-Exporteur wichtiger Agrarerzeugnisse wurde. Da das Weltmarktpreisniveau erheblich unterhalb des Niveaus in der Europäischen Union lag, konnten überschüssige Pro-

duktmengen nur mit mehr oder weniger hohen Ausfuhrerstattungen exportiert werden. Zur Begrenzung der daraus resultierenden, rasch zunehmenden fiskalischen Belastungen und gleichzeitig zur Erfüllung von immer stärker werdenden Forderungen der wichtigsten Welthandelspartner wurde 1992 mit der sog. „Agenda 2000“ der erste wichtige Reformschritt der GAP vollzogen. Dabei wurden die administrierten Preise für die Marktordnungsprodukte um ca. ein Drittel ihrer Ausgangswerte gesenkt. Die damit verbundenen wirtschaftlichen Einbußen für die Landwirte wurden durch sog. „Preisausgleichszahlungen“ in Form von nutzflächen- und nutztiergebundenen Prämien kompensiert. Im Ergebnis näherte sich das innergemeinschaftliche Agrarpreisniveau dem Weltmarktpreisniveau stark an, was einerseits zwar zu einer deutlichen Verminderung der fiskalischen Belastungen für Ausfuhrerstattungen führte, andererseits aber zu vermehrten Ausgaben für die Flächen- und Tierprämien. Da die Prämien zudem an bestimmte pflanzliche Erzeugnisse, nämlich insbesondere die „grandes cultures“ (Getreide, Öl- und Eiweißpflanzen) und bestimmte Tierhaltungsformen und tierische Produkte, nämlich insbesondere Rind- und Schaffleisch – und seit 2004 auch für Milch – gebunden waren, richteten viele Landnutzer ihre Produktionsprogramme an den Prämien und nicht an den eigentlichen Produkt- und Faktorpreisen sowie den natürlichen und sozio-ökonomischen Standortgegebenheiten ihrer Betriebe aus. Dadurch erhielten die Prämien produktionslenkende Wirkungen. Bestimmte Produkte wurden an Standorten erzeugt, die dort nicht erzeugt worden wären, wenn die Preisausgleichszahlungen nicht an die Produkte gebunden gewesen wären. Zur Begrenzung der Produktionsvolumina wurden gleichzeitig die Garantiemengenregelungen (Kontingentierungen) für Milch, Zuckerrüben und eine Reihe anderer – weniger wichtiger – Erzeugnisse beibehalten.

Mit dem gleichen Ziel wurde auch die Vergabe der Flächenprämien für die „grandes cultures“ an die Verpflichtung der Landnutzer zur „konjunkturellen Flächenstilllegung“ eines Teils (0 – 10 % im Zeitablauf wechselnd) der für diese Kulturen vorgesehenen Nutzflächen gebunden. Für diese stillgelegten Nutzflächen wurden jedoch die Flächenprämien ebenfalls gezahlt. Die Flächenstilllegung konnte entweder als Dauerbrache auf bestimmten Flächen eines Betriebes oder als Rotationsbrache innerhalb von Fruchtfolgen auf jährlich wechselnden betrieblichen Flächen erfolgen. Zusätzlich wurde ermöglicht, dass diese Flächen für die Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen (vorwiegend Raps als Energiepflanze) mit vergleichsweise geringen Produktpreisen genutzt werden durften. Im Vergleich zu fossiler Energie gewann damit diese erneuerbare Energie vor allem dadurch an Wettbewerbsfähigkeit, dass sie auf den „Stilllegungsflächen“ nicht im Wettbewerb mit anderen Nutzpflanzen, sondern nur mit der Brache stand. Mit anderen Worten: Solange der Preis für Energieraps so gestaltet wurde, dass der Erlös aus seinem Anbau ohne Berücksichtigung der Flächenprämien

(die sowohl bei Brache als auch bei der Nutzung durch Energieraps gezahlt werden), aber unter Hinzufügung der Kosten für die Stilllegung (Aussaart, Mulchen, etc.) einen positiveren Gewinnbeitrag ermöglichte, der geringfügig größer als Null war, wurden die Stilllegungsflächen von den Landwirten für nachwachsende Rohstoffe an Stelle der Brachlegung genutzt. Erneuerbare Energien aus pflanzlichen Rohstoffen erhielten auf diese Weise innerhalb der EU erstmals eine wirtschaftliche Chance.

Des Weiteren wurde eine Obergrenze für die Gesamtsumme der EU-Agrarausgaben eingeführt, verbunden mit wert- und mengenmäßigen Obergrenzen für die einzelnen Flächen- und Tierprämien. So wurden je Region (in Deutschland i. d. R. das Bundesland) nur bestimmte Mengen an Prämienrechten für Mutterschafe und Mutterkühe vergeben, letztlich mit dem Ziel, die Schaf- und Rindfleischerzeugung zu begrenzen, weil diese Betriebszweige bei den vorherrschenden Produktpreisen ohne diese Prämien für die Tierhalter grundsätzlich nicht wirtschaftlich und im Vergleich zu anderen Nutzungsformen schon gar nicht wettbewerbsfähig sind. Als besonders gravierender Nachteil der ersten EU-Agrarreform stellte sich die produktlenkende Wirkung der produktgebundenen Tier- und Flächenprämien heraus. Sie führt im Ergebnis zu Allokationsineffizienzen bei der Landnutzung.

Mit der im Jahre 2003 von der Europäischen Union beschlossenen „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...“ und zur Änderung bestimmter bestehender Verordnungen und der im Jahre 2004 beschlossenen nationalen Umsetzung dieser Verordnung auf der Grundlage des o. g. Artikelgesetzes sollen vor allem die eben skizzierten Nachteile der ersten EU-Agrarreform beseitigt werden.

Mit dieser zweiten Reform werden die zahlreichen einzelnen Preisausgleichszahlungen (in der Verordnung EG Nr. 1782/2003 als „Direktzahlungen“ bezeichnet) von den Agrarprodukten „entkoppelt“ und nurmehr an die bewirtschaftete Nutzfläche gebunden. Die Landnutzer werden also die Direktzahlungen nicht mehr nur dann erhalten, wenn sie ihre Nutzflächen mit bestimmten Pflanzen und Tieren nutzen, sondern dann, wenn sie ihre Nutzflächen überhaupt nutzen, völlig unabhängig von der Nutzungsart. Dabei wurde der Begriff der „Nutzung“ sehr weit gefasst. So werden auch die Ansaat und das einmal jährliche Mulchen von Ackerflächen oder die im zweijährigen Turnus einmal erforderliche Mahd einer Grünlandfläche mit Abfuhr des Mähgutes als Nutzungen angesehen. Auf marginalen Standorten können sich diese Nutzungsformen im Vergleich zur eigentlichen Agrarerzeugung unter Berücksichtigung der flächengebundenen Direktzahlungen als wirtschaftlich vorzüglich erweisen.

Das mengensteuernde Instrument der Flächenstilllegung wird auch mit der neuen EU-Agrarreform beibehalten, allerdings nicht als Mindestanteil an der Nutzfläche für Getreide, Öl- und Eiweißpflanzen, sondern als Mindestanteil an der gesamten Ackerfläche eines Betriebes. Dieser Mindestanteil wird als konjunkturelles Mengensteuerungsinstrument jährlich neu beschlossen und ist regional unterschiedlich hoch. In Deutschland bewegt er sich für das Jahr 2005 zwischen minimal 7,57 % für die Region „Niedersachsen und Bremen“ und maximal 9,05 % für die Region „Mecklenburg-Vorpommern“. In Hessen beträgt der Anteil z. B. 8,81 %. Mit den Flächenstilllegungsanteilen, die auf der Grundlage der bisher stillgelegten „grandes cultures“-Flächen für die Regionen auf die Ackerflächen umgerechnet wurden, behalten erneuerbare Energien aus pflanzlichen Rohstoffen ihre wirtschaftliche Chance. Auch zukünftig dürften Energiepflanzen auf „Stilllegungsflächen“ ohne Verlust der Flächenprämie angebaut werden. Sie stehen auf diesen Flächen auch weiterhin nur im Wettbewerb mit der Brachlegung. Im Unterschied zum bisherigen Verfahren werden die neuen „Flächenprämien“ – weil die bisherigen Prämien für Schafe und Rinder entfallen – zukünftig für sämtliche landwirtschaftlichen Nutzflächen, also sowohl für die Acker- als auch für die Dauergrünlandflächen gezahlt (es bestehen Ausnahmen für gewisse Sonderkulturen, die hier jedoch nicht zu diskutieren sind). Die Höhe der Flächenprämien ist – abgeleitet aus den bisherigen Direktzahlungen – ebenfalls regional gestaffelt. In Deutschland werden sie sich voraussichtlich zwischen minimal 265,00 €/ha für die Region „Saarland“ und maximal 360,00 €/ha für die Region „Schleswig-Holstein“ bewegen (Tabelle 3.1).

Tabelle 3.1: Regionale Flächenprämien ab 2013

Bundesland	Regionale Flächenprämie 2013 [€/ha p. a.]
Baden-Württemberg	302
Bayern	340
Brandenburg/Berlin	293
Hessen	302
Mecklenburg-Vorpommern	322
Niedersachsen/Bremen	326
Nordrhein-Westfalen	347
Rheinland-Pfalz	280
Saarland	265
Sachsen	349
Sachsen-Anhalt	341
Schleswig-Holstein/Hamburg	360
Thüringen	345
Deutschland	328

Quelle: BMVEL (2005)

Die Einführung der neuen EU-Agrarpolitik ist mit einer längeren Übergangszeit – in Deutschland bis zum Jahre 2013 – verbunden, um Strukturbrüche und gravierende wirtschaftliche Nachteile für einzelne Landnutzer zu vermeiden. Beginnend am 1. Januar 2005 werden die bisher an einzelne Produkte gebundenen Direktzahlungen vollständig entkoppelt und nurmehr an die landwirtschaftliche Nutzfläche der Betriebe gebunden. Die Höhe der Direktzahlungen für die einzelnen Betriebe richtet sich insgesamt nach der Höhe der Zahlungen, die der Betrieb in der Vergangenheit (historischer Bezugszeitraum) erhalten hat. Die gesamte Direktzahlung für einen Betrieb besteht aus einer nutzflächengebundenen Komponente, die je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche gezahlt wird und einer betriebsindividuellen Komponente, die die bisher tiergebundenen Zahlungen ablöst und ebenfalls auf die Nutzfläche eines Betriebes umgelegt wird. In die betriebsindividuelle Komponente wird auch die ab 2004 erstmals und bis 2006 schrittweise erhöhte Milchprämie einbezogen. Diese Regelung für die einzelnen Betriebe wird bis zum Jahre 2009 einschließlich beibehalten. In den Jahren 2010 bis 2013 erfolgt dann die schrittweise Auflösung der betriebsindividuellen Komponente und ihre Überführung in die regionseinheitliche Flächenprämie. Betriebe, die auf Grund ihrer bisherigen intensiven Nutztierhaltung zunächst eine hohe betriebsindividuelle Direktzahlung erhalten, werden sich dadurch nach Ablauf der Übergangszeit einer Verminderung ihrer Direktzahlungen gegenüber sehen, umgekehrt Betriebe, die bisher nur eine extensive oder gar keine Nutztierhaltung betreiben.

Ab dem Jahr 2013 wird die EU-Agrarförderung auf eine entkoppelte Regionsprämie umgestellt, die für alle Produktionsverfahren gleich ist. Während die Rahmenbedingungen bis 2013 detailliert dokumentiert sind, gibt es ab 2013 noch Unklarheit über die Rahmenbedingungen für die nachwachsenden Rohstoffe. Inwieweit die Flächenstilllegung und eine Reihe von gekoppelten Prämien (Energiepflanzenprämie, Stärkekartoffelprämie usw.) beibehalten werden, ist völlig offen. Befragte Fachleute beim Bundesministerium (BMELV 2005) konnten keine Auskunft geben. Diese Ausgangslage wird zum Anlass genommen, zu diskutieren, welche Auswirkungen die Beibehaltung oder die Beendigung der beiden oben genannten Regelungen 2013 auf die Anbaufläche der nachwachsenden Rohstoffe haben werden. Von dem Wegfall der Stilllegung und der Energiepflanzenprämie wären die meisten Produktionsverfahren aus dem Spektrum der nachwachsenden Rohstoffe nachteilig betroffen. Bei der Beendigung gekoppelter, produktbezogener Prämien (z. B. der Energiepflanzenprämie) verringert sich die Bodenrente des Produktionsverfahrens um den Förderbetrag. Die Verminderung des Arbeitsaufwandes, z. B. durch den Wegfall der mit der Förderung verbundenen bürokratischen Arbeiten (Förderantrag, Abnehmervertrag usw.) wird hier zunächst nicht berücksichtigt. Da im ProLand-Verfahren (Weinmann 2002) Fruchtfolgen betrachtet werden, vermindert sich die Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Fruchtfolgen mit dem Bo-

denrenteanteil des Produktionsverfahrens in der Fruchtfolge. Wurde eine NAWARO-Pflanze unter den Bedingungen der Agenda 2000 auf einer Stilllegungsfläche angebaut, so musste sie mit Ihrer Bodenrente nur die Stilllegung übertreffen, um vorzüglich zu sein. Darüber hinaus konkurrierte das Verfahren mit dem eingeschränkten Kreis der auf der Stilllegungsfläche zugelassenen Nichtnahrungsmittelverfahren. Das NAWARO-Verfahren mit der höchsten Bodenrente hatte den größten Flächenanteil, unrentable Verfahren hatten auch auf der Stilllegungsfläche keine Chance. Bei einer Fortführung der Stilllegung wäre dieses Flächenkontingent einzig den NAWARO-Produktionsverfahren vorbehalten. Bei einer Abschaffung der Stilllegungsflächenregelung sind die NAWARO-Verfahren der vollständigen Konkurrenz der Nahrungsmittelverfahren ausgesetzt. Konkurrenzkräftige Verfahren werden sich durchsetzen. Dazu rechnen u. a. der Rapsanbau für die Produktion von Rapsmethylester, Silomaisanbau für Biogasanlagen und die Zuckerrübe zur Ethanolproduktion. Die Verfahren, die gegenüber der Stilllegung vorzüglicher waren, die jedoch eine geringere Bodenrente als vergleichbare Verfahren zur Nahrungsmittelproduktion aufweisen, werden einen Flächenrückgang zu erleiden haben. Zu diesen konkurrenzschwachen Verfahren mit geringer Bodenrente rechnen Fruchtfolgen mit Faserlein oder Sonnenblumen.

3.1.1.2 Produktspezifische Förderung

Von den an die Produktion gekoppelten Förderungen sind nach der EU-Agrarreform ab 2004 lediglich die Energiepflanzenprämie, die Stärkekartoffelnprämie, Eiweißpflanzenprämie und die Flächenzahlung für Schalenfrüchte geblieben. Für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen sind vor allem die Energiepflanzenprämie und die Stärkekartoffelnprämie relevant.

Energiepflanzenprämie

Landwirte können eine Beihilfe in Höhe von 45 Euro/ha beantragen, wenn sie Energiepflanzen auf nicht stillgelegten Ackerflächen oder Dauergrünlandflächen anbauen. „Alle Kulturpflanzen können angebaut werden, vorausgesetzt sie werden zur Herstellung von Energieprodukten (Biokraftstoffen, Biomasse zur Gewinnung elektrischer und thermischer Energie) verwendet“ (BMELV 2006). Vorausbedingung zur Zahlung der Prämie ist der Nachweis eines Vertrages mit dem Verarbeiter.

Die Energiepflanzenprämie wird auch bei der Nutzung der Rohstoffe im eigenen Betrieb gezahlt, jedoch wird das Spektrum der förderfähigen Kulturen geringfügig eingeschränkt.

Erlaubt ist (BMELV 2006):

- „der Einsatz von schnellwüchsigen Forstgehölzen, Getreide oder Ölsaaten als Energierohstoff (z. B. Verbrennung von Getreide in betriebseigenen Heizungsanlagen oder Verarbeitung von Raps in betriebseigenen Pflanzenölpresen zu Kraftstoff/Energie) und
- die Verarbeitung von landwirtschaftlichen Rohstoffen in betriebseigenen Biogasanlagen“

Der Antragsteller muss bei der Eigennutzung statt eines Abnehmervertrages eine Anbauerklärung abgeben.

Beim Anbau von Energiepflanzen auf Stilllegungsflächen konkurrieren die nachwachsenden Rohstoffe untereinander und mit der Brache (Mulchen). Bei den Flächen außerhalb der Stilllegung konkurriert die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen mit der Nahrungsmittelproduktion. Die Energiepflanzenprämie kann hier den Ausschlag zu Gunsten einer Entscheidung für nachwachsende Rohstoffe zur energetischen Nutzung geben.

Die Energiepflanzen-Beihilfe bezieht sich auf eine garantierte Höchstfläche von insgesamt 1.500.000 ha in der EU. Übersteigen die Antragsflächen insgesamt die Garantiehöchstfläche, so wird die Antragsfläche für den einzelnen Betriebsinhaber entsprechend des Ausmaßes der Überschreitung anteilig gekürzt.

Beihilfe für Stärkekartoffeln

Mit der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik werden ab dem Kalenderjahr 2005 die bisherigen Beihilfen für Stärkekartoffeln auf 60 % gekürzt, 40 % wurden in die Betriebsprämienregelung einbezogen. Der verbleibende Prämienanteil von 60 % wird auch weiterhin als gekoppelte Beihilfe gezahlt, diese beträgt 66,32 Euro für die Kartoffelmenge, die für die Herstellung einer Tonne Stärke erforderlich ist. Der Erzeugerpreis je Tonne Kartoffel mit 19 % Stärke von 54,77 € ergibt sich somit aus dem Auszahlungspreis der Stärkefabrik von 39,92 €/t zzgl. der gekoppelten Transferzahlung von 14,85 €/t (Wortel 2006). Die Flächen, für die eine Stärkekartoffelbeihilfe beantragt wird, können gleichzeitig zur Aktivierung von Zahlungsansprüchen im Rahmen der Betriebsprämienregelung genutzt werden.

Die Stärkekartoffelbeihilfe ist damit die einzige nach der Agrarreform verbliebene Fördervariante, bei der explizit die Produktion eines bestimmten Rohstoffes aus einer einzigen Ackerfrucht gefördert wird. Die Prämie ist ein wirkungsvolles Instrument, um eine gezielte Förderung des Kartoffelanbaus zur Produktion nachwachsender Rohstoffe zu erreichen.

3.1.1.3 Die Cross-Compliance Regelung

Im Rahmen der jetzigen EU-Agrarreform wurde eine „Regelung der Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen durch Landwirte im Rahmen gemeinschaftsrechtlicher Vorschriften über Direktzahlungen (in Deutschland: Direktzahlungen – Verpflichtungsgesetz – DirektZahlVerpflG)“ neugeschaffen, die unter dem Schlagwort „Cross Compliance“ bekannt geworden ist. Danach wird die Gewährung der Direktzahlungen an bestimmte Verpflichtungen der Landwirte für ihre Flächennutzung gebunden, die dem Prinzip der nachhaltigen Entwicklung durch den Schutz der natürlichen Ressource Boden Rechnung tragen sollen (Erosionsvermeidung, Erhalt der organischen Substanz im Boden, Schutz der Bodenstruktur, Instandhaltung von Flächen, die aus der landwirtschaftlichen Erzeugung genommen werden, Erhalt von Landschaftselementen, z. B. Hecken, Terrassen, etc. sowie Umbruchverbot für Dauergrünland). Diese Regelungen sind allerdings aus guten Gründen so weit gefasst, dass sie für die große Mehrheit der Landnutzer keine wirtschaftlichen Nachteile entstehen lassen. Als wirtschaftlich nachteilig könnte sich für die Landnutzer allerdings die Verpflichtung zur Erhaltung von Landschaftselementen erweisen, weil sie die aus wirtschaftlichen Gründen dringend notwendige Vergrößerung von Feldstücken, insbesondere im Südwesten Deutschlands, behindern kann.

Die Anforderungen der Cross Compliance an die Erhaltung der organischen Substanz und der Bodenstruktur schreiben auf betrieblicher Ebene eine Fruchtfolge aus mindestens drei Kulturen vor, bei denen jede Kultur mindestens einen Anteil von 15 % der Ackerfläche haben muss. Falls in einem Jahr nur eine oder zwei Kulturen angebaut werden, können die Anforderungen dadurch eingehalten werden, dass in mindestens drei aufeinander folgenden Jahren jeweils eine andere Kultur angebaut wird.

Soweit in einem Betrieb die genannten Voraussetzungen nicht erfüllt werden, ist die Berechnung einer jährlichen, betrieblichen Humusbilanz zwingend erforderlich. Unterschreitet der Betrieb die Mindestwerte, ist der Betrieb verpflichtet, eine Beratung zur Verbesserung seiner Humusbilanz in Anspruch zu nehmen.

Diese Regelung bringt eine theoretische Einschränkung des Flächenangebots eines nachwachsenden Rohstoffes mit sich. Ist in einer Region ein bestimmtes Flächenkontingent wirtschaftlich zum Zuckerrüben- oder Silomaisanbau geeignet, beträgt das Flächenangebot für den Anbau nachwachsender Rohstoffe pro Jahr wegen der Fruchtfolgebeschränkung nur 70 % Flächenanteil. Die Fruchtfolgerestriktionen sind allerdings bei einigen Kulturpflanzen, insbesondere Raps, Zuckerrüben und Kartoffeln, bereits wegen ihrer mangelnden Selbstverträglichkeit gegeben.

3.1.1.4 Natur-, boden- und landschaftsschutzrechtliche Regelungen bei der Grünlandnutzung.

Prinzipiell stünde auch Grünland für die Produktion nachwachsender Rohstoffe zur Verfügung. Das Grünland umfasste in Deutschland 2004 eine Fläche von 4.913,4 Tsd. ha. (Statistisches Bundesamt 2005). Insbesondere die Dauergrünlandflächen werden nach Erhebungen von Rösch, Stelzer und Raab (2006), bedingt durch produktions-technische und züchterische Fortschritte, ihre Funktion als Futterlieferant für die Tierhaltung verlieren.

Das Grünland steht bisher nur eingeschränkt für die Produktion nachwachsender Rohstoffe zur Verfügung. Grünland ist wegen der geringen Energiedichte und hoher energiebezogener Ernte- und Transportkosten bisher kein ökonomischer Energieträger (Rösch, Stelzer, Raab, 2006).

Die Umwandlung von Grünland in Ackerkulturen mit nachwachsenden Rohstoffen wird durch gesetzliche Regelungen in Bereich der Landschaftspflege und des Bodenschutzes erschwert.

Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchGNeuregG 2002) und das Bundesbodenschutzgesetz von 1998 definieren aus der Sicht des Naturschutzes bzw. Bodenschutzes gesetzliche Mindeststandards an die „gute fachliche Praxis“ (§ 5 BNatSchGNeuregG), die auf bestimmten Standorten eine ackerbauliche Nutzung ausschließen. Im Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) gehört zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis nach § 17 insbesondere, dass Bodenabträge durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhältnisse sowie der Bodenbedeckung, möglichst vermieden werden und die „naturbetonten Strukturelemente der Feldflur, insbesondere Hecken, Feldgehölze, Feldraine und Ackerterrassen, die zum Schutz des Bodens notwendig sind, erhalten werden“. Im Bundesnaturschutzgesetz, § 5, „Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft“ wird das Verbot ackerbaulicher Nutzung in bestimmten Gebieten konkreter definiert: „Auf erosionsgefährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand sowie auf Moorstandorten ist ein Grünlandumbruch zu unterlassen“.

Rechtsverbindlich für den Landwirt sind die Umsetzungen der Rahmenvorschriften des Bundesnaturschutzgesetzes in den Landesnaturschutzgesetzen. Als Beispiel sei hier das Hessische Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Hessisches Naturschutzgesetz - HENatG) in der Fassung vom 16. April 1996 zitiert (Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz 2002). Nach §5 („Eingriffe in Natur und Landschaft“) ist „die Umwandlung von Grün- in Ackerland auf erosionsge-

fährdeten Hängen, in Überschwemmungsgebieten, auf Standorten mit hohem Grundwasserstand sowie auf Moorstandorten“ ein Eingriff in Natur und Landschaft und damit genehmigungspflichtig.

Ein großer Anteil von Grünlandgebieten befindet sich innerhalb von Landschaftsschutzgebieten oder Gebieten, die der Natura-2000 Richtlinie der EG unterliegen (FFH-Gebiete und Vogelschutzgebiete). Beide Schutzformen können sich auf einer Fläche überlagern. Grünlandumwidmungen bedürfen in Landschaftsschutzgebieten i. d. R. einer landschaftsschutzrechtlichen Genehmigung. In den FFH-Gebieten gilt nach der jeweiligen Gebietsverordnung ein Verschlechterungsverbot, welches einen Grünlandumbruch im Einzelfall ausschließen kann.

Auch die Förderung der Landwirte durch die Flächenprämie ist mit der Verpflichtung zur Grünlanderhaltung verbunden. Das Direktzahlungen-Verpflichtungsgesetz beauftragt in § 3 („Erhaltung von Dauergrünland“) die Bundesländer, „dafür Sorge zu tragen, dass auf ihrem Gebiet der Anteil des Dauergrünlandes an seiner gesamten landwirtschaftlichen Fläche bezogen auf das Referenzjahr 2003 nicht erheblich abnimmt“. Im Falle einer Abnahme um mehr als 8 % sollten umgebrochene Flächen wieder eingesät oder auf sonstigen Flächen Dauergrünland neu angelegt werden.

Wenn man die Wirkungen aller dieser „Grünland-Schutzgesetze“ für die Produktion nachwachsender Rohstoffe zusammenfasst, so steht praktisch ein großer Flächenanteil der derzeitigen Grünlandfläche von 4,9 Mio. ha für die Produktion nachwachsender Rohstoffe nicht zur Verfügung.

3.1.1.5 Technische Regelungen bei der thermischen Nutzung von Getreide

Die EG-Agrarförderung erkennt Getreidekörner als nachwachsenden Rohstoff zur thermischen Verwertung an. Am 26.03.2001 trat die EU-Verordnung Nr. 587/2001 in Kraft, nach der Getreide (wie auch Raps- und Sonnenblumen) auf eigenen Stilllegungsflächen für die energetische Verwertung angebaut werden und auf eigenen landwirtschaftlichen Betrieben verbrannt werden darf. Auf Flächen außerhalb der Stilllegungsflächen haben Anbauten von Energiegetreide darüber hinaus Anspruch auf eine Energiepflanzenprämie in Höhe von 45 €/ha und Jahr. Bei der thermischen Nutzung von Getreide (Getreidestroh und Körnern) begrenzen eine Reihe technischer Vorschriften bisher das Rohstoffangebot.

Nach der 1. Bundes-Immissions-Schutz-Verordnung (1. BImSchV), in der die zulässigen Brennstoffe für Heizanlagen aufgeführt sind, sind in Anlagen bis 15 kW als biogene Brennstoffe nur Holz oder Holzpresslinge zugelassen, in Anlagen von 15 - 100

kW zusätzlich Stroh oder ähnliche pflanzliche Stoffe. Feuerungsanlagen über 100 kW unterliegen der 4. BimSchV., die aktuell novelliert wird (Angaben nach BMVEL 2005b). Auch in der novellierten Fassung werden nur Stroh, nicht jedoch strohähnliche Stoffe explizit genannt. Da die Umsetzung der Immissionsschutzverordnungen Ländersache ist, ist es den jeweiligen Länderumweltministerien überlassen, zu entscheiden, ob Getreidekorn ein strohähnlicher Brennstoff ist oder nicht. Die Länder Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen, Schleswig-Holstein, Baden-Württemberg, Hessen und das Bundesumweltministerium lehnten den Einsatz von Getreide in Kleinf Feuerungsanlagen zunächst ab.

Im Rahmen einer Bundesratsinitiative haben die Bundesländer 2006 über eine Änderung der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV) im Hinblick auf die Zulassung von Getreide als Brennstoff beraten. Die Mehrheit der Länder sprach sich dafür aus, die voraussichtlich erst 2007 vorliegenden Ergebnisse der im Auftrag der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. eingeleiteten Projekte zur Ermittlung der Emissionen und Fortentwicklung der Verbrennungstechnik bei der Getreideverbrennung abzuwarten. Damit wird sich die Anwendung der thermischen Verwertung zunächst verzögern.

Sollte die Verbrennung von Getreide in Kleinf Feuerungsanlagen genehmigt werden, ist eine verstärkte Nutzung eigener Getreidevolumina in den landwirtschaftlichen Betrieben absehbar. Getreide lässt sich in handelsüblichen Holzpellettheizungen verbrennen, hier ist aktuell ein Boom im Anlagenbau zu erkennen, der sich aktuell in der Erschöpfung der Fördermittel der KfW-Bank dokumentiert.

3.1.1.6 Zur Problematik des Anbaus von Pappelplantagen zur energetischen Verwertung

Im Rahmen der Verordnung (EG) Nr. 1586/97 (Folgeverordnung zur VO (EWG) Nr.334/93) wird der Anbau nachwachsender Rohstoffe auf stillgelegten Flächen geregelt. Schnellwachsende Baumarten fallen unter den Anhang II. Für die Pflanzenarten unter Anhang II gelten vereinfachte Regelungen. Ein Vertrag mit einem Aufkäufer/Erstverarbeiter und eine Kautions hinterlegung sind nicht erforderlich. Bei den schnell wachsenden Baumarten wurde die früher maximale Umtriebszeit von 10 Jahren auf 20 Jahre erhöht (BMVEL 2005). Diese Verlängerung erlaubt, die mit zunehmender Anlagendauer steigenden Erträge besser zu nutzen. Pappeln im Kurzumtrieb werden auf Stilllegungsflächen ähnlich wie landwirtschaftliche Produktionsverfahren behandelt. Mit dem „Gesetz zur Gleichstellung stillgelegter und landwirtschaftlich genutzter Flächen“ vom 10. Juli 1995 (BGBL-I S. 910), novelliert durch Bundestagsbeschluss vom 26.01.2006, werden die Flächen formaljuristisch nicht zu Wald. Das Gesetz regelt,

dass nach Ablauf des Stilllegungszeitraumes die Plantagenflächen in derselben Art und in demselben Umfang landwirtschaftlich genutzt werden können. Sondervorschriften, die für Wald gelten, in Hessen beispielsweise die Genehmigungspflicht für die Erstaufforstung und Rodung nach dem Hess. Forstgesetz, das Verbot der Klärschlammausbringung u. Ä. werden im Falle der Kurzumtriebsplantage nicht angewandt (Hofmann 1998).

Das Gesetz zur Flächengleichstellung lautet im Auszug:

„1. Flächen, die nach Maßgabe der Rechtsakte der Organe der Europäischen Gemeinschaften über Direktzahlungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik oder über sonstige Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe stillgelegt worden sind, gelten weiterhin als landwirtschaftlich genutzte Flächen.

Nach § 1 (1) gelten auch Flächen als stillgelegt, „die nach Maßgabe der Rechtsakte der Organe der Europäischen Gemeinschaften über Direktzahlungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik

1. für den Anbau von Kurzumtriebswäldern genutzt „...“ werden.“ Nach (3) können die Flächen „nach Beendigung der Stilllegungsperiode in derselben Art und demselben Umfang wie zum Zeitpunkt vor der Stilllegung“ genutzt werden, „soweit diese Flächen für die Nutzung von Zahlungsansprüchen für die einheitliche Betriebsprämie angemeldet worden sind.“

Damit ist gewährleistet, dass Kurzumtriebsplantagen auf Stilllegungsflächen auch nach einer möglichen Beendigung der Stilllegungsregelung in den Genuss der Flächenprämie kommen.

Nach der aktuellen Rechtslage gilt die Gleichstellung der Pappelflächen mit landwirtschaftlichen Flächen gleichwohl nur auf stillgelegten Flächen. Eine Kurzumtriebsplantage unterliegt außerhalb der Stilllegungsflächen den gesetzlichen Regelungen des Bundeswaldgesetzes und der Ausführungsgesetze der Länder. Das hat zwei Konsequenzen: Auf normalen landwirtschaftlichen Flächen werden die Landwirte auch bei wirtschaftlichen Vorteilen keine Plantagen anbauen, weil sie die dauerhafte Zuordnung zu Wald fürchten müssen. Fällt die Möglichkeit der Stilllegung mit dem Abschluss der EG-Agrarreform und der Einführung der Regionsprämie 2013 weg, so gibt es eine Gleichstellung des Anbaus von Kurzumtriebsplantagen mit landwirtschaftlich genutzten Flächen nur auf den Stilllegungsflächen des für die Betriebsprämie relevanten Bezugsjahres 2005.

Für die Konkurrenzfähigkeit von Kurzumtriebsplantagen wäre eine unreglementierte Anpflanzung auf allen landwirtschaftlich genutzten Flächen von Vorteil. Kurzumtriebs-

plantagen sind nach der Definition der Forstgesetze Wald. Um den Kurzumtriebskulturen auf landwirtschaftlichen Flächen eine wirtschaftliche Chance zu geben, ist es notwendig, eine rechtliche Regelung in das Bundeswaldgesetz und die Ländergesetze einzufügen, nach denen Kurzumtriebsplantagen wie landwirtschaftliche Kulturen zu behandeln sind.

3.1.1.7 Reform der Zuckermarktordnung und Anbau von Ethanolrüben

Die Gemeinsame Marktordnung für Zucker (ZMO) als Marktsteuerungsinstrument der EU wurde 1968 eingeführt. Die Steuerung des Marktes durch die Zuckermarktordnung erfolgt durch die Festlegung von Produktionsquoten, Interventionspreisen, sowie durch die Protektion des Binnenmarktes vor Importen durch Zölle und durch Exporterstattungen.

Die EU vergab an jedes Mitgliedsland Zuckermengenquoten. Diese sind den verarbeitenden Unternehmen zugeteilt, welche sie in der Form von Lieferrechten an die Landwirte weitergeben. Es gibt zwei Kategorien von Quoten. Die A-Quote entspricht ursprünglich der Selbstversorgungsmenge der EU, die B-Quote dient als Reserve. Beide Quoten genießen eine Absatzgarantie. Der über die Quoten hinaus erzeugte Zucker (C-Zucker) muss ohne Erstattungen innerhalb von einem Jahr zum Weltmarktpreis exportiert werden.

Die EU gibt einen Interventionspreis für Zucker vor, der zwischen 630 und 640 Euro/t liegt. Aus dem Interventionspreis errechnet sich nach Abzug der Herstellungskosten und der Produktionsabgabe (die der Finanzierung von Ausfuhrerstattungen beim Zuckerexport dient) der Rübenrundpreis für Rüben mit 17 % Zuckergehalt. Zuckerrüben der A-Quote erhalten 98 % des Rübenrundpreises (ca. 48 €/t). Die B-Quote erlöst lediglich 65 % des Rübenrundpreises.

Im Februar 2006 hat der EU-Agrarrat eine grundlegende Reform der Zuckermarktordnung beschlossen. Das System der Produktionsquoten (Lieferrechte) bleibt zwar bestehen. Die bisherigen A- und B-Quoten gehen aber in eine einheitliche Quote über. Infolge der Kürzung der EU-Zuckerproduktion um 6 – 7 Mio. t (556.989 t in Deutschland) und dem weitgehenden Entfall der EU-Zuckerexporte werden auch die Lieferrechte der Landwirte verringert. Die Einkommensausfälle der Zuckerrübenanbauer werden durch eine Erhöhung der Betriebsprämie gemildert. Diese sinkt allerdings jährlich ab und geht ab 2013 in der regionalen Flächenprämie auf.

Die EU-Zuckererzeugung soll auf zunächst freiwilliger Basis im Rahmen der Quote um rund 5 Mio. t reduziert werden. Dazu wurde ein Restrukturierungsfonds eingerichtet, der aus einer auf drei Jahre befristeten Sonderabgabe der Zuckerindustrie finanziert

wird. Zuckererzeuger aus benachteiligten Regionen haben die Möglichkeit, ihre Quoten gegen eine einmalige Prämie an den Restrukturierungsfonds zurückzugeben. Sollten genügend Zuckerquoten in anderen EU-Mitgliedstaaten im Rahmen des Restrukturierungsfonds angedient werden, wäre die deutsche Produktionsquote von einer Kürzung geringer betroffen.

Mit der Novellierung der Zuckermarktordnung ist eine Änderung des Preissystems verbunden. Aus dem von der Zuckerintervention abhängigen Rübengrundpreis wurde ein Mindestpreis von 43,63 €/t, der sich auf das gewogene Preismittel von A- und B-Rüben in der EU 15 bezieht. Dieser Mindestpreis für Rüben im Rahmen der Quotenregelung wird schrittweise bis 2009 um 39,7 % abgesenkt. Künftig gelten die in der Tabelle 3.2 angezeigten Mindestpreise für alle Zuckerrüben innerhalb der Mengquote.

Tabelle 3.2: Mindestpreise (€/t) für Zuckerrüben nach der Novellierung der Zuckermarktordnung

Jahr	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10 und folgende Jahre
Mindestpreis Zuckerrüben	32,9	29,8	27,8	26,3

Quelle: Eigene Darstellung nach BMELV 2006

Durch die Reform der Zuckermarktordnung haben sich die Lieferrechte verringert. Die Bodenrente der Zuckerrübe wurde durch Preissenkung deutlich abgesenkt. Die Rübenproduktion bleibt aber auch nach der Preissenkung eine wirtschaftliche Alternative zu den anderen Kulturen.

Zusätzlich zur verringerten Produktionsquote für die Zuckerproduktion bieten die Zuckerproduzenten die Abnahme von Zuckerrüben für die Ethanolproduktion an. Dieses Angebot wird von einer großen Anzahl Landwirte angenommen. Nach Angaben des Verbandes Süddeutscher Zuckerrübenanbauer (vsz.de 2006) stand dem Ethanolrüben-Vertragsangebot der Südzucker AG mit einer Zielmenge von 600.000 t eine Angebotsmenge der Landwirte von knapp 1,6 Mio. t gegenüber. Die Reform der Zuckermarktordnung wird also bei der Zuckerrübe zur Verschiebung von Angebotsmengen von der Nahrungsmittelproduktion zur Treibstoffproduktion führen. Die bisher bei der Ethanolproduktion kaum eingesetzte Zuckerrübe wird hier möglicherweise Marktanteile gegenüber dem bisher vorherrschenden Ethanolgetreide gewinnen.

3.1.2 Agrarökonomische Rahmenbedingungen

Veränderungen der Input-Output-Beziehungen sowie der Preisgerüste der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren beeinflussen die Allokationsentscheidungen der Landnutzer. Zur Berechnung von Zukunftsszenarien sind deshalb plausible Annahmen zur Entwicklung der Leistungen und Kosten der Biomassebereitstellung nötig. Daher werden in diesem Abschnitt wahrscheinliche Entwicklungspfade der Preisniveaus, -relationen und Faktorintensitäten abgeleitet. Diese sind, neben den genannten agrarpolitischen Rahmenbedingungen, die wichtigsten bodenrentenbestimmenden Faktoren.

3.1.2.1 Preisentwicklungen ausgewählter Agrarprodukte

Der internationale Handel von Agrarprodukten wird in US Dollar abgewickelt. Vor dem Hintergrund zunehmender internationaler Warenströme üben Wechselkursschwankungen Einfluss auf die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Landwirtschaft und somit der Importwürdigkeit landwirtschaftlicher Rohstoffe und Verarbeitungsprodukte aus. Änderungen des Weltmarktpreises in US\$ oder des €/US\$-Wechselkurses bedeuteten allerdings nicht immer veränderte inländische Erzeugerpreise in Euro, da Erzeugern bisher für einige Produkte Außenschutz sowohl gegenüber Preis- als auch Wechselkursschwankungen gewährt wird. Die OECD berechnet zahlreiche Protektionsmaße, wovon der nominale Protektionskoeffizient (NPC) für Analysen der Preisniveaus am besten geeignet ist (OECD 2006). Er gibt an, um welchen Prozentsatz die Erzeugerpreise eines Produkts über den Referenzpreisen ohne Protektion liegen. Der NPC von Weizen lag bspw. 2005 bei 1,08, was bedeutet, dass der Erzeugerinnenlandspreis 8 % höher lag als der Referenzpreis ohne Protektion.

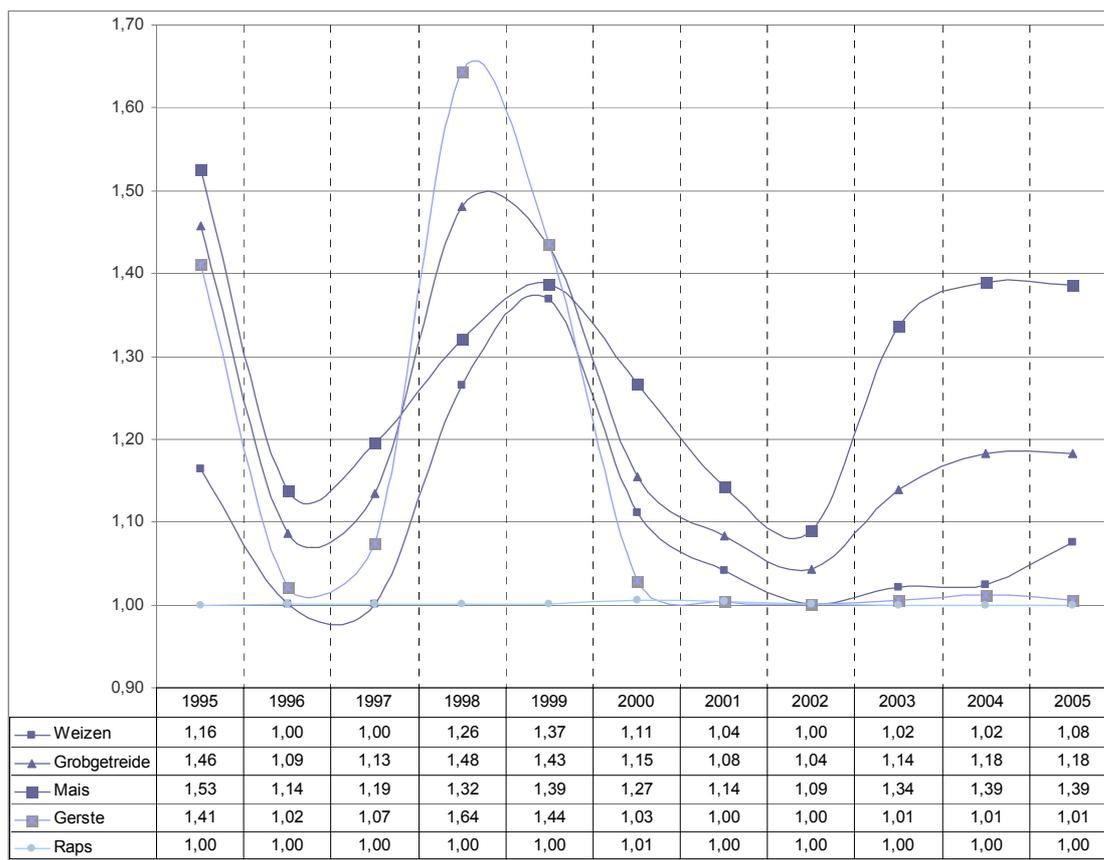
Abbildung 3.1 stellt die nominalen Protektionskoeffizienten nur für einige Agrarprodukte dar, da diese nicht für alle in dieser Studie betrachteten Produkte zur Verfügung stehen. Der NPC schwankt von Jahr zu Jahr, was auf schwankende Wechselkurse und Weltmarktpreise zurückzuführen ist. So stiegen in den Jahren 1998 und 1999 die NPCs aller Produkte außer Raps auf Grund stark gefallener Weltmarktpreise drastisch an. Als diese in den Folgejahren wieder anzogen, resultierten daraus sinkende NPCs.

Aus der Betrachtung des NPC können keine Aussagen abgeleitet werden, inwiefern weiterhin Außenschutz gewährt werden wird. Allerdings unterstellt die OECD, dass Handelsschranken und Außenschutz im Agrarbereich im Vergleich zu anderen Wirtschaftsbereichen in höherem Maße bestehen bleiben.

Das Angebot und der globale Handel von Getreide und Ölsaaten werden innerhalb des Prognosezeitraums der Studie dennoch zunehmen (OECD 2005, FAPRI 2006). Nachfragesteigerungen können durch steigende Angebotsmengen befriedigt werden. So-

wohl das FAPRI als auch die OECD prognostizieren keine Realpreissteigerungen der in dieser Studie berücksichtigten Hauptagrарprodukte. Allerdings weisen beide Organisationen auf die Bedeutung der zukünftigen Energiepolitik und Energiepreise hin. Zusätzliche, administrativ geschaffene Nachfrage, bspw. Aufstockungen des gesetzlich vorgeschriebenen Anteils erneuerbarer Energien am Gesamtenergiemix in Europa und Nordamerika, kann die prognostizierte Preisentwicklung einzelner Produkte verschieben. Analog führen steigende Preise fossiler Energieträger zu steigenden Agrарpreisen. Da die Abschätzung der Preisänderungen außerhalb der Projektziele liegt, wird in der Studie auf genannte Quellen zurückgegriffen. Da die Prognosen nur die „Grandes Cultures“ umfassen, wird unterstellt, dass alle anderen marktfähigen Produkte durch die derzeitigen Preisrelationen richtig bewertet sind und sich dementsprechend analog entwickeln.

Abbildung 3.1: Nominale Protektionskoeffizienten ausgewählter Agrарprodukte

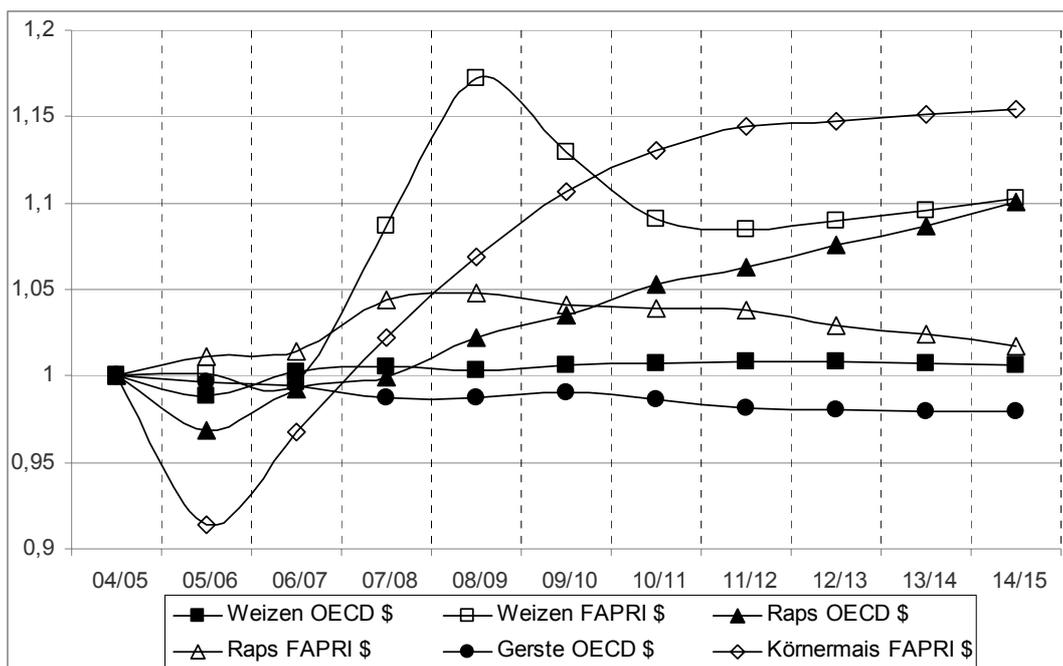


Quelle: Eigene Darstellung (Datenbasis: OECD 2006)

Abbildung 3.2 und Abbildung 3.3 zeigen die prognostizierte relative Entwicklung der EU-Inlandspreise für Weizen und Gerste und EU-Importpreise für Rapssaat und Kör-

nermais des FAPRI (FAPRI 2006) und der OECD (OECD 2005) in US\$ bzw. € bis zum Jahr 2015. Da die Werte der OECD in €, die des FAPRI jedoch in US\$ angegeben werden, wurden die Preise mit jeweiligen Wechselkursprognosen umgerechnet. Während die OECD einen konstanten US\$/€ Wechselkurs von 0,77 €/US\$ annimmt, schwanken die FAPRI Prognosen zwischen 0,783 €/US\$ und 0,615 €/US\$.

Abbildung 3.2: Preisentwicklung 2004 bis 2015 für Weizen, Raps, Gerste und Körnermais in US Dollar, Werte 2004/05 = 1



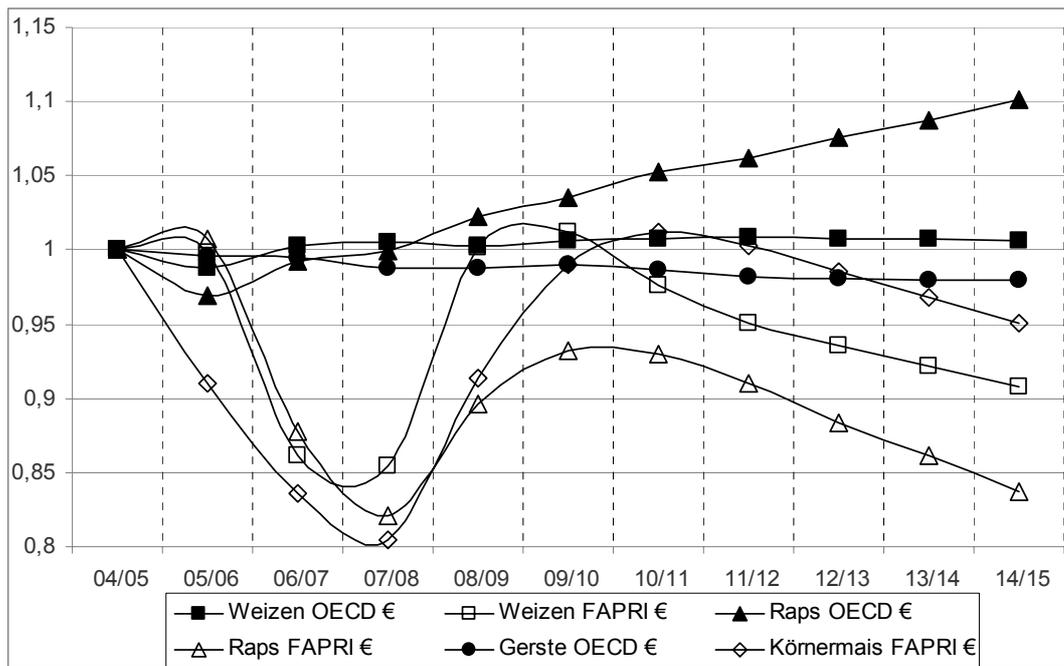
Quelle: Eigene Darstellung (Datenbasis: OECD, 2005 und FAPRI, 2006)

Das FAPRI prognostiziert nominal steigende Weizen- und nahezu konstante Rapspreise in US\$. Unter Berücksichtigung der Wechselkursprognosen, die eine starke Dollarabwertung unterstellen, ergeben sich um 10 % bis 15 % niedrigere Nominalpreise zum Ende des Prognosezeitraums. Allerdings werden steigende Importpreise für Rapsöl, dem Ausgangsstoff für RME, prognostiziert (nicht dargestellt). Die OECD hingegen unterstellt steigende Nominalpreise in € für Raps sowie nahezu konstante Weizenpreise. Für Importpreise von Rapsöl wird keine Prognose abgegeben. Da der Wechselkurs als konstant angenommen wird, resultieren daraus analoge Entwicklungen in US\$.

Für Körnermais liefert die OECD keine Prognose, das FAPRI unterstellt steigende nominale Importpreise. Daraus werden jedoch höchstwahrscheinlich keine steigenden inländischen Erzeugerpreise und eine Verschiebung der Preisrelationen von Körner-

mais zu Winterweizen resultieren. In der EU werden große Teile der Weizenernte verfüttert, weshalb der Futterwert die Bewertungsgrundlage für Körnermais und Weizen ist und sich daher entsprechende Relationen eingestellt haben.

Abbildung 3.3: Preisentwicklung 2004 bis 2015 für Weizen, Raps, Gerste und Körnermais in Euro, Werte 2004/05 = 1



Quelle: Eigene Darstellung (Datenbasis: OECD 2005 und FAPRI 2006)

Für Futtergerste prognostiziert die OECD nominal konstante EU-Erzeugerpreise, FAPRI unterstellt steigende nominale Exportpreise ex Kanada. Angesichts der im Zeitablauf schwankenden Protektion und der Bewertung der Gerste über den Futterwert kann unterstellt werden, dass sich steigende Importpreise für Gerste nicht in steigenden Erzeugerpreisen niederschlagen.

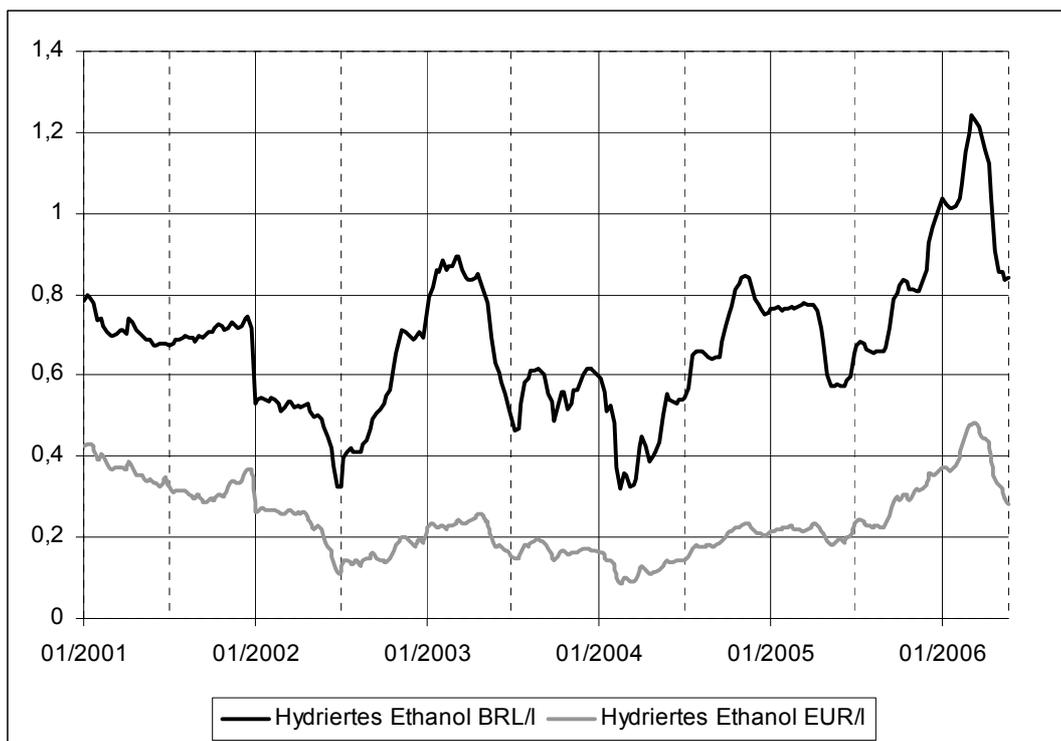
Angesichts der widersprüchlichen Prognosen der beiden Institutionen werden bis auf Raps und andere Ölsaaten nahezu konstante, nominale Produktpreise unterstellt. Die genauen Werte sind in Tabelle 4.19 auf Seite 88 angegeben.

Zusätzlich zu den oben betrachteten Produkten, die sowohl als Nahrungsmittel als auch als Rohstoff eingesetzt werden können, werden stellvertretend für mögliche Preisentwicklungen von Biokraftstoffen vergangene Entwicklungen des Ethanolpreises analysiert. Für neue, zur energetischen Verwertung vorgesehene Kulturpflanzen wie Pappel, Miscanthus oder Ethanolrüben kann unterstellt werden, dass sich die Preise in Zukunft in Anlehnung an den Ölpreis entwickeln werden.

Entscheidend für die Konkurrenzfähigkeit der Ethanolproduktion sind vor allem der Ethanolpreis und der gewährte Außenschutz. Zur Entwicklung des Ethanolpreises sowie des Außenschutzes liegen keine Prognosen vor. Derzeit beträgt der EU-Zollsatz 0,192 €/l Ethanol. Im Zuge des Abbaus von Zöllen und Handelshemmnissen ist eine Absenkung nicht auszuschließen.

Bei aktuellen Wechselkursen von Brasilianischem Real (BRL) zu Euro (EUR) ergeben sich Notierungen für brasilianisches Ethanol um 0,48 €/l zzgl. Transport (CEPEA 2006, OANDA 2006). Abbildung 3.4 zeigt die Entwicklung des Preises für hydriertes Ethanol in São Paulo in Real und Euro. In 2002 und 2004 erreichten die Notierungen 11,6 bzw. 8,5 ct/l zzgl. Transport und EU-Zoll.

Abbildung 3.4: Entwicklung des Preises je Liter hydriertes Ethanol in São Paulo in Real und Euro

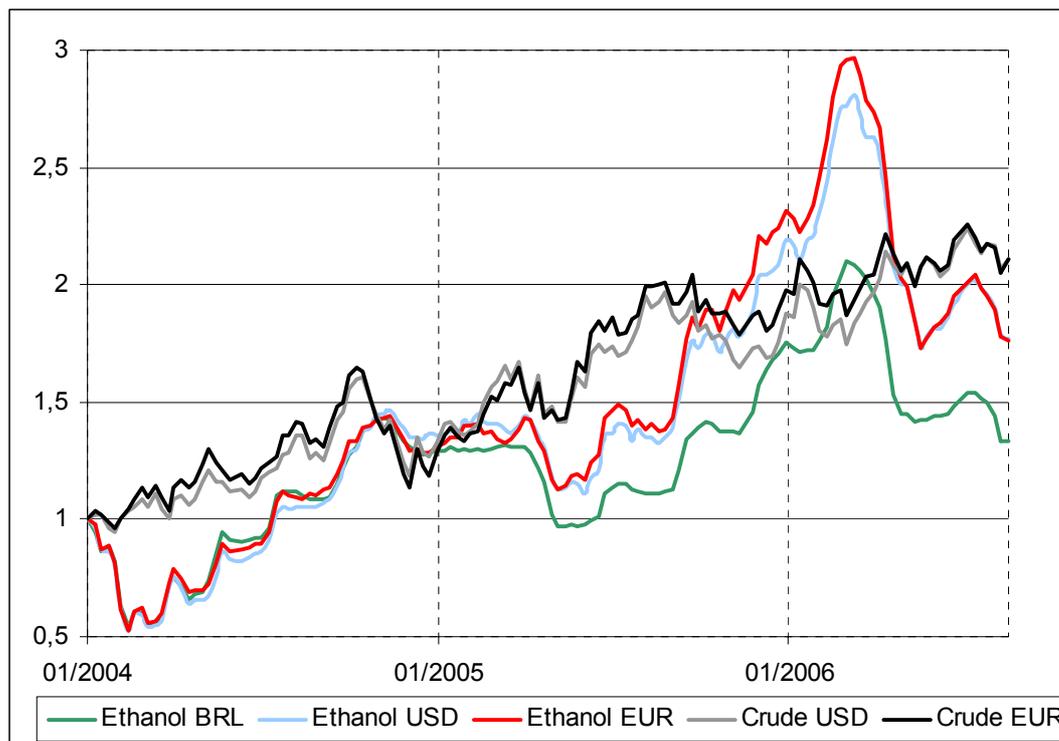


Quelle: Eigene Darstellung (Datengrundlage: CEPEA 2006)

Zukünftige Ethanolpreise sind ungewiss. Angesichts der in Abbildung 3.5 (Preise 2004 = 1) dargestellten Preisrelationen ist nicht anzunehmen, dass sie sich vom Ölpreis entkoppelt entwickeln werden. Sollte der Rohölpreis gemäß den Prognosen zahlreicher Institute und Organisationen wieder sinken (s. Abschnitt 4.2.1), würden Ethanolnotierungen entsprechend nachgeben. Eine Absenkung des Außenschutzes oder Abwer-

tung des Real hätte gleichgerichtete Effekte. Würden die Faktoren zusammenwirken, wären EU-Inlandspreise für Ethanol unter 0,20 € zzgl. Transport möglich.

Abbildung 3.5: Relative Entwicklung der Ethanol- und Rohölnotierungen in US\$ und €, Werte 2004 = 1



Quelle: Eigene Darstellung (Datengrundlage: CEPEA 2006, NYMEX 2006, Oanda 2006)

Die zukünftigen Preise von Zuckerrüben und Stärkekartoffeln sind nahezu ausschließlich von politischen Entwicklungen abhängig, da sie administrativ festgelegt werden. Angesichts der jüngsten Reformen und der Annahme, dass der landwirtschaftliche Sektor weiterhin geschützt werden wird (vgl. hierzu den Anfang dieses Abschnitts), kann davon ausgegangen werden, dass bis 2020 keine weiteren Preissenkungen stattfinden und die Preise dementsprechend konstant bleiben.

3.1.2.2 Entwicklungen der technologischen Rahmenbedingungen

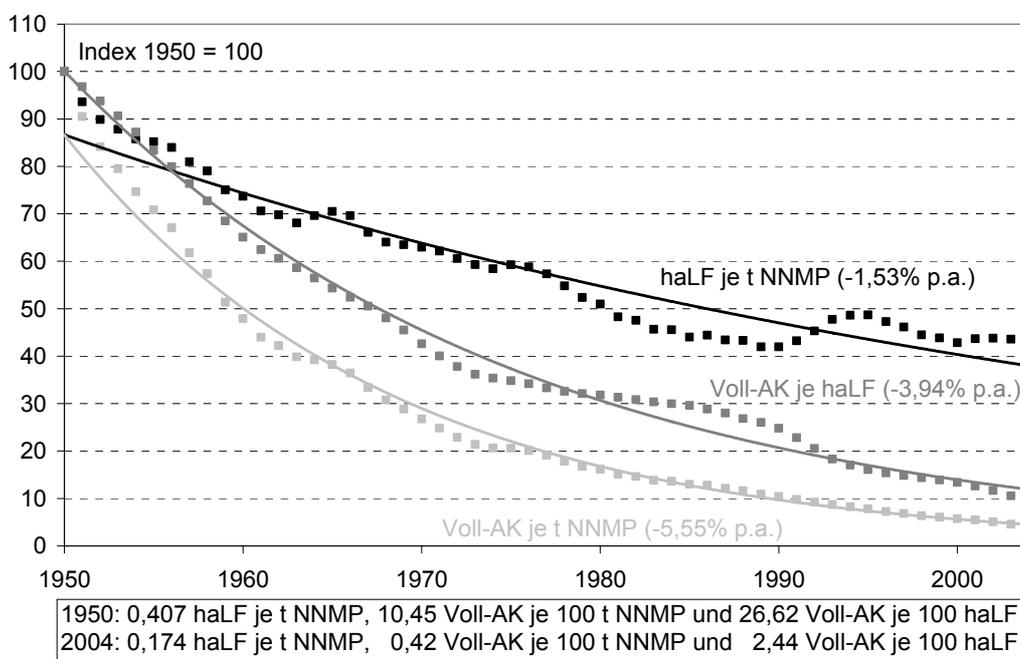
Als letzter der drei wichtigen Einflussbereiche werden die Entwicklungen der technologischen Rahmenbedingungen untersucht.

Die Faktorintensitäten je Tonne Nettonahrungsmittelproduktion (NNMP) unterliegen langfristigen Trends. Abbildung 3.6 stellt die Entwicklung des Flächen- und Arbeitseinsatzes je Tonne NNMP und des Arbeitseinsatzes je Hektar Nutzfläche dar.

Technischer Fortschritt und damit verbundene Produktivitätssteigerungen ließen die benötigte Fläche je Tonne NNMP seit den 1950er-Jahren um rund 1,53 % p. a., die benötigte Arbeitskraft je Tonne NNMP um rund 5,55 % p. a. abnehmen. Im gleichen Zeitraum reduzierte sich der Bedarf an Arbeitskraft je Hektar um rund 3,94 % p. a. Gleichzeitig stiegen die Maschinenkosten je Hektar um rund 1,5 % p. a. Der langfristige Anstieg der landwirtschaftlichen Löhne von rund 1,7 % p. a. spiegelt diese Produktivitätsfortschritte nur anteilig wider: Das Residuum wurde über sinkende Nahrungsmittelpreise an die Verbraucher sowie über steigende Vorleistungspreise an zuliefernde Wirtschaftsbereiche weitergegeben.

Geprägt wurden die genannten Trends durch flächendeckende Nutzung arbeitssparender und ertragssteigernder Agrartechnologie und damit häufig verbundenen Änderungen der Landschaftsstruktur. Leistungsfähige Zug- und Erntemaschinen, bessere Wirksamkeit und Verfügbarkeit von Pflanzenschutzmitteln, Mineraldüngereinsatz und züchterischer Fortschritt verringerten den Einfluss der integrierenden Kräfte und ermöglichten so die zunehmende Spezialisierung landwirtschaftlicher Betriebe. Zusammenfassend lässt sich schließen, dass die landwirtschaftliche Nettonahrungsmittelproduktion je Tonne arbeits- und bodenextensiver, dafür aber kapitalintensiver geworden ist.

Abbildung 3.6: Technische Fortschritte in der deutschen Landwirtschaft



Quelle: in Anlehnung an Kuhlmann 2006

Ausgehend von der derzeit verfügbaren, aber noch nicht in vollem Umfang eingesetzten Agrartechnologie und angesichts weiteren technischen Fortschritts und Strukturwandels kann eine Fortsetzung obiger Trends bis zum Jahr 2020 angenommen werden. Dementsprechend werden im Jahr 2020 nur rund 52 % der im Jahr 2004 Beschäftigten benötigt, um die gleiche Landfläche zu bewirtschaften und etwa 40 % zur gleichen NNMP. Zur Bereitstellung der 2005 im Inland produzierten Biomassemenge (Nahrungsmittel und NAWARO) werden rund 78 % oder 9,3 Mio. ha der derzeitigen Ackerfläche von 11,9 Mio. ha benötigt. Insgesamt werden alleine bei Fortsetzung des technischen Fortschritts bis 2020 mindestens 2,6 Mio. ha freigesetzt.

Vor dem Hintergrund stagnierenden inländischen Nahrungsmittelkonsums und zu erwartender Ertragssteigerungen können nur zusätzliche Verwendungsmöglichkeiten inländischer Produkte (bspw. energetische und stoffliche Nutzung), Importreduktion oder Exporte zusätzliche Nachfrage generieren. So könnten sich positive Beschäftigungs- und Einkommenseffekte in der landwirtschaftlichen Primärproduktion ergeben.

3.2 Ökonomische und sonstige Rahmenbedingungen

Für die Szenarienanalysen im Bereich nachwachsender Rohstoffe sind zu einem großen Teil Annahmen zu den gleichen Größen wie in anderen technikbezogenen Analysen im Energiebereich oder dem Umweltschutz zu treffen. Daher konnte im Wesentlichen auf die demographischen, ökonomischen und technologischen Rahmenbedingungen zurückgegriffen werden, die im Rahmen der Energieprognose für das BMWA von EWI/Prognos 2005 entwickelt wurden. Hierbei handelt es sich jeweils um einen konsistenten und abgestimmten Datensatz. Zu den Annahmen gehören vor allem solche über die langfristige Entwicklung der Bevölkerung, der gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Produktion, der Wohnflächen, der Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr sowie der Preise für importierte Energieträger.

Wesentliche Determinanten für die demographische Entwicklung sind die Geburtenrate, die Entwicklung der Lebenserwartung sowie der Wanderungssaldo aus Zuwanderung und Abwanderung. Folgende Entwicklungen werden angenommen:

- eine stabile Geburtenrate von 1,4 Kindern je Frau.
- eine weiter steigende Lebenserwartung. Die mittlere fernere Lebenserwartung im Alter von 65 Jahren steigt bis zum Jahr 2010 auf 20,5 Jahre für Frauen und 16,7 Jahre für Männer. Bis zum Jahr 2020 erfolgt ein weiterer Anstieg auf 21,1 Jahre für Frauen und 17,2 Jahre für Männer.
- Die Zuzüge werden auch in Zukunft die Fortzüge übersteigen. Bis 2020 wird von einem jährlichen positiven Wanderungssaldo von 175.000 Personen ausgegangen.

Insgesamt ergibt sich nach diesen Annahmen für das Jahr 2010 eine Bevölkerungszahl von 82,4 Mio., die danach auf 81,3 Mio. im Jahr 2020 absinkt (vgl. Tabelle 3.3). Gleichzeitig wird aber die durchschnittliche Haushaltsgröße auch in Zukunft weiter abnehmen. Dadurch kommt es bis zum Jahr 2020 noch zu einer steigenden Anzahl an Haushalten.

Tabelle 3.3: Annahmen zur Bevölkerung und der Anzahl der Haushalte in Mio.

	2000	2010	2020
Bevölkerung	82,3	82,4	81,3
Haushalte	38,2	39,7	40,0

Quelle: Daten von EWI/Prognos 2005

Das BIP wird bis zum Jahr 2010 mit jahresdurchschnittlich 1,5 % auf 2.238 Mrd. € (in Preisen von 1995) zunehmen. Zwischen 2010 und 2020 wird eine Steigerung des jahresdurchschnittlichen Wachstums auf 1,6 % angenommen, was zu einem BIP in Höhe

von 2.611 € führt. Die Zahl der Erwerbstätigen steigt bis 2010 auf 38,92 Mio. an. Nach einem weiteren Anstieg auf 39 Mio. bis zum Jahr 2015 sinkt sie danach kontinuierlich ab, und beträgt 38,95 Mio. im Jahr 2020. Hintergrund für diese Entwicklung ist eine im Verhältnis zum BIP höhere Zunahme der gesamtwirtschaftlichen Produktivität.

Mit dem Wachstum des BIP ist eine strukturelle Veränderung in der sektoralen Zusammensetzung der deutschen Wirtschaft verbunden. Die Projektion geht von einer langfristigen Tertiarisierungstendenz aus. So wird der Anteil der Land- und Forstwirtschaft, des Bergbaus sowie des Baugewerbes am BIP kontinuierlich abnehmen. Ab dem Jahr 2010 gilt dies auch für die Energie- und Wasserversorgung und – in abgeschwächtem Ausmaß – für das gesamte verarbeitende Gewerbe. Steigende Anteile weisen vor allem die Bereiche Verkehrs- und Nachrichtenübermittlung, das Gesundheitswesen sowie die sonstigen Dienstleister auf (vgl. Tabelle 3.4).

Tabelle 3.4: Projektion der Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftszweigen in Mrd. € in Preisen von 1995

Wirtschaftszweig	2002	2010	2020
Land und Forstwirtschaft; Fischerei	24	24	24
Bergbau, Gewinnung v. Steinen u. Erden	4	3	1
Verarbeitendes Gewerbe	400	452	524
Energie u. Wasserversorgung	40	46	50
Baugewerbe	90	91	102
Handel; Rep. v. Kraftfahrz. u. Gebrauchsg.	189	206	222
Gastgewerbe	20	20	23
Verkehr u. Nachrichtenübermittlung	162	206	268
Kredit u. Versicherungsgewerbe	111	126	149
Grundstückswesen; Vermietung; Unternehmensdienst	485	565	681
Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialvers.	109	111	114
Erziehung u. Unterricht	72	75	79
Gesundheits-, Veterinär- u. Sozialwesen	127	147	182
Sonstige öffentliche u. private Dienstleister	86	98	120
Statistische Bereinigungen	70	67	68
Bruttoinlandsprodukt	1.990	2.238	2.611

Quelle: EW/Prognos 2005

Der Energie- und Verkehrssektor spielt eine wichtige Rolle bei einigen der Einsatzbereiche nachwachsender Rohstoffe. Zentral sind hier einmal die Preisannahmen zu den Energieträgern, mit denen die aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellten Energieformen direkt oder indirekt konkurrieren müssen.

Bei einer Projektion der Energiepreise ist zu bedenken, dass diese in großem Ausmaß durch die Weltenergiemärkte bestimmt sind. Gleichzeitig können bei langfristigen Preisprojektionen nur die fundamentalen Trends Eingang finden, nicht aber vorübergehend starke Preisabweichungen nach oben oder nach unten. Eine zentrale Entwicklung wird in der langfristigen Steigerung des Weltmarktpreises für Rohöl gesehen. Gleichzeitig werden in wachsendem Umfang nicht-konventionelle Erdöl- und Erdgasreserven erschlossen werden, die den Anstieg der Preise für diese beiden fossilen Energieträger beschränken wird. Es wird davon ausgegangen, dass der reale Ölpreis (Preisbasis 2000) von 25 \$ pro Barrel im Jahr 2002 auf 28 \$ in 2010 und 32 \$ in 2020 ansteigt. Da sich der Wechselkurs gegenüber dem Dollar im Projektionszeitraum kaum verändern dürfte, schlagen diese Steigerungen auch auf die inländischen Energiepreise durch. Die Annahmen zu den Energiepreisen in Deutschland sind in Tabelle 3.5 dargestellt.

Tabelle 3.5: Annahmen zu den Preisen der wichtigsten Energieträger in der deutschen Energieprognose von 2005 lt. EWI/Prognos

Energieträger	in Preisen von 2000		
	2002	2010	2020
Grenzübergangspreise			
Kraftwerkskohle (€/t)	43,3	46	48
Drittlandkohle (€/t)	39,7	40	43
Braunkohle (€/GJ)	0,85	0,83	0,83
Rohöl (€ pro t)	186	200	235
Rohöl (USD je barrel)	25	28	32
Erdgas (Cent/kWh)	1,1	1,11	1,28

Quelle: Daten von EWI/Prognos 2005

Hinsichtlich des Rohölpreises sind auch die Energieprognosen im internationalen Umfeld zu beachten. Die International Energy Agency (IEA) der OECD gibt in ihrem – im November veröffentlichten – World Energy Outlook 2005 die Preise der durchschnittlichen Rohölimporte mit 35 US\$/barrel für 2010 und 37 US\$/barrel für 2020 an, jeweils in Preisen von 2004. Höhere Preiserwartungen werden von der amerikanischen

Energy Information Administration in ihrem im Februar 2006 veröffentlichten Annual Energy Outlook 2006, S. 154 geäußert: Sie kommt in ihrer Referenzpreisentwicklung auf Preise für die durchschnittlichen Rohölimporte von knapp 44 US\$ in 2010 sowie knapp 45 US\$ in 2020 (ebenfalls jeweils in Preisen von 2004). Eine höhere Preisdynamik wird im Rahmen des europäischen WETO-H2 Forschungsprojektes angenommen, bei dem die Energiepreise mit dem POLES Modell berechnet werden. Hier sinkt der Ölpreis auf ca. 40 US\$/barrel in 2010 ab, um dann aber auf über 50 \$/barrel in 2020 anzusteigen.

Insgesamt ist damit festzuhalten, dass die Projektion von Prognos 2005 eher den unteren Rand der Annahmen widerspiegelt. Gleichzeitig wird deutlich, dass alle Studien von einem Rückgang der Ölpreise bis 2010 und einem – unterschiedlich stark ausfallenden - Anstieg zwischen 2010 und 2020 ausgehen. **Für die im Rahmen dieser Studie anzuwendenden zukünftigen Energiepreise wurde daher mit einem Wert von 40 US\$/barrel für 2010 und 45 US\$/barrel für 2020 gerechnet.**

Im Prognosezeitraum ist insgesamt mit einem kontinuierlichen Rückgang des Primärenergieverbrauchs zu rechnen. Dies schlägt sich auch in sinkenden Energieverbräuchen pro Kopf (v. a. nach 2010) und ansteigender Energieproduktivität nieder. In den 3 Endenergiesektoren Industrie, Gewerbe / Handel / Dienstleistungen sowie Verkehr sinkt der Endenergieverbrauch ebenfalls kontinuierlich ab. Lediglich im Haushaltsbereich ist noch mit einer Steigerung bis 2010 zu rechnen, danach kommt es auch hier zu erheblichen Rückgängen. Insgesamt bleibt damit der Endenergieverbrauch bis zum Jahr 2010 weitgehend konstant, und sinkt danach kontinuierlich ab.

Tabelle 3.6: Entwicklung des Energieverbrauchs bis 2020

	2002	2010	2020
Primärenergieverbrauch (PJ)	14.324	14.220	13.019
Energieverbrauch pro Kopf (GJ/Einw.)	174	173	160
Energieproduktivität (€/GJ)	139	157	201
Endenergieverbrauch (PJ)	9.225	9.275	8.847
- Industrie (PJ)	2.334	2.312	2.228
- Gewerbe, Handel, DL (PJ)	1.518	1.480	1.357
- Verkehr (PJ)	2.673	2.686	2.622
- Haushalte (PJ)	2.699	2.797	2.640

Quelle: Daten von EWI/Prognos 2005

Wichtige Rahmenbedingungen für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Strom- und Wärmebereich sind die Bruttostromerzeugung und der Endenergieverbrauch für Raumwärme. Für die Bruttostromerzeugung wird eine Steigerung auf 616,7 TWh im Jahr 2010 angenommen. Danach sinkt sie bis zum Jahr 2020 auf 594,4 TWh ab. Der temperaturbereinigte Endenergieverbrauch für Raumwärme der privaten Haushalte nimmt im Betrachtungshorizont kontinuierlich ab. Er beträgt 2.142 PJ in 2010 und 1.984 PJ in 2020.

Tabelle 3.7: Wichtige Rahmenannahmen im Verkehrsbereich

	2002	2010	2020
Personenverkehrsleistungen in Mrd. Personenkilometer	1.072	1.110	1.089
- mot. Individualverkehr	884	905	861
- Eisenbahnverkehr	71	77	83
- ÖPNV	76	77	78
- Luftverkehr	41	51	67
Güterverkehrsleistungen in Mrd. Tonnenkilometer	496	598	715
- Straßengüterverkehr	355	440	515
- Eisenbahnverkehr	294	379	455
- Binnenschifffahrt	64	72	82
- Luftverkehr	0,8	1,2	1,7
Fahrzeugbestand Pkw/Kombi (Tsd.)	44.605	46.876	47.867
- Benzin	37.288	30.975	24.415
- Diesel	7.308	15.761	22.097
Gesamtfahrleistung Pkw/Kombi (Mrd. Fzkm.)	583,6	611,0	591,3
- Benzin	431,2	327,7	247,5
- Diesel	152,3	281,8	330,1
spez. Verbrauch von Pkw/Kombi mit Benzintrieb (l/100 km)	8,5	7,6	6,4
spez. Verbrauch von Pkw/Kombi mit Dieselantrieb (l/100 km)	6,9	6,1	5,4

Quelle: Daten von EW/Prognos 2005

Eine wichtige bedarfsbestimmende Größe im Verkehrssektor sind die Verkehrsleistungen. Dabei wird zwischen Personenverkehr (Personenkilometer Pkm) und Güterverkehr (Tonnenkilometer tkm) unterschieden. Während die Personenverkehrsleistungen insgesamt bis 2010 nur leicht wachsen und danach sogar wieder leicht zurückgehen werden, ist bei den Güterverkehrsleistungen von einem ungebrochenen Wachstum auszugehen (Tabelle 3.7). Die Anzahl an Pkw und Kombi steigt auf insgesamt knapp 48 Mio. Fahrzeuge an. Gleichzeitig findet ein Wandel weg von Benzinantrieben hin zu Dieselantrieben statt. Die Gesamtfahrleistung der Pkw und Kombi entspricht der Entwicklung des motorisierten Individualverkehrs, d. h. leichte Zunahme bis 2010, danach leichte Abnahme. Allerdings führen die Verschiebungen zwischen Benzin- und Dieselantrieben dazu, dass die Fahrleistungen von Dieselantrieben kontinuierlich zunehmen, während die von Benzinantrieben kontinuierlich sinken. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch geht sowohl bei Diesel- als auch Benzinantrieben kontinuierlich zurück und beträgt in 2020 6,4 l/100 km bei Benzin- und 5,4 l/100 km bei Dieselantrieben.

4 NAWARO-Szenarien 2004, 2020 und 2020: NAWARO-Marktpotenziale und Mengenbedarf an NAWARO-Pflanzen in Deutschland

4.1 Zum Verständnis von Szenarien

State-of-the-art bei den Projektionsanalysen im Technikbereich ist das aus der angewandten Systemanalyse stammende Instrumentarium der Szenarienbildung.² Dieser Abschnitt reflektiert kurz die methodischen Aspekte der Szenario-Technik und gibt einige Hinweise zum Verständnis von Szenarien. Da im Unterschied zu rein physikalischen Systemen in sozio-ökonomischen Systemen keine prognostische Aussage im Sinne „Was wird sein?“, sondern nur eine bedingte Aussage „Wenn – dann“ über künftig mögliche Entwicklungen in Form einer Folgerung auf Grund eines Annahmenbündels möglich ist, sollen an dieser Stelle kurz die Vorgehensweise und grundsätzlich zentrale Aspekte derartiger Annahmenbündel skizziert werden.

Mit der Szenarienanalyse bezeichnet man einen methodischen Ansatz, um einen Blick in eine künftige, mit zahlreichen Unsicherheiten behaftete Welt zu werfen. Szenarien sind also keine Vorhersagen über den künftigen Zustand der Welt oder allgemein eines Systems im Sinne von Prognosen. Vielmehr sind sie „Bilder“ oder Skizzen möglicher künftiger Situationen. Szenarien sind in sich selbst konsistente Geschichten über die Art und Weise, wie sich die Welt oder das betrachtete System im Zeitablauf entwickeln bzw. in welchem Zustand sie / es sich zu einem bestimmten künftigen Zeitpunkt befinden wird. Szenarien lenken die Aufmerksamkeit auf kausale Prozesse und Entscheidungspunkte und stellen damit eine Methode dar, für einen gegebenen Zusammenhang besonders wichtige Einflussfaktoren auf die künftige Entwicklung herauszuarbeiten und verschiedene mögliche Entwicklungslinien explizit zu machen. In diesem Sinne sind Szenarien Hilfsmittel für langfristige strategische Entscheidungen.

Die Art und Weise, wie der Untersuchungsgegenstand bei einer Szenarioanalyse abgebildet (modelliert) wird, und welche beeinflussenden Kausalitäten zwischen den Einflussfaktoren berücksichtigt werden, entscheidet wesentlich über den notwendigen Aufwand bei der Szenarioentwicklung. Bei der Abbildung des Untersuchungsgegenstandes wird i. A. zwischen dem sog. *Gegenstandsbereich* und dem *Umfeldbereich* unterschieden. Der Gegenstandsbereich ist der im Rahmen der Szenarienanalyse eigentlich interessierende Teil der Realität. In dieser Studie ist dies die Anwendung der

² Vgl. Kahn/Bruce-Briggs 1972, Batelle/Dornier/ISI 1976, Jochem 1988, Schwartz 1991, VDI 1991, Shoemaker 1995, Gausemeier et al. 1997, Jouvenel 2000, Godet 2000.

nachwachsenden Rohstoffe in den unterschiedlichen Verwendungsbereichen und die daraus resultierenden Beschäftigungseffekte. Der Umfeldbereich repräsentiert zunächst den „Rest der Welt“ und ist das Komplement des Gegenstandsbereichs. Der Umfeldbereich wird allerdings i. d. R. auf die aus Sicht der Szenarioentwickler wesentlichen Randbedingungen reduziert, die für den Einsatz der unterschiedlichen umweltbelastenden Prozesse von Bedeutung sind. Diese Rahmenannahmen dienen der Einbindung des Gegenstandsbereichs in einen Gesamtzusammenhang. Im Extrem würde die Begründung aller Einflussfaktoren eine unendliche Kette wissenschaftlicher Argumente erfordern. Indem Szenarien entworfen werden und explizit Annahmen über die Entwicklung von Umfeldbedingungen gemacht werden, wird dieser „regressus ad infinitum“ abgeschnitten. Bei Szenarien im Bereich nachwachsender Rohstoffe gehören hierzu typischerweise Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung, zum wirtschaftlichen Aktivitätsniveau und zu den Wirtschaftsstrukturen, aber auch zur Preisentwicklung von Energieträgern und Werkstoffen (vgl. Abschnitt 3.1 und 3.2). Mit Hilfe der Szenariotechnik wird damit das Ziel verfolgt, ein Bild einer möglichen Zukunft mit einer Kombination von Rahmenbedingungen zu entwickeln, das die Anforderungen der Plausibilität und Konsistenz erfüllt.

Die Vorgehensweise bei der Durchführung der Szenarienanalysen kann schematisch in mehrere Schritte unterteilt werden:

- In einem ersten Schritt werden die Szenarien konkretisiert und abgegrenzt. Hierbei muss der Gegenstandsbereich der Szenarien bestimmt werden. Des Weiteren ist eine Festlegung der zeitlichen und räumlichen Dimension erforderlich. Typischerweise werden hierbei Stichjahre gewählt, wie z. B. in dieser Studie Szenarienbetrachtungen für die Situation in Deutschland im Jahr 2010 und 2020.
- In einem zweiten Schritt erfolgt die Spezifizierung der Annahmen im Gegenstandsbereich. Hierbei müssen die Annahmen im Gegenstandsbereich wie Angebot von nachwachsenden Rohstoffen, notwendige Prozess-Schritte zur Aufbereitung bis hin zu Einsatzpotenzial und zugehörigen Kosten in den Verwendungsbereichen getroffen werden.
- Für jedes Gebiet der wirksamen (einflussreichen) Bedingungen wird eine mögliche Entwicklung in der Art ausgewählt, dass keine offensichtlichen Widersprüche zu den Annahmen und zwischen den einzelnen Entwicklungen auftreten (Konsistenz-Kriterium). Die Gesamtheit der ausgewählten und als konsistent abgestimmten Entwicklungen definieren dann ein *Szenario*.

Im Wesentlichen gibt es zwei Ansätze, die bei der Entwicklung von Szenarien verfolgt werden: eine zielorientierte und eine explorative Szenarienbildung. Bei den zielorientierten Szenarien stehen die Bedingungen, unter denen vorgegebene Ziele erreicht werden, im Vordergrund des Interesses. In dieser Studie, sowie in den Arbeiten von

meó et al. (2006), an deren Ergebnisse angeknüpft wird, wird hingegen ein explorativer Ansatz verwendet. Die stärksten Triebkräfte und gestaltenden Kräfte, die auf die Verwendung nachwachsender Rohstoffe einwirken, werden identifiziert, wie das Wirtschaftswachstum, der Strukturwandel, die Außenhandelsbeziehungen, der Bevölkerungswandel auf der Nachfrageseite, aber auch die absehbaren Veränderungen im Agrarbereich auf der Angebotsseite. Wenn ein Szenario mit einem explorativen Ansatz entwickelt wird, sind die Ergebnisse wichtiger Indikatoren wie z. B. die Entwicklung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe noch offen bzw. in einem offenen Entwicklungsraum.

4.2 NAWARO-Marktpotenziale und NAWARO-Mengenbedarf in den Verwendungsbereichen

4.2.1 Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe

4.2.1.1 Bioethanol

Die verwendeten Eckdaten zum Verwendungspotenzial von Bioethanol basieren auf den Arbeiten von meó et al. (2006). Zentrale Annahme hinsichtlich des Gegenstandsbereichs der Szenarien im Bereich Bioethanol ist, dass die Marktentwicklung im Wesentlichen durch politische Vorgaben geprägt wird. Es wird bei der Berechnung der Verwendungspotenziale unterstellt, dass die politischen Beimischungsziele erreicht werden.

Absatz und Marktvolumen

Die derzeitige Biokraftstoffpolitik der EU wird maßgeblich durch die beiden aktuellen EU-Direktiven zur Förderung von Biokraftstoffen und zur Besteuerung von Energieerzeugnissen (Direktiven 2003/30/EG und 2003/96/EG) bestimmt. In der Richtlinie 2003/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2003 zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor ist eine sukzessive Steigerung des Mindestanteils von Biokraftstoffen an allen verkauften Kraftstoffen als Ziel definiert, genauer:

- 2 % (Energiegehalt) aller Otto- und Dieselmotorkraftstoffe sollen bis zum 31. Dezember 2005 Biokraftstoffe sein,
- 5,75 % (Energiegehalt) aller Otto- und Dieselmotorkraftstoffe sollen bis zum 31. Dezember 2010 Biokraftstoffe sein.

Die Einhaltung der politischen Beimischungsziele impliziert ein sehr starkes Wachstum des Absatzes von Bioethanol von 100.000 m³ (dies entspricht ca. 2,1 PJ) in 2004 auf 2.700.000 m³ (dies entspricht ca. 57,2 PJ) im Jahr 2010. Bis zum Jahr 2020 vollzieht sich ein Wachstum auf 3.200.000 m³ (dies entspricht ca. 67,7 PJ). Die Werte der Öko et al. Studie 2004 für Bioethanol sind für 2010 etwa gleich groß, für 2020 liegen die Bioethanol-Werte rund 15 % über den Werten von meó et al. (2006).

Bezogen auf die jährlichen Veränderungen impliziert diese Entwicklung ein exorbitantes Wachstum des Marktvolumens von Bioethanol von etwa 50 Mio. € in 2004 auf 1.300 Mio. € bis zum Jahr 2010. Ausgehend von 2010 flacht das Marktwachstum ab und erreicht in 2020 einen Wert von etwa 1.540 Mio. €. Für diese Marktvolumina werden für Deutschland folgende Preise für Bioethanol unterstellt: 0,50 €/l in 2004, 0,48 €/l in 2010, 0,48 €/l in 2020. Diese Annahme wird dadurch begründet, dass auf Grund des

technischen Fortschritts³ und dem Übergang zu immer größeren Produktionsanlagen zwar eine Senkung der Produktionskosten auf 0,45 €/l Bioethanol in 2010 und 0,40 €/l Bioethanol in 2020 möglich erscheint (meó et al. 2006). Andererseits erkennt man aber auch Entwicklungen (u. a. in Brasilien), dass der Bioethanolpreis an steigende Öl- und Benzinpreise „gekoppelt“ wird, so dass davon auszugehen ist, dass sich sinkende Produktionskosten nicht vollständig im Preis widerspiegeln.

Die derzeitigen europäischen Kapazitäten sind nicht ausreichend, um die Nachfrage nach Bioethanol zu befriedigen (meó et al. 2006). EU-Ziele und Zeitplan fördern daher eine massive Importzunahme. Für 2004 wurde eine Bioethanol-Importquote von 90 % und für 2010 und 2020 eine Bioethanol-Importquote von 40 % unterstellt, da sich die europäische und auch die deutsche Bioethanolindustrie bis 2010 zwar weiterhin positiv entwickelt. Allerdings werden auch für 2010 und 2020 umfangreiche Importe auf Grund der hohen preislichen Wettbewerbsfähigkeit ausländischer Unternehmen (u. a. aus Brasilien) unterstellt. In entsprechendem Umfang wird eine reduzierte Menge an heimischer Produktion in den Szenarien in Ansatz gebracht.

Eingesetzte nachwachsende Rohstoffe für die Bioethanolproduktion

Derzeit wird vorwiegend Getreide zur Ethanolherstellung eingesetzt, allerdings können andere Rohstoffe wie Zuckerrüben oder zukünftig wahrscheinlich auch verstärkt lignozellulosehaltige Rohstoffe eingesetzt werden. Für die Modellrechnungen wurde folgendes Einsatzverhältnis unterstellt: a) 2004: 70 % Weizen und 30 % Roggen; b) 2010: 65 % Weizen, 25 % Roggen und 10 % Zuckerrüben; b) 2020: 50 % Weizen, 20 % Roggen, 15 % Zuckerrüben, 15 % Lignozellulose aus Miscanthus. Die von Experten erwartete zunehmende Bedeutung lignozellulosehaltiger Rohstoffe, die voraussichtlich für das Jahr 2020 von Bedeutung sind (ca. 10-15 %), ist daher in den Modellberechnungen adäquat berücksichtigt. Die unterstellten Erzeugerpreise sowie Angaben zu den Transportkosten der eingesetzten NAWARO-Pflanzen finden sich in den agrarökonomischen Abschnitten dieser Studie (s. Abschnitt 3.1.2.1 und 4.3).

³ Die relevanten „Bioethanol-Technologien“ können aus technologischer Sicht als ausgereift angesehen werden.

Tabelle 4.1: Eckwerte für Bioethanol in den Basisszenarien

	2004	2010	2020
Bioethanol* (in PJ)	2,1	57,1	67,7
NAWARO-Marktpotenzial für Bioethanol* (in Mio. €)	50	1.300	1.540
Importanteil von Bioethanol (in %)	90	40	40
Einsatz Weizen, Roggen, Miscanthus, Zuckerrüben zur Herstellung in D (in PJ)	2,1	28,5	34

Quelle: Fraunhofer ISI 2006 (Datenbasis: meó et al. 2006) * Direkte Beimischung (E5, E10), ETA, E85

Investitionsvolumen

Hinsichtlich der Bioethanol-Investitionen wurde für das Jahr 2004 ein Investitionsvolumen in Höhe von rund 0,8 Mio. € unterstellt.⁴ Für die kommenden Jahre wird eine Zuwachsstrategie unterstellt, die sich an den erforderlichen PJ orientiert. Zudem wurde berücksichtigt, dass die Importe zukünftig an Bedeutung verlieren (von 90 % auf 40 %). Für den Zeitraum 2005 bis 2009 und für das Jahr 2010 wird daher ein jährliches Investitionsvolumen in Höhe von ca. 77 Mio. € unterstellt, für den Zeitraum 2011 bis 2019 und das Jahr 2020 sind es rund 14,5 Mio. €.

Eine zentrale Annahme für die Erreichung der oben aufgeführten Werte für Absatz, Marktvolumen sowie Investitionsvolumen ist, dass die politischen Zielvorgaben für Bioethanol erreicht werden. Im Folgenden werden daher die wichtigsten Einflussfaktoren skizziert, die zur Erreichung der politischen Beimischungsziele förderlich bzw. hemmend sind (vgl. u. a. meó et al. 2006, Öko et al. 2004):

Hemmende und fördernde Einflussfaktoren

- **Investitionshemmnisse:** Die Marktteilnehmer werden vor allem dann in die Produktion und Nutzung von Bioethanol „investieren“, wenn sie mittel- und langfristig vor allem nicht mit Marktstörungen durch Erhöhung von Importkontingenten, Abbau von Außenschutz für Bioethanoleinfuhren und/oder Abbau der Mineralölsteuerbe-

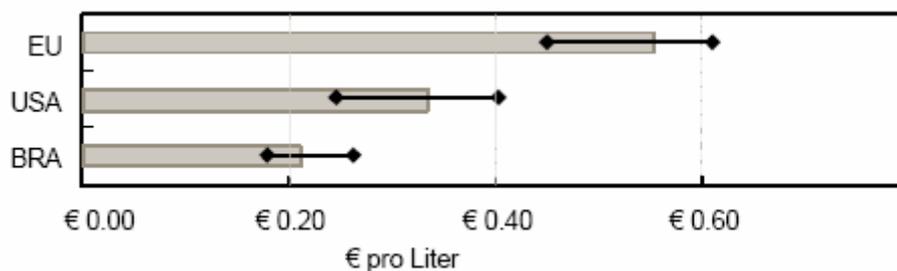
⁴ Dieser Wert berücksichtigt nicht Sondereffekte in 2004 wie z. B. den Baubeginn von Großproduktionsanlagen (z. B. Südzucker: Investitionsvolumen von ca. 185 Mio. €). Es wurde eine „Zuwachs- bzw. Kapazitätsaufbaustrategie“ modelliert. Dabei wurde berechnet, wie viel Investitionen erforderlich sind, um den Nachfrageimpuls (NAWARO-Marktpotenzial abzüglich Importe) zu bedienen (z. B. Impuls 2004: 5 Mio.). Der Südzucker-Investitionswert ist daher größtenteils in den Werten von 2010 berücksichtigt.

freijung bzw. -ermäßigung befürchten müssen. Bei den Herstellern von Bioethanol hätten Abnahmegarantien und garantierte Mindestvergütungen positive Effekte.

Bei Rückfragen u. a. bei den Firmen Nordzucker und Getreide AG wurden die Investitionen in Bioethanolproduktionsanlagen in Frage gestellt. Als Motiv wurde die unsichere Absatzlage genannt, weil kein Beimischungszwang für das Ethanol in Benzin vorgesehen ist. Darüber hinaus wird der gesetzlich vorgeschriebene Zeitraum der Mineralölsteuerbefreiung für reine Biokraftstoffe oder Mischungen (1. Januar 2004 bis 31. Dezember 2009) von den Unternehmen als zu kurz betrachtet.

Es ist gesetzlich nicht festgelegt, dass die Biokraftstoffe aus heimischer Erzeugung sein müssen. Mineralölkonzerne kaufen den günstigsten Rohstoff bzw. das günstigste Bioethanol, unabhängig von der Herkunft. Die Herstellungskosten in Brasilien liegen bei weniger als 50 %, gleiches gilt in abgeschwächter Form für die USA (s. Abbildung 4.1).

Abbildung 4.1: Internationaler Vergleich Herstellungskosten Bioethanol (€ pro Liter)



Quelle: Henke 2005 (Basis: IEA 2004, Novem 2003, Schmitz 2003)

Das brasilianische Bioethanol kann daher (exklusive Gewinnspanne für die Produzenten und Umsatzsteuer) theoretisch für etwa 0,40 €/l in Europa zugekauft werden. Das ist weit unter den Produktionskosten in Deutschland von durchschnittlich 0,50 €/l. Die Gefahr größerer Bioethanolimporte aus den USA ist hingegen gering. Der Importpreis inklusive Zoll ist derzeit etwa genauso hoch wie die Produktionskosten in Europa. Zudem ist der Bedarf an Bioethanol in den USA u. a. durch die derzeit enorm hohen Kraftstoffpreise ebenfalls sehr hoch.

Die Aufrechterhaltung ausreichend hoher Importzölle sowie beschränkende Importkontingente innerhalb der EU-Mercusor- und WTO-Verhandlungen sind daher für das „Wachstum einer noch jungen europäischen Bioethanolindustrie“ von zentraler Bedeutung. Ebenso beeinflussen die zukünftigen Entwicklungen in der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik (GAP) entscheidend die Rohstoffpreise, die anteilig sehr stark ins Gewicht fallen bei den Herstellungskosten. Bevor die politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen in Deutschland, Europa und der Welt nicht eindeutig geregelt sind, werden potenzielle Investoren möglicherweise auf einen Einstieg in die Bioethanolproduktion warten.

- **Marktstruktur:** Bei Bioethanol handelt es sich um keinen Markt, auf dem sich eine freie Preisbildung ohne Eingriffe des Staates vollzieht, sondern um einen regulierten

Markt. Der Markt für Bioethanol besteht seit 2004 und wurde durch massive steuerliche Förderung (§ 2 a MinöStG) künstlich geschaffen. Bezüglich der Zahl und der Größe der Marktteilnehmer handelt es sich beim Bioethanol-Markt um Oligopolstrukturen seitens der Anbieter und seitens der Nachfrager.

Der Absatz großer Mengen Bioethanol erfordert daher die Mitwirkung großer Mineralölkonzerne. Hier beherrschen zwei Unternehmen knapp 50 % des Marktes. Solange die Verwendung von Bioethanol nicht (gesetzlich) verpflichtend ist, wird die Marktentwicklung wesentlich von den Entscheidungen dieser führenden Mineralölunternehmen abhängen. Bisher erfolgte der Absatz überwiegend für die ETBE-Herstellung (rund 90 %). Die direkte Beimischung erfolgt nur regional, in Nischenmärkten. Eine flächendeckende Beimischung wird derzeit von der Mineralölindustrie mit technischen, organisatorischen und kommerziellen Gründen abgelehnt. Allerdings sind laut meó et al. 2006 die finanziellen Anreize für die Mineralölindustrie zu groß als dass man auf die Bioethanol-Einnahmen verzichten würde.

4.2.1.2 Biodiesel und Pflanzenöl

Die im Bereich Biodiesel verwendeten Eckdaten zum Verwendungspotenzial von Bioethanol basieren auf den Arbeiten von meó et al. (2006). Der Bereich der Biokraftstoffe wird erheblich durch die politischen Ziele zur Erhöhung des Anteils von Biokraftstoffen geprägt. Zentrale Annahme des hier präzisierten Szenarios ist die Umsetzung von Maßnahmen (z. B. einer Beimischungspflicht), die eine Erreichung der Ziele für Biokraftstoffe ermöglichen.

Der aktuell mengenmäßig bedeutendste Teilbereich biogener Kraftstoffe ist der Einsatz von Biodiesel inklusive Pflanzenölen. Im Jahr 2004 wurden nach meó et al. 2006 ca. 1,1 Mio. t Biodiesel abgesetzt sowie mehr wie 0,1 Mio. t an Rapsöl direkt als Treibstoff verwendet. Dies entspricht etwa 49 PJ, das entsprechende Marktvolumen beläuft sich auf etwa 950 Mio. €. Unter den angeführten Rahmenbedingungen ist nach meó et al. 2006 damit zu rechnen, dass der Absatz von Biodiesel⁵ weiter zunehmen wird. Hierbei ist absehbar, dass der Trend weg von der Vermarktung als Reinkraftstoff an Tankstellen hin zur Beimischung geht. Insgesamt ist mit einem steigenden Absatz auf 107 PJ in 2010 bzw. 158 PJ in 2020 zu rechnen. Unter dieser Annahme wächst das Marktvolumen für Biodiesel (inklusive Pflanzenöl) auf 2.150 Mio. € in 2010 und etwa 3.100 Mio. € in 2020.

Bei der Bereitstellung von Biodiesel ist mit einer intensiven Konkurrenz mit ausländischen Anbietern zu rechnen. Gleichzeitig konkurrieren die Anbieter von Raps für die

⁵ Im Folgenden wird der Begriff von „Biodiesel“ als Oberbegriff verwendet und die sprachliche Trennung in Biodiesel und Pflanzenöl aufgegeben.

Umwandlung in Biodiesel um Flächen für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen. Nach meó 2006 kam es bereits im Jahr 2005 zu Importen in der Größenordnung von 0,2 Mio. t Biodiesel. Vor dem Hintergrund der ansteigenden Verwendungsmengen wurde daher – nach Diskussion auch mit den Autoren von meó et al. (2006) und in Abstimmung mit dem Auftraggeber – von deutlich steigenden Importmengen ausgegangen, die in 2010 und 2020 jeweils ca. 40 % der Gesamtverwendung decken dürften. In entsprechendem Umfang wird eine reduzierte Menge an heimischer Produktion in den Szenarien in Ansatz gebracht.

Für die Szenarienbildung wurde angenommen, dass der Biodiesel (sowie das direkt energetisch verwendete Pflanzenöl) auf Basis von Raps erzeugt wird. Die entsprechenden Anlagendaten zur Lagerung und Trocknung des Rohstoffs, Ölherstellung und Umesterung wurden der ProBas-Datenbank entnommen. Ein wichtiger Parameter hierbei ist der energetische Wirkungsgrad der Umwandlung, für den eine Steigerung von 62 % für das Jahr 2004 auf knapp 66 % für 2010 und 2020 angenommen wird. Des Weiteren wurden die spezifischen Investitionsvolumina sowie die Kostendegressionen über die Zeit dem Jahrbuch erneuerbare Energie 2002/2003 entnommen.

Tabelle 4.2: Eckwerte für Biodiesel (inkl. Pflanzenöl) in den Basisszenarien

	2004	2010	2020
Biodiesel* (in PJ)	49	107	158
NAWARO-Marktpotenzial für Biodiesel* (in Mio. €)	950	2.150	3.100
Importanteil von Biodiesel (in %)	15 %	40 %	40 %
Importanteil von Raps zur Herstellung von Biodiesel	5 %	15 %	15 %
Einsatz von heimischen Raps zur Herstellung in D in PJ	63	83	123
Nachfrage nach heimischen Raps (in Mio. €)	475	648	958

Quelle: Fraunhofer ISI 2006 (Datenbasis: meó et al. 2006) * inkl. Pflanzenöl

Bei der Szenarienbildung wird angenommen, dass ein Teil der benötigten Rapsmengen importiert wird. Dabei wird eine Steigerung der Importanteile von 5 % im Jahr 2004 auf jeweils 15 % in den Jahren 2010 und 2020 unterstellt. Im Jahr 2004 betrug der Input an heimischen nachwachsenden Rohstoffen in den Umwandlungsprozess 63 PJ. Damit verbunden war ein Marktvolumen für den Einsatz dieser nachwachsenden Rohstoffe in Höhe von knapp 400 Mio. €. Trotz einer Wirkungsgradsteigerung im Umwandlungsprozess und trotz der erheblichen Steigerung der Importe ist noch immer eine Erhöhung auf gut 83 PJ in 2010 und gut 123 PJ in 2020 zu erwarten. Insgesamt ist für das Jahr 2010 ein Marktvolumen für den Anbau von Raps für Biodiesel in Höhe von knapp 650 Mio. € in 2010 bzw. ca. 960 Mio. t. in 2020 zu erwarten.

4.2.1.3 Biomass to liquid (BTL)

Die im Bereich Biomass to liquid (BTL) verwendeten Eckdaten zum Verwendungspotenzial von Bioethanol basieren auf den Arbeiten von meó et al. (2006). Zentrale Annahme hinsichtlich des Gegenstandsbereichs der Szenarien ist auch hier eine langfristig geltende Steuererleichterung/-befreiung für Kraftstoffe aus BTL hinsichtlich der Mineralölsteuer. Des Weiteren müssen für einen Markteinsatz technische und techno-ökonomische Hürden überwunden werden:

- Reaktoren für die Vergasung von nachwachsenden Rohstoffen befinden sich noch im FuE-Stadium. Verfahren zur Gasreinigung und -konditionierung sind zwar prinzipiell verfügbar, ihre Kopplung muss jedoch erst noch erprobt werden. In den Szenarien wird davon ausgegangen, dass diese Probleme frühzeitig genug gelöst werden, um bis zum Jahr 2020 eine erhebliche Marktdurchdringung zu ermöglichen. Zusätzlich wird angenommen, dass auf Grund der Erzielung von Skaleneffekten die zu erwartenden Leistungsgrößen mindestens in der Größenordnung über 100 MW liegen.
- Für die Kraftstoffsynthese können Verfahren wie die Fischer-Tropsch Synthese sowie die Methanolsynthese herangezogen werden. Die Szenarienbildung orientiert sich an dem Einsatz von FT-Kraftstoffen, die ohne Anpassung der bestehenden Infrastruktur in heutigen Antriebskonzepten nutzbar ist.
- BTL-Kraftstoffe weisen den Vorteil auf, dass sie auf unterschiedliche nachwachsende Rohstoffe zurückgreifen können – von Stroh über Energiepflanzen, Waldholz bis hin zu Kurzumtriebsplantagen (KUP) oder Miscanthus aus der Landwirtschaft. Ein Problem besteht bei allen Energieträgern in dem Trade-off zwischen steigenden Transportkosten bei zunehmender Zentralisierung und Skaleneffekten in der Anlagengröße. Gegenwärtig kann noch nicht endgültig abgesehen werden, welche Form von nachwachsenden Rohstoffen eingesetzt werden wird. Um dennoch zu quantitativen Aussagen zu kommen, wurde mit dem Auftraggeber ein Mix unterschiedlicher Verfahren und NAWARO-Inputs für die Szenarienbildung abgestimmt. Angenom-

men wird ein Einsatzverhältnis von 40 % Stroh, 30 % KUP, 10 % Miscanthus sowie 20 % Energiepflanzen.

Bei den quantitativen Szenarienwerten wird davon ausgegangen, dass sich der Einsatz von BTL-Kraftstoffen erst nach 2010 wird durchsetzen können. In Anlehnung an die in meó et al. (2006) skizzierten günstigsten Bedingungen wird für das Jahr 2020 angenommen, dass BTL in einem Umfang von 117 PJ im Verkehrsbereich eingesetzt werden. Damit verbunden ist ein Marktvolumen des BTL-Kraftstoffes in Höhe von knapp 3,6 Mrd. €. Unter der Annahme der Wirkungsgrade über die gesamte Herstellungskette, die u. a. von der ProBas-Datenbank für das Jahr 2020 angegeben sind, ergibt sich ein notwendiger Energieeinsatz von ca. 300 PJ. Bei einem kontinuierlichen Aufbau der Kapazitäten nach dem Jahr 2010 ergibt sich für 2020 ein jahresdurchschnittliches Investitionsvolumen in Höhe von 640 Mio. €. Zwar könnte sich in grenznahen Gebieten durchaus eine Konkurrenzsituation mit ausländischen Anbietern entwickeln, dennoch wurde – z. B. auf Grund dann steigender Transportkosten bei den transportintensiven NAWAROs – in den quantitativen Werten von Importen abgesehen. Vielmehr wird angenommen, dass das Marktvolumen voll der deutschen Landwirtschaft zu Gute kommt.

Tabelle 4.3: Eckwerte für BTL-Kraftstoffe in den Basisszenarien

	2004	2010	2020
BTL-Kraftstoffe (in PJ)	0	0	117
Marktvolumen für BTL-Kraftstoffe (in Mio. €)	0	0	3.600
Einsatz von KUP/Miscanthus (in PJ)	0	0	303

Quelle: Fraunhofer ISI 2006 (Datenbasis: meó et al. 2006)

4.2.2 Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse

Die in diesem Zwischenbericht verwendeten Eckdaten zum Verwendungspotenzial von nachwachsenden Rohstoffen basieren abstimmungsgemäß auf den Arbeiten von meó et al. (2006). Zentrale Annahme von meó et al. (2006) hinsichtlich des Gegenstandsreichs der Szenarien ist der Fortbestand des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das eine Abnahmepflicht von mit erneuerbaren Quellen erzeugten Elektrizitätsmengen zu im Voraus festgelegten Einspeisevergütungen festlegt. Die Einspeisevergütungen sind nach Energieträger und z. T. auch nach Größenklassen gestaffelt. Des Weiteren gibt es bei einigen Energieträgern zusätzliche Zuschläge bei Verwendung von besonders

innovativen oder umweltfreundlichen Technologien. Andererseits legt das EEG als zusätzlichen Innovationsanreiz eine Degression der Einspeisevergütungen fest, wodurch die Entwicklung kostengünstiger Technologien befördert werden soll. Da im Wärmebereich keine entsprechende Förderung wie das EEG besteht, ist hier die Dynamik insgesamt weniger stark ausgeprägt. Allerdings wird davon ausgegangen, dass bestehende Investitionshilfen z. B. bei Holzpelletöfen auch in Zukunft weiterhin bestehen bleiben.

Tabelle 4.4: Eckdaten EEG

	Grundvergütung für den Leistungsanteil				Durchschnitt ct /kWh	Bonuszahlungen (anteilig)			Gesamt ct /kWh
	150 kW ct /kWh	500 kW ct/kWh	5 MW ct/kWh	20 MW ct /kWh		NAWARO- Bonus ct /kWh	Technologie- Bonus ct /kWh	KWK- Bonus ct /kWh	
Feste Biomasse									
Altholz Kategorien III/IV (20 MW_e)									
2004	11,50	9,90	8,90	8,40	8,56			0,20	8,76
2007					3,72			0,20	3,92
2010					3,56			0,20	3,76
2020					3,06			0,20	3,26
Altholz Kategorien I/II (5 MW_e)									
2004	11,50	9,90	8,90		9,05			0,40	9,45
2010	10,51	9,04	8,13		8,27			0,55	8,82
2020	9,03	7,77	6,99		7,11			0,80	7,91
Waldrestholz (5 MW_e)									
2004	11,50	9,90	8,90		9,05	2,85*		0,40	12,30
2010	10,51	9,04	8,13		8,27	2,85*		0,55	11,67
2020	9,03	7,77	6,99		7,11	2,85*		0,80	10,76
Innovative Technologien (1 MW_e)									
2004	11,50	9,90	8,90		9,64	4,25*	2,00	0,80	16,69
2010	10,51	9,04	8,13		8,81	4,25*	2,00	0,88	15,93
2020	9,03	7,77	6,99		7,57	4,25*	2,00	1,00	14,82
Biogas/flüssige Bioenergieträger (400 kW_e)									
2004	11,50	9,90			10,50	5,10		0,10	16,70
2010	10,51	9,04			9,59	5,10		0,10	14,79
2020	9,03	7,77			8,24	5,10		0,10	13,44

Quelle: Eigene Darstellung nach Nitsch et al. 2005

Von den untersuchten Verwendungsbereichen im Strombereich führt die Verwertungskonkurrenz der flüssigen Bioenergieträger mit dem Verkehrssektor dazu, dass ihr Einsatz zur Stromerzeugung auch im Jahr 2010 und 2020 nicht ansteigt. Damit ergibt sich ein Marktvolumen von jährlich ca. 4,5 Mio. €. Hierbei wird ein Einsatzverhältnis von etwa zwei Drittel Rapsöl zu einem Drittel sonstige Öle angenommen. Gleichzeitig steigen die Importanteile auf 30 % in 2010 und 2020 an. Beim Einsatz fester NAWARO

wird eine Steigerung des Einsatzes auf 5 Mio. € in 2010 und 10 Mio. € in 2020 angenommen. Hierbei wird in Abstimmung mit dem Auftraggeber angenommen, dass Stroh/Energiepflanzen, KUP und Miscanthus jeweils ein Drittel des Marktvolumens ausmachen.

Die wichtigste Entwicklung bei der Stromerzeugung durch nachwachsende Rohstoffe ist im Bereich des Biogases zu erwarten. Hier wird davon ausgegangen, dass sich mittelfristig ein Markt für Biogassubstrate aus nachwachsenden Rohstoffen entwickelt. Nach meó et al. (2006) führt dies dazu, dass die Erzeugung von Biogas auf Basis von Biomasse von 15 PJ im Jahr 2004 (davon lediglich ca. 1,5 PJ auf Basis nachwachsender Rohstoffe, ansonsten wird insb. Gülle eingesetzt) auf 54 PJ im Jahr 2010 zunimmt. Hierbei entfallen 50 % auf Maissilage, 35 % auf Gülle und 15 % auf Energiepflanzen. Bis zum Jahr 2020 erfolgt ein weiteres Wachstum auf 85 PJ p. a. Einsatz von Biomasse. Nun entfallen 50 % auf Maissilage und jeweils 25 % auf Gülle sowie Energiepflanzen. Bezogen auf die jährlichen Veränderungen impliziert diese Entwicklung bis zum Jahr 2010 ein starkes Wachstum der Biogaserzeugung auf Basis nachwachsender Rohstoffe in Höhe von ca. 85 % p. a. Allerdings zeigt die momentane Entwicklung, dass sogar diese von meó et al. (2006) angenommenen Wachstumsraten die tatsächliche Entwicklung bis 2010 noch unterschätzen könnten. Ausgehend von einem höheren Basiswert im Jahr 2010 flacht sich dann das Marktwachstum erheblich ab, erreicht aber immer noch ca. 6 % Jahr.

Neben dem Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Biogas ist eine weitere Steigerung der Stromerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen auch beim Holz zu verzeichnen. Allerdings lassen hier die Vergütungssätze des EEG nur unter sehr günstigen Rahmenbedingungen einen wirtschaftlichen Betrieb eigens dafür erstellter Heizkraftwerke möglich erscheinen. Bei den entsprechend den Rahmenbedingungen angenommenen moderaten Preissteigerungen für fossile Brennstoffe im Kraftwerksbereich gilt dies auch für die Mitverbrennung in fossilen Kraftwerken. Insgesamt wird zwar eine prozentuale Steigerung des Absatzes von Hackschnitzels zur Stromerzeugung von 14 % p. a. zwischen 2004 und 2010 sowie 4 % p. a. zwischen 2010 und 2020 angenommen. Auf Grund des niedrigen Basiswertes von 50 kt_{atro} im Jahr 2004 ist der Beitrag dieses Energieträgers zur Stromerzeugung aber mit 400 kt_{atro} im Jahr 2010 bzw. 600 kt_{atro} im Jahr 2020 weniger bedeutend als Biogas. In diesen Zahlen nicht enthalten ist die Verwendung von Altholz, das bei meó et al. (2006) nicht als nachwachsender Rohstoff klassifiziert wird. Hier werden jährlich ca. 6 Mio. t genutzt, womit das Potenzial auch weitgehend ausgeschöpft ist.

Im Bereich der Wärmenutzung dominiert das Industrieholz mit einem Einsatz von ungefähr 10 Mio. t pro Jahr den Einsatz nachwachsender Rohstoffe. Hierbei wird in die-

sem Bereich keine Steigerung gesehen. Ähnliches gilt für den Einsatz von Hackgut und Stückholz, die mit jeweils gut 1 Mio. t p. a. zur Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen im Wärmebereich beitragen. Nach den Ergebnissen von meó et al. (2006) ist eine Dynamik einzig bei der Verwendung von Holzpellets auszumachen. Hier wird von einer jährlichen Zunahme von 14 % ausgegangen, was zu einer Steigerung des Einsatzes von 140 kt in 2004 auf 300 kt in 2010 führt. Danach ist ein weiteres Wachstum auf ca. 600 kt in 2020 zu verzeichnen (ca. 9 % p. a.). Im Unterschied zu den anderen, stärker regional abgegrenzten Märkten ist bei den Holzpellets durchaus eine Entwicklung denkbar, die zu höheren Importen aus den osteuropäischen oder skandinavischen Ländern führt und daher den Absatz für die deutsche Land- und Forstwirtschaft reduzieren könnte. Allerdings wird in den Eckwerten davon ausgegangen, dass eine derartige Entwicklung nicht eintritt.

Tabelle 4.5: Annahmen zum Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Wärme- und Strombereich in PJ p. a. in den Basisszenarien

Verwendungsgebiet	2004	2010	2020
sonst. NAWARO	0,89	3,3	5,1
Biogas*	15	54	85
nachrichtlich: Hackschnitzel/Strom	0,9	7,2	10,8
nachrichtlich: Holz/Wärme	212	215	222
nachrichtlich: Altholz	90	90	90

Quelle: Fraunhofer ISI 2006 (Datenbasis: meó et al. 2006). * nachwachsende Rohstoffe auf Basis Mais plus sonstige Biomasse

Für die mit nachwachsenden Rohstoffen erzeugten Strommengen ist der elektrische Wirkungsgrad der Kraftwerke entscheidend. Bei der Nutzung der unterschiedlichen nachwachsenden Rohstoffe im Strombereich werden beim Biogas BHKWs eingesetzt. Gegenwärtig liegen die durchschnittlichen elektrischen Wirkungsgrade der BHKWs im Bereich von Biogasanlagen bei 30 bis 35 % (EWI/Prognos 2005). In Anlehnung an die ProBas-Datenbank wird davon ausgegangen, dass sich der Wirkungsgrad der BHKW auf 37 % erhöht. Dieser Wert wird auch für die Berechnung der Stromerzeugung für das hier vorliegende Szenario herangezogen. Längerfristig könnten auch Mikrogasturbinen oder Stirlingmotoren mit Biogas betrieben werden, deren Wirkungsgrad nochmals deutlich höher liegen könnte (EWI/Prognos 2005).

Tabelle 4.6 zeigt die sich aus diesen Angaben ergebenden Strommengen auf, die in den einzelnen Jahren erzeugt werden. Zum Vergleich sind in der gleichen Tabelle auch einige Werte aus anderen Studien abgebildet. Beim Biogas liegen die hier auf Basis von meó et al. (2006) angenommenen Werte zwischen EWI/Prognos 2004 und dem Biomasse Szenario von Öko et al. (2004), das insbesondere hinsichtlich der langfristigen Entwicklung von wesentlich optimistischeren Einschätzungen hinsichtlich der Mobilisierbarkeit von kostengünstigen nachwachsenden Rohstoffen ausgehen. Beim Einsatz vom Holz in der Stromerzeugung liegen die hier angenommenen Zahlen ebenfalls deutlich unter denen von Öko et al. (2004). Hier spielt vermutlich eine Rolle, dass in der letztgenannten Studie ein größerer Teil des Holzeinsatzes vom Wärmebereich in den KWK-Bereich geschiftet wird und daher die Strommengen ansteigen. Schließlich ist noch anzumerken, dass bei Öko et al. 2004 ebenfalls ein nicht unerheblicher Anteil von Kurzumtriebsholz (KUP)/Miscanthus ebenfalls zur Erzeugung von Strom verwendet wird. Demgegenüber wird in den hier gebildeten Szenarien der Verwendung von KUP/Miscanthus zur Erzeugung von BTL-Kraftstoffen Vorrang gegenüber dem Einsatz im Strom-/Wärmebereich eingeräumt.

Tabelle 4.6: Stromerzeugung in TWh p. a. in den Basisszenarien

Verwendungsgebiet	2004	2010	2020
Biogas*	5,0	18,4	29,8
Hackschnitzel	0,07	0,56	0,9
zum Vergleich:			
Biogas EWI/Prognos	---	2,3	4,8
Biogas Öko et al.	---	8,1	13,2
Waldholz Öko et al.**	---	5,3	14,9
KUP/Miscanthus Öko et al.**	---	3,2	5,9

Quelle: Fraunhofer ISI 2006 (Datenbasis: meó et al. 2006), Eigene Berechnungen und Öko et al. 2004. * nachwachsende Rohstoffe auf Basis Mais plus sonstige Biomasse

** jeweils Szenario Biomasse; EWI/Prognos 2005

Das Marktvolumen für die Endenergieträger, die aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden, zeigt Tabelle 4.7 auf. Bei der Interpretation ist zu bedenken, dass entsprechend der Abgrenzung der Energiebilanz im Strombereich sich die Endenergie auf die mit Hilfe der nachwachsenden Rohstoffe gewonnene Elektrizität bezieht, während im Wärmebereich der Wert des Endenergieträgers Holz aufgeführt ist. Dennoch wird aus den Zahlen deutlich, dass der Strombereich hinsichtlich des Marktvolumens an

Bedeutung gewinnt. Dies ist vor allem auf die Dynamik beim Biogas zurückzuführen, die im Jahr 2020 fast zwei Drittel des gesamten Volumens ausmacht.

Tabelle 4.7: Erlöse für die Bereitstellung von Endenergie durch nachwachsende Rohstoffe (in Mio. €) in den Basisszenarien

Endenergieträger	2004	2010	2020
Strom aus Biogas* (in Mio. €)	175	630	1000
nachrichtlich: Strom aus Hackschnitzel (in Mio. €)	7,7	58	80
nachrichtlich: Holz (für Wärme) (in Mio. €)	478	507	579

Quelle: Fraunhofer ISI 2006 * NAWARO auf Basis Mais plus sonstige Biomasse

Die Berechnung der zur Stromerzeugung erforderlichen Kraftwerkskapazität in BHKWs erfolgt aus Angaben zu den Jahresnutzungsstunden. Ausgegangen wird entsprechend den Angaben der ProBas-Datenbank von einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 6.000 h p. a. für die Stromerzeugung in Biogas-BHKW. Aus den Kapazitätsangaben lassen sich die erforderlichen Kapazitätzunahmen und Investitionsvolumina errechnen. Für das Jahr 2004 wurde eine durchschnittliche Investitionssumme von 3.000 € pro KW angenommen. Dieser Wert liegt innerhalb der Bandbreiten, die sich aus der ProBas-Datenbank als auch aus unterschiedlichen Literaturangaben ergibt, die sich mit dieser Frage beschäftigen (vgl. meó et al. 2006). Insgesamt ergibt sich damit ein Investitionsvolumen von 165 Mio. € für 2004. Für die Zukunft muss bedacht, dass Lern- und Skaleneffekte eine Reduktion der spezifischen Investitionsvolumina wahrscheinlich machen. Derartige Effekte werden durch Kosten-Degressionskurven abgebildet. Anknüpfend an die Ergebnisse von Öko et al. (2004) wird ein Degressionsfaktor von 0,90 bis zum Jahr 2010 angenommen. Trotz der damit verbundenen Reduktion der spezifischen Investitionsvolumina steigen die jährlichen Investitionssummen auf Grund der deutlich höheren Kapazitätzunahme auf jahresdurchschnittlich knapp 280 Mio. € an. Bedingt durch weitere Kostendegression nach dem Jahr 2020, die mit einem Degressionsfaktor von 0,93 abgebildet wird, und dem geringeren Kapazitätswachstum nach 2010, sinken die Investitionsvolumina nach 2010 wieder auf etwa 117 Mio. p. a. ab.

4.2.3 Verwendungsbereich Chemierohstoffe

Für NAWARO-Einsatzstoffe existieren bereits heute ausdifferenzierte Produktstamm-bäume für eine breite Palette von Anwendungen (u. a. Farben und Lacke, Kosmetik, Waschmittel, Pharmazeutika, Polymere). Ein Großteil der chemischen Produktion, von Grundchemikalien bis hin zu hochveredelten Produkten, wird jedoch an wenigen zentralen Verbundstandorten hergestellt. In diesen meist auf synthetische Rohstoffe ausgerichteten Systemen sind Produktionsbetriebe, Energie- und Abfallströme, Logistik und Infrastruktur eng miteinander vernetzt und genau abgestimmte Mengenströme von Haupt- und Nebenprodukten weitestgehend optimiert (u. a. hinsichtlich Energieeinsatz, Ressourcenschonung und hoher Ausbeute). Das Betreiben dieser Verbundstandorte erfordert eine nachhaltige hohe mengenmäßige Verfügbarkeit von preiswerten Rohstoffen mit hoher Qualitätskonstanz. Diese über Jahrzehnte gewachsenen kapitalintensiven Verbundstrukturen erschweren (selbst bei ökonomischer und ökologischer Vorteilhaftigkeit) eine schnelle breite Nutzung nachwachsender Rohstoffe und Einführung von NAWARO-Produkten. Nachwachsende Rohstoffe kommen daher nur dort zum Einsatz, wo sie mit den etablierten erdölbasierten Syntheseverfahren kompatibel und preislich wettbewerbsfähig sind.

4.2.3.1 Basisstoffe Fette und Öle, Stärke, Zucker und Cellulose

Für die Teilmärkte Fette und Öle, Stärke, Zucker und Cellulose wird daher mit einem leichten „graduellen“ NAWARO-Marktwachstum mit durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten von 2 bis 3 % gerechnet. Der Verbrauch von Zucker in der chemisch-technischen Industrie ist in den vergangenen Jahren auf Grund der zunehmenden Bedeutung biotechnologischer Produkte stark gewachsen. Hier werden jährliche Wachstumsraten von 10 bis 15 % angenommen.

Der NAWARO-Importanteil in der deutschen chemischen Industrie ist auffallend hoch, da im Zuge des starken internationalen Wettbewerbdruks viele Chemieunternehmen eine weltweite Einkaufspolitik verfolgen und preislich nicht wettbewerbsfähige Inlandsprodukte durch Importe substituieren (z. B. Cellulose) und weil ausgewählte NAWARO mit sehr spezifischen Produkteigenschaften (z. B. Palmkern- und Kokosnussöl oder Sojaöl) unter den klimatischen Bedingungen in Deutschland nicht angebaut werden können.

Tabelle 4.8: Eckwerte der Basisszenarien für die Chemiebasisstoffe Fette und Öle, Stärke, Zucker und Cellulose

	2004	2010	2020
NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)			
- Fette und Öle	435	500	600
- Stärke	220	250	300
- Zucker	50	100	275
- Cellulose	250	300	350
- Sonstige	45	55	65
Summe Basisstoffe insgesamt	1.000	1.205	1.590
davon Basisstoffe für Farben/Lacke, Phytopharmaka, Naturkosmetik (diese wurden bei entsprechenden Märkten zugerechnet)	254	336	557
Beschäftigungswirksame Summe Basisstoffe	746	869	1.033
davon:			
NAWARO-Rohstoffe In- und Ausland (77 %)	575	669	792
Industrielle Weiterverarbeitung (23 %)	171	200	241
Importanteil (in %)			
- Fette und Öle	65	70	70
- Stärke	25	25	25
- Zucker	5	2	2
- Cellulose	100	100	100
- Sonstige	65	65	65

Quelle: Fraunhofer ISI 2006, Eigene Berechnungen (Datenbasis: u. a. meó et al. 2006)

4.2.3.2 Farben und Lacke

Im Bereich Farben und Lacke handelt es sich um reife Märkte, die u. a. auf Grund von Überkapazitäten durch einen hohen Wettbewerbs- und Preisdruck gekennzeichnet sind. Der NAWARO-Einsatz (insb. Öle, Fette und Cellulose) weist häufig keine spezifischen Vorteile aus technischer Sicht bzw. von der Produktqualität her auf. Das Wachstum dieser Märkte ist eng mit der der allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung verknüpft. In Zeiten mit geringem wirtschaftlichem Wachstum werden weniger Güter wie z. B. Autos hergestellt, man benötigt weniger bedruckte Verpackungen, es werden weniger Bau-, Renovierungs- und Modernisierungsarbeiten durchgeführt und die Werbeausgaben werden reduziert. Selektive Produktvorteile für NAWARO existieren häufig nur in Nischen (u. a. biologische Abbaubarkeit, Umweltverträglichkeit). Das zukünftige Wachstum für NAWARO in diesem Bereich ist daher begrenzt. Es wird eine geringe Dynamik mit durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten von rund 2 % unterstellt.

Da deutsche Unternehmen, auch hinsichtlich des NAWARO-Einsatzes, im Bereich Forschung und Entwicklung führend sind und in der Regel hohen Kosten beim Transport von Farben und Lacken anfallen, dürften diese Produkte auch weiterhin vorzugsweise in Deutschland produziert werden. Die Importanteile liegen derzeit bei rund 10 bis 15 %, die Exportanteile je nach Bereich zwischen 5 und 40 %. Es wird für die Modellberechnungen „konservativ“ ein Außenhandel von Null unterstellt.

Tabelle 4.9: Eckwerte der Basisszenarien für Farben und Lacke

	2004	2010	2020
NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)	600	675	800
davon:			
NAWARO-Rohstoffe In- u. Ausland (ca. 23 %)	140	157	187
Industrielle Weiterverarbeitung (ca. 77 %)	460	518	613
Importanteil NAWARO-Pflanzen (in %)	55	60	60

Quelle: Fraunhofer ISI 2006, Eigene Berechnungen (Datenbasis: u. a. meó et al. 2006)

4.2.3.3 Biogene Schmierstoffe

Die Einsatzbereiche für biologisch schnell abbaubare Schmierstoffe sind heute vorwiegend Hydrauliköle, Verlustschmierstoffe wie Sägekettenhaftöle sowie Getriebeöle. Sie spielen dagegen in Anwendungen, in denen die Schmierstoffe hohen thermischen Belastungen ausgesetzt (u. a. bei Motorölen) bis jetzt nur eine geringe Rolle. Die Mehrkosten für Bioschmierstoffe, bei zum Teil besseren Eigenschaften, sind erheblich (130 – 1.000 %). Der Gesamtmarkt der biogenen Schmierstoffe liegt bei unter 1 %. Zu dieser „schleppenden“ Markteinführung führten u. a. auch schlechte erste Erfahrungen der Anwender in der Vergangenheit. Während der Gesamtmarkt für Schmier- und Hilfsstoffe stagniert, soll der Anteil der biostämmigen Schmier- und Hilfsstoffe in der Land- und Forstwirtschaft bis 2010 um 5 % wachsen. Ein weiterer Marktgewinn hängt vor allem von der Fortführung des Markteinführungsprogramms ab. Das EU-weite Marktpotenzial für biogene Schmier- und Hilfsstoffe liegt bei etwa 1,5 Mio. t p. a. und ist erst zu 0,1 % ausgeschöpft. Die Nutzung biogener Schmierstoffe wird häufig in besonderen Branchensegmenten gefordert (biogene Hydrauliköle im Wasserbau) und konkurriert teilweise mit bioabbaubaren Produkten aus der Petrochemie.

Tabelle 4.10: Eckwerte der Basisszenarien für biogene Schmierstoffe

	2004	2010	2020
NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)	16	25	25
davon:			
NAWARO-Rohstoffe In- u. Ausland (ca. 70 %)	11	17	17
Industrielle Weiterverarbeitung (ca. 30 %)	5	8	8
Importquote NAWARO-Pflanze Raps (in %)	5	15	15

Quelle: Fraunhofer ISI 2006, Eigene Berechnungen (Datenbasis: u. a. meó et al. 2006)

4.2.3.4 Phytopharmaka und Kosmetika

Im Phytopharmaka- und Kosmetikmarkt werden neben Arzneipflanzen zahlreiche NAWARO-Hilfsstoffe (u. a. Fette/Öle und Zucker) eingesetzt. In den Bereichen Phytopharmaka und Naturkosmetik wird eine sehr NAWARO-spezifische industrielle Weiterverarbeitung unterstellt, so dass analog zu biogenen Kraftstoffen und Strom/Energie aus Biomasse die gesamte Wertschöpfung bis zum Endprodukt in den Modellberechnungen beschäftigungswirksam wird.

Das Marktsegment Phytopharmaka wächst annahmegemäß mit ca. 4 % p. a. bis 2010 und mit rund 6 % p. a. zwischen 2010 und 2020. Wachstumsfördernd wirken hier u. a. der Trend zur „sanften Medizin“ bzw. natürlichen Produkten im Rahmen einer bewussten und gesunden Lebensführung, der Trend zur Vorbeugung und Selbstmedikation (beispielsweise bei Husten- und Erkältungsmitteln, Magen- und Verdauungspräparaten, Herz- und Kreislaufmitteln, Beruhigungs- und Schlafmitteln), der demographische Wandel, ein verstärkter Absatz deutscher Phytopharmaka im Ausland sowie der politische Wille und Gesetze, Antibiotika in der Tierzucht durch natürliche Produkte (als Arzneimittel und Futterzusatzstoff) zu ersetzen.

Vor allem bei relativ arbeitsintensiv zu erntenden Heil- und Arzneipflanzen für Phytopharmaka- und Kosmetikprodukte ist der Marktanteil der deutschen Landwirtschaft auf Grund hoher Produktionskosten, verursacht durch hohe Lohn- und Energiekosten, mit rund 15 % sehr niedrig, bei den restlichen NAWARO-Inputs (vor allem Fette und Öle) ist der Importanteil etwa geringer als bei den Heil- und Arzneipflanzen. Der Importdruck wird voraussichtlich in der Zukunft noch weiter wachsen, da insbesondere Länder aus Osteuropa (u. a. Polen, Ungarn, Tschechien) und Übersee (Lateinamerika, Nordafrika, Asien) die Wettbewerbsintensität verschärfen werden.

Tabelle 4.11: Eckwerte der Basisszenarien für Phytopharmaka

	2004	2010	2020
NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)	2.200	2.800	5.000
davon:			
NAWARO-Rohstoffe In- u. Ausland (ca. 16 %)	347	441	788
Industrielle Weiterverarbeitung (ca. 84 %)	1.853	2.359	4.212
Importanteil NAWARO-Pflanzen (in %)	80	85	85

Quelle: Fraunhofer ISI 2006, Eigene Berechnungen (Datenbasis: u. a. meó et al. 2006)

Im Marktsegment Naturkosmetik werden bis 2010 durchschnittliche Wachstumsraten von 6 bis 7 % p. a. angenommen. Positive Wachstumstreiber sind hier u. a. die Orientierung hin zu „grünen“ Produkten, eine wachsende Kosmetiknachfrage durch Männer, eine stark wachsende Nachfrage nach „Anti-Aging“-Kosmetik sowie das wachsende Gesundheits-, Schönheits- und Fitnessbewusstsein.

Tabelle 4.12: Eckwerte der Basisszenarien für Naturkosmetik

	2004	2010	2020
NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)	500	700	1.400
davon:			
NAWARO-Rohstoffe In- u. Ausland (ca. 12 %)	62	86	172
Industrielle Weiterverarbeitung (ca. 88 %)	438	614	1.228
Importanteil NAWARO-Pflanzen (in %)	75	80	80

Quelle: Fraunhofer ISI 2006, Eigene Berechnungen (Datenbasis: u. a. meó et al. 2006)

4.2.4 Verwendungsbereich Werkstoffe

4.2.4.1 Verpackungsprodukte

Im Bereich Verpackungsprodukte sind die Produktgruppen Folien, Flaschen und Taschen, Mulchfolien und Pflanztöpfe sowie Holzpaletten und -kisten für NAWARO wirtschaftlich interessant sowie technisch realisierbar. Eine zunehmende Substitution von Verpackungen aus Glas, Metall, Papier und Pappe durch Kunststoffe ist bereits zu erkennen und wird weiter anhalten. Die technischen Eigenschaften von NAWARO sind vor allem für kurzlebige Produkte (z. B. Obstverpackungen) gegeben, für langlebige Produkte mit dauerhafter Lagerung (z. B. Ketchup-Flaschen) jedoch problematisch. Die häufig gewollte Kurzlebigkeit von Produkten der Verpackungsindustrie (z. B. bei Obst- und Gemüseverpackungen und Catering-Produkten) spricht für den zunehmenden Einsatz biologisch abbaubarer Produkte.

Verpackungen werden von den Kunden, mehr als andere Produkte, als Imageträger für Umwelt, Nachhaltigkeit und Gesundheit wahrgenommen. Verbraucher stehen NAWARO-Verpackungsprodukten daher positiv gegenüber, wollen allerdings auf Grund einer wachsenden Preissensibilität nicht mehr dafür bezahlen. Bei entsprechender Kundennachfrage und technischer Zuverlässigkeit wird der sich im starken Konkurrenzkampf befindende Handel NAWARO-Verpackungen aufgeschlossen gegenüberstehen, wenn diese nicht teurer als Konkurrenzprodukte sind und einen Zusatznutzen bieten. Da das Marktvolumen großtechnisch sehr attraktiv ist, wird der Preis von NAWARO-Verpackungsprodukten durch Skaleneffekte im kapitalintensiven einstufigen Produktionsprozess voraussichtlich deutlich sinken und damit die preisliche Wettbewerbsfähigkeit, insbesondere bei hohen und steigenden Rohölpreisen, weiter zunehmen.

Ein entscheidender Zusatznutzen für den Kunden ist die Möglichkeit der thermischen Verwertung sowie die Senkung der Entsorgungskosten, da seit 2005 mit der neuen Verpackungsverordnung NAWARO-Produkte kompostiert werden können und nicht über das duale System entsorgt werden müssen, bei dem vor allem der Sammelprozess (Aufstellen der Tonne, Abholung etc.) für den Kunden teuer ist. Daher werden im Marktsegment Verpackungen bis 2020 durchschnittliche Wachstumsraten von 15 bis 20 % p. a. unterstellt. Hierfür ist allerdings Aufklärung (Verbraucherinformationen insb. zu Nachhaltigkeit und Gesundheit) sowie ein aktives Marketing notwendig.

In den Modellberechnungen wird damit gerechnet, dass in 2020 ein Import von rund 25 % des NAWARO-Endproduktes aus Niedriglohnländern (u. a. Osteuropa) erfolgt, was etwa der aktuellen Importquote der Branche Kunststoffherzeugnisse entspricht. Noch stärkere Importe sind unwahrscheinlich, da bei der einstufigen kapitalintensiven

und hoch automatisierten Produktion die Personalkosten eine „untergeordnete“ Rolle spielen. Auf Grund des Transportvolumens sind bei den Importen vor allem Folien, Beutel, Tragetaschen und Säcke betroffen, da diese die Ladekapazitäten von LKWs in vollem Umfang ausnutzen im Gegensatz zu Hohlkörpern (z. B. Flaschen, Kanister).

Tabelle 4.13: Eckwerte der Basisszenarien für Verpackungsprodukte (exkl. Holz)

	2004	2010	2020
NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)	0	206	850
Import NAWARO-Endprodukt (25 % in 2020)	---	0	212
Beschäftigungswirksam	---	206	638
davon:			
NAWARO-Rohstoffe In- u. Ausland (ca. 13 %)	---	26	80
Industrielle Weiterverarbeitung (ca. 87 %)	---	180	558
Importanteil (in %)			
- NAWARO-Pflanze Stärkekartoffel	---	0	0
- NAWARO-Input Cellulose	---	100	100

Quelle: Fraunhofer ISI 2006, Eigene Berechnungen (Datenbasis: u. a. meó et al. 2006)

4.2.4.2 Faserverbundwerkstoffe und Formteile

Bei Faserverbundwerkstoffen und Formteilen ist der Einsatz von Naturfaser-Verbundwerkstoffen in der Automobilindustrie am bedeutendsten und in den letzten Jahren stark angestiegen. Modifizierte Naturfasern können zu höherwertigeren, leichteren und höher belastbaren Konstruktionen führen. In Deutschland werden rund 5,5 bis 6 Mio. Fahrzeuge jährlich produziert. NAWARO-Anwendungen ergeben sich im Bereich Interieur (z. B. Verkleidungen), Exterieur (z. B. Stoßfänger) und Struktur/“under the hood“ (z. B. Motorenauskleidung, Kapselungen und Tank). Bei Automobil-Kunststoffanwendungen entfällt etwa die Hälfte auf Innenteile. Naturfaserverbundwerkstoffe haben sich im Interieur-Bereich im oberen Marktsegment etabliert, derzeit erfolgt die Markterschließung im unteren Marktsegment. Im Exterieur-Bereich (Semi-Strukturen) etablieren sich zurzeit Kfz-Unterbodengruppen. Weitere jedoch weit weniger bedeutende Anwendungsfelder ergeben sich im Bereich Gehäuse, Spielwaren, Freizeit und Sportartikel. In der Regel wird mit jährlichen Wachstumsraten von rund 10 % im Zeitraum 2010 bis 2020 gerechnet, wobei auf Grund des geringen Ausgangsniveaus bis 2010 in einigen Bereichen deutlich höhere Wachstumsraten unterstellt werden.

Die wichtigsten Treiber des zukünftigen positiven Wachstumspotenzials sind der politische („gesetzliche“) Wille hin zu einer umweltfreundlichen Entsorgung, Demontage, Verwertung und Wiederverwendung von Werkstoffen sowie steigende Anforderungen an gesundheitlich unbedenkliche Werkstoffe, die technischen Vorteile von NAWARO-

Werkstoffen sowie steigende Entsorgungskosten bei kürzer werdenden Produktlebenszyklen. Zudem passt das NAWARO-Werkstoffimage gut in die Nachhaltigkeitskonzepte der Unternehmen, hohe und weiter steigende Rohölpreise erhöhen die relative preisliche Wettbewerbsfähigkeit von NAWARO-Werkstoffen, Fertigungskosten-senkungspotenziale sind möglich (u. a. bei Naturfaser-Spritzgussverfahren) und ein in Deutschland etabliertes Qualitätsmanagement existiert bereits. Die deutsche Automobilindustrie (inkl. Zuliefererindustrie) ist maßgeblich an der Entwicklung technologisch neuer NAWARO-Fertigungsverfahren beteiligt (u. a. Pressverfahren, Granulat-herstellung).

Da die deutsche Automobilindustrie weltweit zu den Technologieführern gehört, wird unterstellt, dass die Produktion von NAWARO-Faserverbundwerkstoffen und –Formteilen bis 2020 vollständig in Deutschland verbleibt, d. h. die Importquoten für Zwischen- und Endprodukte sind Null. Obgleich in 2004 nahezu alle erforderlichen NAWARO-Pflanzen importiert wurden, wird bei Flachs und Hanf für 2010 und 2020 ein Import von Null unterstellt, da der Flachs aus deutschem Anbau seine technischen Vorteile gegenüber Importwaren bei sehr hohen Bauteilanforderungen ausspielen kann und Hanf aus Deutschland preislich konkurrenzfähig ist. Für rezyklierte Cottonfasern und die sonstigen NAWARO-Inputs (z. B. Jute, Sisal, Kenaf) hingegen wird über den gesamten Betrachtungszeitraum ein vollständiger Import unterstellt.

Tabelle 4.14: Eckwerte der Basisszenarien für Faserverbundwerkstoffe und Formteile (inklusive Holz)

	2004	2010	2020
NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)	507	1015	1252
Anteil Holz aus Forstwirtschaft (28 % bzw. 30 %)	142	304	375
Beschäftigungswirksam	365	711	877
davon:			
NAWARO-Rohstoffe In- und Ausland (ca. 6 %)	23	45	55
Industrielle Weiterverarbeitung (ca. 94 %)	342	666	822
Importanteil NAWARO-Pflanzen (in %)	95	40	40

Quelle: Fraunhofer ISI 2006, Eigene Berechnungen (Datenbasis: u. a. meó et al. 2006)

4.2.4.3 Textilien

Die Märkte für Bekleidung und Textilien stagnieren, es werden in der Regel lediglich jährliche Steigerungsraten von 1 bis 2 % erzielt. Vor allem in wirtschaftlich schwierigen Zeiten ist bei Kleidung und Textilien eine besondere Verbraucherzurückhaltung zu erkennen. Bei der Kaufentscheidung spielen in der Regel komparative Preisvorteile oder der Zusatznutzen eine entscheidende Rolle. Die Käuferschaft spaltet sich daher

zunehmend in die Gruppe derer, die (teure) Markenprodukte präferieren, und die Gruppe derer, die günstigen Markenprodukte oder „No-Name“-Produkte bevorzugen.

Eine wirtschaftliche Produktion von billigen Bekleidungs- und Textilprodukten sowie der dafür erforderlichen Textilrohstoffe ist in Deutschland auf Grund des starken internationalen Verdrängungswettbewerbs nicht mehr möglich. Innerhalb der langen textilen Wertschöpfungskette spielen die Rohstoffkosten nur eine untergeordnete Rolle, während die arbeitsintensive Konfektionierung (Zuschneiden und Nähen) den teuersten Prozessschritt darstellt. Wegen der hohen deutschen Lohnkosten wurden bzw. werden auch zukünftig die Wertschöpfungsprozesse zum größten Teil in Osteuropa und Asien (u. a. Türkei, China) durchgeführt. Daher werden in den Modellberechnungen für den gesamten Zeitraum Importquoten bei den Endprodukten in Höhe von 85 % unterstellt.

Chancen werden für den Einsatz von hochwertigem Leinen gesehen, da in diesem Marktsegment ein Zusatznutzen vorhanden ist. Als Zusatznutzen in diesen Märkten werden wahrgenommen: Frischegefühl, antimikrobielle Wirkung, Hautpflege, Temperaturengleich, Wärmegenerierung, Stützfunktion und Wellness. Leinen wird wegen seiner Feuchtetransporteigenschaften und Kühle vor allem in der Sommerkleidung geschätzt. Leinen ist ein strapazierfähiger Stoff ohne Neigung zum Pilling und kann daher insbesondere als Bezugsstoff mit hohen Anforderungen (u. a. für Möbel und Autositze) genutzt werden. Auf Grund der meist sehr kurzen Lebensdauer von Bekleidungs- und Textilprodukten gewinnt die biologische Abbaubarkeit und gesundheitliche Unbedenklichkeit zunehmend an Gewicht. Leinen eignen sich zur Herstellung biologische abbaubarer Produkte.

Tabelle 4.15: Eckwerte der Basisszenarien für Textilien

	2004	2010	2020
NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)	3.025	3.071	3.518
Import NAWARO-Endprodukt plus Import NAWARO- Pflanze Leinen (98 %)	2.565	2.595	2.973
Beschäftigungswirksam (in Mio. €)	460	476	545
davon:			
NAWARO-Rohstoffe Inland (ca. 7 %)	14	15	17
Industrielle Weiterverarbeitung (ca. 93 %)	446	461	528
Importanteil (in %)			
- NAWARO-Pflanze Leinen	98	98	98

Quelle: Fraunhofer ISI 2006, Eigene Berechnungen (Datenbasis: u. a. meó et al. 2006)

Hinsichtlich der NAWARO-Rohstoffbasis (Flachs) wurde eine sehr hohe Importquote von 98 % unterstellt, obgleich der in Deutschland angebaute Flachs hochwertig ist und

sich für die Herstellung feiner und hochwertiger Garne eignet. Gründe dafür sind u. a. das erhöhte Ernterisiko sowie vor allem die kaum noch vorhandene Infrastruktur der Weiterverarbeitung im Textilbereich.

4.2.4.4 Dämmprodukte

Bei Dämmprodukten besitzen die Endverbraucher durch die hohe Anzahl an Anbietern (u. a. Baumärkte) eine hohe Preistransparenz und kaufen sehr preisbewusst. In vielen Dämmprodukt-Marktsegmenten sind NAWARO-Produkte derzeit zwei- bis dreimal so teuer wie mineralische Dämmprodukte und damit ohne finanzielle Förderung preislich nicht konkurrenzfähig. Daher dominieren Dämmprodukte aus Mineral- und Glasfasern mit einem Anteil von über 55 % den Markt, während fossile Dämmprodukte auf der Basis von Polyurethan-Schaum oder Polystyrol-Schaum 40 % Marktanteile besitzen.

Aktuelle Marktentwicklungen begünstigen allerdings einige Teilsegmente der NAWARO-Dämmprodukte: Während die Bautätigkeit bei den Neubauten zurückgeht, wächst die Bedeutung anderer Bereiche, vor allem im Bereich „Bauen im Bestand“ und Altbausanierung. In Anbetracht steigender Rohöl- und Energiepreise liegt insbesondere in der verbesserten Wärmedämmung von Altbauten ein erhebliches Energieeinsparungspotenzial. Durch Renovierungs- und Sanierungsmaßnahmen lassen sich mit „wenig“ Aufwand erhebliche Wärmeverluste vermeiden. In Deutschland sind 26 Mio. Wohneinheiten energetisch sanierungsbedürftig; dies entspricht rund 160 Mio. m³ Hohlräume, die gedämmt werden müssen. Bei Altbausanierungen eignet sich hierzu die Einblasttechnik besonders gut. In diesem Segment sind Nawaro-Einblaswerkstoffe zurzeit „nur“ ca. 20 % teurer als Mineraleinblasprodukte und die preisliche Wettbewerbsfähigkeit nimmt mit steigenden Rohölpreisen zu, da die Preise synthetischer Dämmprodukte ansteigen. Durch die Förderung wächst zudem die NAWARO-Produktionsmenge, was über Skaleneffekte zu einer gewissen Kostensenkung in der Produktion führen dürfte. Für NAWARO-Dämmprodukte werden daher jährliche Wachstumsraten bis 2020 in Höhe von bis zu 15 % in den nächsten Jahren und anschließend von rund 5 % unterstellt. Dadurch steigt der NAWARO-Marktanteil von derzeit rund 4 % auf ca. 10 % an.

Diese Szenarienannahmen werden dadurch gestützt, dass Nawaro-Dämmprodukte hinsichtlich ihrer Eigenschaften denen konventioneller Materialien ebenbürtig sind. Nawaro-Dämmprodukte besitzen zudem klimatechnische Vorteile hinsichtlich Feuchtigkeitsregulierung und Wärmespeicherung, sind mit geringem Energieaufwand herstellbar, gesundheitlich unbedenklich (u. a. niedrige Staubintensivität oder Hautirritation) und erlauben auf Grund ihres Feuchtigkeitsaufnahmevermögens den unmittelbaren Kontakt mit Holz. Die funktionale Ähnlichkeit von Mineralfaser-Dämmprodukten und

NAWARO-Dämmprodukten (z. B. vergleichbare Wärmeleitfähigkeiten) erschwert allerdings die Vermittlung eines Zusatznutzen (u. a. temperatenausgleichende Wirkung, d. h. sommerlicher Wärmeschutz) gegenüber dem Verbraucher. Daher ist die Förderung der Marktakzeptanz von Nawaro-Dämmprodukten über Verbraucheraufklärung zwingend erforderlich, um u. a. bestehende Unsicherheiten der Verbraucher, etwa gegenüber Schimmelpilzbefall, auszuräumen und die Vorteile von NAWARO-Produkten aufzuzeigen.

Hinsichtlich der Rohstoffbasis wird der NAWARO-Dämmproduktmarkt dominiert von Holz- und Cellulose-basierten Produkten, gefolgt von Faserwerkstoffen aus Hanf, Flachs, Kokos, Cotton und Schafwolle. Die Bedeutung von Hanf und Flachs ist zunehmend. Die Hälfte des Hanfrohstoffes kommt derzeit aus deutscher Produktion, während Flachsfasern zu großen Teilen importiert werden. Diese Importannahmen werden für den gesamten Zeitraum unterstellt.

Tabelle 4.16: Eckwerte der Basisszenarien für Dämmstoffe (inklusive Holz und exklusive Cellulose)

	2004	2010	2020
NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)	88	200	300
Anteil Holz Forstwirtschaft (48 % bzw. 45 %)			
Beschäftigungswirksam	49	131	204
davon:			
NAWARO-Rohstoffe In- und Ausland (ca. 6 %)	3	21	39
Industrielle Weiterverarbeitung (ca. 94 %)	342	666	822
Importanteil NAWARO-Pflanzen (in %)	65	65	65

Quelle: Fraunhofer ISI 2006, Eigene Berechnungen (Datenbasis: u. a. meó et al. 2006)

4.2.5 Gesamtübersicht alle Verwendungsbereiche

Die Szenarienannahmen zu den verwendeten NAWARO-Marktpotenziale wurden in den vorigen Abschnitte ausführlich dargestellt. In Tabelle 4.17 sind für die vier Verwendungsbereiche und deren Teilsegmente die quantitativen Eckdaten (NAWARO-Marktpotenziale, NAWARO-Pflanzenaufteiler und Importquoten hinsichtlich NAWARO-End/Zwischenprodukte und NAWARO-Pflanzen) der Basisszenarien 2004, 2010 und 2020 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4.17: Ökonomische Eckdaten der Basisszenarien 2004, 2010 und 2020

	NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)			Inländische NAWARO- Pflanzen (Rohstoff)	Pflanzenaufteiler			Importanteil NAWARO-End-/ Zwischenprodukt Importanteil NAWARO-Pflanze		
	2004	2010	2020		2004	2010	2020	2004	2010	2020
Biogene Kraftstoffe										
RME plus Pflanzenöle	950	2150	3100	Rapsamen	100%	100%	100%	15%	40%	40%
Ethanol	50	1300	1540	Weizenkörner	70%	65%	50%	---	---	---
				Roggenkörner	30%	25%	20%	---	---	---
				Zuckerrüben	---	10%	15%	---	---	---
				Lignocellulose aus Miscanthus	---	---	15%	---	---	---
BTL	0	0	3600	Stroh	---	---	40%	---	---	0%
				Energiegetreidepflanzen	---	---	20%	---	---	0%
				Kurzumtriebsholz/Pappeln	---	---	30%	---	---	0%
				Miscanthus	---	---	10%	---	---	0%
Energie / Strom aus Biomasse										
Wärme Biomasse	475	500	575	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Strom sonstige NAWARO (exkl. Holz)	4,5	9,5	14,5	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
	2,5	15,0	20,0							
	0,0	5,0	10,0	Stroh/Energiepflanzen - KUP - Miscanthus	1/3	1/3	1/3	---	0%	0%
	4,5	4,5	4,5	Rapsöl und sonstige Öle	2/3	Raps	1/3	20%	30%	30%
Strom/Wärme aus Biogas	175	630	1000	Energiegetreidepflanzen	0%	15%	25%	0%	0%	0%
				Gülle, Reste (u.a. Kartoffel-/Rübenblätter)	90%	35%	25%	0%	0%	0%
				Silomais (Ganzpflanze)	10%	50%	50%	0%	0%	0%
Chemierohstoffe										
Fette/Öle, Stärke, Zucker, Cellulose	1000	1205	1590							
Fette/Öle	435	500	600							
	60	70	84	Rapsamen (Rapsöl)	---	---	---	5%	15%	15%
	25	30	36	Sonnenblumensamen	---	---	---	50%	50%	50%
	45	50	60	Flachs-/Öleinsamen	---	---	---	50%	50%	50%
	25	30	36	Rapsamen/Rüben (Rüböl)	---	---	---	5%	15%	15%
	185	215	260	(Palmkern-/Kokosnussöl)	---	---	---	100%	100%	100%
	35	40	48	(Sojaöl)	---	---	---	100%	100%	100%
	25	25	30	(Palmöl)	---	---	---	100%	100%	100%
	35	40	46	Sonstige (u.a. Mohn, Leindotter)	---	---	---	65%	65%	65%
Stärke	220	250	300	Stärkekartoffeln	45%	45%	45%	0%	0%	0%
				Weizenkörner	30%	30%	30%	10%	10%	10%
				Maiskörner	25%	25%	25%	55%	55%	55%
Zucker	50	100	275	Zuckerrüben	95%	98%	98%	0%	0%	0%
				Zuckerrohr	5%	2%	2%	---	---	---
Cellulose	250	300	350	Holz aus Forstwirtschaft bzw. 100% Imports NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Sonstige (Proteine, Farbstoff)	45	55	65	u.a. Erbse, Luine, Ackerbohne, Färberwau/-knöterich/-waid, Krapp, Saflor)						
Biogene Schmierstoffe	16	25	25	Raps	100%	100%	100%	5%	15%	15%
Farben und Lacke	600	675	800	Ann.: Export = Import						
Bindemittel	200	225	300	Als NAWARO-Input werden vor allem Fette/Öle, Stärke, Zucker und Cellulose aus der Chemiebranche verwendet. Diese Rohstoffbasis ist bereits berücksichtigt im Marktsegment Chemierohstoffe "Fette/Öle, Stärke, Zucker und Cellulose".						
Additive	20	23	30							
Lösemittel	15	12	10							
Druckfarben	350	400	450							
Färbepflanzen	15	18	22							
Kosmetik und Pharma	2700	3500	6400	Ann. Phytopharmaka/ Kosmetik:						
Phytopharmaka	2200	2800	5000	a) Export = Import						
Naturkosmetik	500	700	1400	b) Importquote Arzneipflanzen						
Health Food				85% 90% 90%						
Werkstoffe										
Verpackungsprodukte (exkl. Holz)	0	206	850	0% 0% 25%						
Kunststoffverpackungen	0	188	750	Stärke aus Stärkekartoffeln zu 75% (plus 13% Cellulose und 12% petrochemisch basierte Rohstoffe)						
Mulchfolien/Pflanzttöpe	0	18	100	0% 0% 0%						
Paletten und Kisten aus Holz	590	700	700	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Formteile/Faserverbundstoffe (inkl. Holz)	507	1015	1252	0% 0% 0%						
Interieur	506	900	1050	Holzfasern (Holz aus Forstwirtschaft)	28%	30%	30%	Holz wird nicht berücksichtigt		
Exterieur und Struktur	1,4	80	160	Rezyklierte Cottonfasern	51%	22%	22%	100%	100%	100%
Gehäuse	0	24	30	Hanf Ganzpflanze	2%	30%	30%	92%	0%	0%
Spielwaren, Sport, Freizeit	0	11	12	Flachs Ganzpflanze	13%	15%	15%	92%	0%	0%
				Sonstige	6%	3%	3%	100%	100%	100%
Leinen-Textilien (exkl. Cellulosefasern)	3025	3071	3518	85% 85% 85%						
Bekleidungstextilien	2400	2400	2750							
Heimtextilien (Leinen)	600	650	750	Leinen aus Flachs (Ganzpflanze)	100%	100%	100%	98%	98%	98%
Technische Textilien	25	21	18							
Cellulose Fasern	570	570	650	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Dämmstoffe (exkl. Cellulosefasern)	88	200	300	0% 0% 0%						
				Holz aus Forstwirtschaft	48%	45%	45%	Holz wird nicht berücksichtigt		
				Hanf Ganzpflanze	6%	15%	20%	50%	50%	50%
				Flachs Ganzpflanze	3%	10%	10%	75%	75%	75%
				Cellulose (Holz bzw. Import)	32%	25%	20%	100%	100%	100%
				Schafwolle	4%	2%	2%	100%	100%	100%
				Sonstige	7%	3%	3%	100%	100%	100%
Baustoffe (u.a. Rohbau, Innenraum)	6780	5950	5650	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Papier, Karton und Pappe	2705	2955	3240	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						
Möbel (gesamt)	9800	8500	7000	Holz aus Forstwirtschaft als NAWARO-Input. Wird daher nicht berücksichtigt.						

Quelle: Eigene Darstellung (Datenbasis: meó et al. 2006 und eigene Berechnungen)

Die erforderlichen NAWARO-Gesamtangebotsmengen, die zusammenfassend in Tabelle 4.18 dargestellt sind, wurden ausgehend von den NAWARO-Marktpotenzialen berechnet. Diese wurden um die Importmengen (d. h. NAWARO-End-/Zwischenprodukte und/oder NAWARO-Pflanzen) bereinigt, um so den Bedarf an NAWARO-Angebotsmengen aus der deutschen Landwirtschaft zu ermitteln.

Tabelle 4.18: Mengenbedarf an NAWARO-Pflanzen in den Basisszenarien 2004, 2010 und 2020

	Bedarf NAWARO-Angebotsmengen deutsche Landwirtschaft		
	(in Tsd. Tonnen NAWARO)		
	2004	2010	2020
Roggen für Ethanol	7	941	892
Weizen gesamt	284	2.948	2.773
Ethanol	18	2.646	2.411
Chemierohstoffe	266	302	363
Energiegetreide gesamt (exkl. Biogas)	0	18	4.136
BTL	0	0	4.100
Strom	0	18	36
Stroh BTL	0	0	8.300
Energiegetreide Biogas	0	1.480	4.470
Silomais Energie/Strom	350	6.250	9.830
Pappel/Kurzumtriebsholz gesamt	0	36	7.173
BTL	0	0	7.100
Strom	0	36	73
Raps gesamt	2.981	3.865	5.732
Biodiesel/RME	2.632	3.500	5.300
Rapsöl Chemierohstoffe	231	241	291
Rüböl Chemierohstoffe	82	88	105
Strom	36	36	36
Zuckerrübe gesamt	1.341	4.220	10.192
Chemierohstoffe	1.341	2.767	7.609
Ethanol	0	1.453	2.582
Miscanthus gesamt	0	32	3.275
Ethanol	0	0	1.211
BTL	0	0	2.000
Strom	0	32	64
Flachs gesamt	116	224	265
Formteile/Faserverbundwerkstoffe	4	106	130
Leinen-Textilien	109	109	121
Dämmstoffe	4	9	14
Hanf gesamt	6	243	324
Formteile/Faserverbundwerkstoffe	0,6	211	261
Dämmstoffe	5,6	32	64
Stärkekartoffel Chemierohstoffe	1.600	1.818	2.182
Maiskörner Chemierohstoffe	101	115	138
Sonnenblumensamen Chemierohstoffe	51	62	74
Ölleinsamen Chemierohstoffe	40	44	53
Sonstige Samen Chemierohstoffe	42	48	55
Sonstige Öle Energie/Strom	17	17	17
Summe (exklusive Stroh)	6.937	22.361	51.580
Summe (inklusive Stroh)	6.937	22.361	59.880
Summe (inkl. Stroh u. Arzneipflanzen)	6.962	22.393	59.939

Quelle: Eigene Darstellung (Datenbasis: meö et al. 2006 und eigene Berechnungen)

4.3 NAWARO-Angebotsmengen aus der deutschen Landwirtschaft

In diesem Abschnitt werden die potenziellen Angebotsmengen an NAWARO aus der deutschen Landwirtschaft abgeleitet. Die beschriebenen Mengen, Flächen und räumliche Verteilungen stellen Angebotspotenziale im eigentlichen Sinn dar, die sich unter den jeweiligen Szenarioannahmen einstellen würden. Mit anderen Worten: Es werden die Mengen bestimmt, die deutsche Landnutzer zu gegebenen Preisen anbieten würden. Zentrale Annahmen sind daher:

- Risikoneutrales und bodenrentenmaximierendes Verhalten der Landnutzer,
- flächendeckende, unbegrenzte Absatzmöglichkeiten beliebiger Produktmengen zu gegebenen Preisen,
- flächendeckende, unbegrenzte Verfügbarkeit der Produktionsfaktoren in beliebig teilbarer Menge zu gegebenen Preisen.

Die so bestimmten Potenziale werden den prognostizierten Nachfragemengen gegenübergestellt, um Angebots- bzw. Nachfragerestriktionen zu identifizieren. Für Produkte mit Angebotsrestriktionen werden im Szenario 2020 Preis-Mengenpaare *ceteris paribus* berechnet, um nötige Preissteigerungen näherungsweise zu bestimmen.

4.3.1 Zur Bestimmung des Angebotspotenzials

Abschätzungen des Flächen- und Mengenpotenzials nachwachsender Rohstoffe sowie zugehöriger makroökonomischer Effekte ausgehend von stillgelegter bzw. nicht mehr zur Nahrungsproduktion benötigter Fläche berücksichtigen nicht die tatsächlichen Konkurrenzverhältnisse der Produktionsalternativen (vgl. auch Isermeyer et al. 2006). Verhalten sich Anbauer von Biomasse, hierzu zählen alle Kulturpflanzen unabhängig von ihrer Verwendungsart als Nahrungsmittel oder Rohstoff, risikoneutral und bodenrentenmaximierend folgt, dass diejenige Fruchtfolge in das Produktionsprogramm aufgenommen wird, welche den höchsten Erwartungswert der Bodenrente auf einem gegebenen Standort besitzt. Der spätere Verwendungszweck der Biomasse, Verbrennung, Verfütterung, Vergasung oder menschliche Ernährung, spielt im Entscheidungskalkül des Landnutzers keine Rolle.

Unterstellt man flächendeckende Absatzmöglichkeiten beliebiger Mengen zu gegebenem Preis, so gilt, dass alle Kulturpflanzen auf allen Standorten miteinander um die Produktionsfaktoren konkurrieren, unabhängig von ihrer späteren Verwendung. Bestehen Nachfragerestriktionen, wirken diese Konkurrenzbeziehungen entsprechend regional, das heißt bei transportunwürdigen Gütern in der Region der Verarbeitungsstätte

bzw. bei transportwürdigen Gütern auf den Standorten mit der höchsten verfahrensspezifischen Bodenrente.

Wird die Verwendung transportunwürdiger Biomasse und somit deren inländische Erzeugung stark gefördert und sind so konkurrenzfähige Bodenrenten zu erzielen, ist damit zu rechnen, dass transportwürdige Produkte verdrängt und in stärkerem Maße importiert werden. Da Biomasse zur Verwendung als Nahrungsmittel vornehmlich transportwürdig ist, wäre eine politikgetriebene Verschiebung der Anbauentscheidungen hin zu NAWARO zu erwarten.

Eine Einschränkung des Angebotspotenzials nachwachsender Rohstoffe auf die im ersten Absatz genannten Flächen (Stilllegung, Überschussabbau etc.) führt daher zu verzerrten Prognosen, da ausschließlich die relative Vorzüglichkeit der Produktionsalternativen über die Anbauentscheidung und den Anbauumfang entscheidet. Diese wird, bei annähernd gleichen Produktionssystemen für NAWARO und Nahrungsmittelpflanzen, maßgeblich durch Preise und Transferzahlungen bestimmt. Da die Zahlungen der EU weitgehend entkoppelt wurden und bis zum Jahr 2013 in eine einheitliche, flächenbezogene Regionalprämie überführt werden, haben sie keinen Einfluss auf Allokationsentscheidungen der Landnutzer. Die an bestimmte Kulturpflanzen und Verwendungszwecke gekoppelten direkten und indirekten Transferzahlungen für nachwachsende Rohstoffe sowie mittelbar durch das EEG festgelegte Produktpreise beeinflussen hingegen die Allokationsentscheidungen maßgeblich. Daher verdrängt bereits jetzt die Biomasseproduktion zur Verwendung außerhalb des Ernährungssektors die Nahrungsproduktion, auch auf nicht stillgelegten oder durch Ertragssteigerungen und Überschussabbau freiwerdenden Flächen. Das Flächenpotenzial entspricht daher theoretisch der gesamten zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Nutzfläche. In welchem Umfang diese nun für welche Kulturpflanze eingesetzt wird, lässt sich allein durch erstgenannte Abschätzungen nicht ermitteln.

Ausschließliche Betrachtungen der Standorteignung bzw. der Bodenrente einer bestimmten Kulturpflanze, d.h. die Identifizierung von Gunststandorten, ermöglichen keine Bestimmung der Anbauwürdigkeit. Entsprechend lassen sich über die Relationen der Bodenrenten Aussagen über die Konkurrenzfähigkeit der Kulturpflanzen und deren räumliche Verteilung treffen. Pflanzenbauliche, technologische und politische Gründe führen zum Anbau in Fruchtfolgen, weshalb nicht nur die bodenrentenmaximale, sondern auch nachfolgende Kulturpflanzen betrachtet werden müssen. In den Simulationen wird unterstellt, dass Landnutzer zunächst die bodenrentenmaximale Kulturpflanze bis zum zulässigen Anbauumfang ausdehnen und anschließend nach gleichem Muster weitere Kulturpflanzen zu Fruchtfolgen zusammenfügen.

4.3.2 Szenarienannahmen für die Simulation des Angebotspotenzials in der deutschen Landwirtschaft

Produktpreise

Die für die Berechnungen angenommenen Preise sind aus zahlreichen Quellen zusammengetragen und in Tabelle 4.19 wiedergegeben.

Tabelle 4.19: Grundannahmen Basisszenarien 2010 und 2020

	Erzeugerpreis (je t FM)	Erzeugerpreis (je t FM)	Erzeugerpreis (je t FM)	Prognose (rel. €/t)	Realpreise +50%	Ertragszuwachs	Transportkosten
	2004/05	2010	2020	2020	2020	% p.a.	€/t*km
Weizen	103,73 €	104,35 €	104,40 €	1,01	209,40 €	1,8%	2,8+0,09x
Gerste	100,77 €	99,76 €	98,73 €	0,98	203,43 €	1,4%	2,8+0,09x
Roggen	79,65 €	85,67 €	91,69 €	1,15	160,80 €	1,4%	2,8+0,09x
Triticale	87,62 €	88,26 €	88,19 €	1,01	176,90 €	1,4%	2,8+0,09x
Getreide-GP	42,00 €	42,25 €	42,25 €	1,01	84,80 €	1,5%	6,75+0,32x
Getreide-GPS	25,00 €	25,15 €	25,16 €	1,01	50,50 €	1,5%	2,8+0,09x
Raps	192,52 €	199,40 €	212,00 €	1,10	402,50 €	2,1%	2,8+0,09x
Körnermais	100,50 €	101,10 €	101,15 €	1,01	202,90 €	2,1%	2,8+0,09x
Silomais	25,00 €	25,15 €	25,16 €	1,01	50,50 €	2,1%	2,8+0,09x
Zuckerrübe	46,00 €	3,00 €	3,00 €	0,07	47,40 €	1,4%	0,00
Stärkekartoffel	66,70 €	54,77 €	54,77 €	0,82	80,59 €	1,4%	2,8+0,09x
Sonnenblumen	173,27 €	179,46 €	190,80 €	1,10	349,80 €	0,9%	2,8+0,09x
Ethanolrübe	23,48 €	23,48 €	23,48 €	1,00	47,40 €	1,4%	1,4+0,045x
Pappel	22,00 €	22,13 €	22,14 €	1,01	44,40 €	0,9%	2,8+0,09x
Öllein	192,52 €	199,40 €	212,00 €	1,10	388,70 €	0,9%	2,8+0,09x
Miscanthus	38,33 €	38,56 €	38,58 €	1,01	77,40 €	0,9%	6,75+0,32x
Faserlein	69,00 €	69,41 €	69,45 €	1,01	139,30 €	0,9%	6,75+0,32x
Faserhanf	80,00 €	80,48 €	80,52 €	1,01	161,50 €	0,9%	6,75+0,32x

Quelle: Eigene Darstellung (Annahme zu Transportkosten: Bei Zuckerrüben werden die Transportkosten vollständig, bei Ethanolrüben zur Hälfte vom Abnehmer übernommen)

Angesichts der widersprüchlichen Prognosen der OECD und des FAPRI (vgl. 3.1.2.1) wurden für Getreide weitestgehend konstante Preise unterstellt. Der Roggenpreis wird in Relation zu anderem Getreide angehoben, da für Roggen zusätzliche Verwertungsmöglichkeiten neben der Verfütterung entstehen und dieser deshalb stärker über den Energiegehalt bewertet werden wird. Da der Markt bereits begonnen hat, Roggen in Relation zu Weizen höher zu bewerten, sind steigende, durchschnittliche Roggenpreise eine plausible Entwicklungsmöglichkeit. Die Preise von Ölsaaten wurden angesichts der Prognosen steigender Rapsnotierungen der OECD, steigender Preisprognosen des FAPRI für Rapsöl und des beschlossenen Beimischungszwangs in der EU angehoben.

Die Preise für Zuckerrüben, Ethanolrüben und Stärkekartoffeln basieren auf Prognosen der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Goldhofer 2006), Anbauangeboten der Rübenverarbeiter (Südzucker 2006) sowie aktuellen Auszahlungspreisen (Wortel 2006) und wurden konstant gehalten. Die Preise der Produkte ohne amtliche Notierungen wurden aus Anbauempfehlungen verschiedener landwirtschaftlicher Landesanstalten, Angaben von Verbänden sowie Verarbeitern entnommen.

Da Verarbeiter die unterstellten Nachfragemengen transportwürdiger Rohstoffe auf dem Weltmarkt beziehen können, ist eine Steigerung der Energiepflanzenpreise über die jeweiligen Importpreise nicht zu erwarten, es sei denn die Verwendung inländischer Rohstoffe wird vorgeschrieben, was derzeit nicht der Fall ist. Bei transportunwürdigen Produkten wie Silomais werden sich die Preise gemäß den administrativ festgelegten Vergütungen bzw. Verwendungsverpflichtungen einstellen. Diese Reaktion ist bereits zu beobachten und wurde bei den Preisannahmen berücksichtigt.

Transportkosten

Die Standorte der Verarbeitungsstätten sind in ihrer Gesamtheit nicht bekannt, da sich Rohstoffangebot- und -nachfrage häufig noch entfalten und zugehörige Anlagen noch geplant oder gebaut werden müssen. Teilweise befinden sich die Prozessketten noch in der Entwicklung, bspw. Miscanthus-BTL. In den Szenarien wird angenommen, dass Verarbeitungsstätten für alle Rohstoffe zur Verfügung stehen. Daher werden bundesweit durchschnittliche Transportentfernungen angenommen. Die Betrachtung von Einzelstandorten kann zu Verschiebungen der Vorzüglichkeit führen, da die Transportkosten insbesondere bei transportunwürdigen Gütern die Bodenrentenverhältnisse maßgeblich beeinflussen. Bei sonst gleichen Bedingungen wäre folglich die Konkurrenzkraft von bspw. Kurzumtriebspappeln in unmittelbarer Nähe einer Verarbeitungsstätte höher, als dies über Durchschnittswerte abgebildet wird. Tabelle 4.19 enthält die Transportkosten je Tonne FM aufgeschlüsselt in mengen- sowie mengen- und entfernungsabhängige Kosten.

Technologische Entwicklung

Für sämtliche Produktionsprozesse wird angenommen, dass die erforderliche Verfahrenstechnik zur Verfügung steht. Ertragszuwächse durch technische Fortschritte wurden kulturpflanzenpezifisch berücksichtigt, siehe hierzu Tabelle 4.19. Weiterhin wurden Entwicklungen landwirtschaftlicher Löhne, Maschinenkosten und Arbeitszeitbedarfe gemäß den aus Zeitreihen abgeleiteten Trends (vgl. Abschnitt 3.1.2.2) berücksichtigt.

Mögliche Auswirkungen eines eventuellen Klimawandels finden angesichts der unzureichend abgesicherten Datengrundlage keine Beachtung.

Agrarpolitische und agrarökonomische Entwicklung

Die zum jetzigen Zeitpunkt geltende bzw. in Umsetzung befindliche Förder- und Agrarpolitik (vgl. Abschnitt 3.1) wurde weitestgehend über 2013 hinaus fortgeschrieben. Für Zuckerrüben und Stärkekartoffeln wurde eine Fortsetzung der Quotenregelung angenommen. Für Kurzumtriebspappeln wurde die Anbaumöglichkeit außerhalb von Stilllegungsflächen unterstellt. Zunehmender internationaler Wettbewerb und Änderungen der politischen und makroökonomischen Rahmenbedingungen, insbesondere Außenschutz, Wechselkursverhältnisse, Transferzahlungen und Verwendungsaufgaben können signifikant von den Szenarienannahmen abweichende Bedingungen bedeuten, was zu entsprechend anderen Potenzialen führen würde.

Flächenpotenzial

Grundsätzlich simuliert ProLand land- und forstwirtschaftliche Landnutzungssysteme einschließlich Grünland. In dieser Studie werden allerdings nur Ackerbauverfahren untersucht, weshalb als Flächenpotenzial im Ausgangspunkt die derzeitige Ackerfläche zur Verfügung steht. Simulationen werden nur auf Ackerflächen für ackerbauliche Landnutzungssysteme (vgl. Tabelle 2.2) durchgeführt. Sonderkulturen und Nischenprodukte wie Obst, Gemüse, Tabak, Hopfen sowie ökologischer Landbau werden explizit ausgenommen, d. h. die zur Verfügung stehende Anbaufläche dementsprechend korrigiert. Zusätzlich wird die Fläche um die voraussichtliche, durchschnittliche, tägliche Flächenumwandlung von landwirtschaftliche in anderweitige Nutzung von 95 ha pro Tag (BBR 2006, Dosch 2006) reduziert. Insgesamt stehen somit 2010 etwa 10,7 und 2020 10,4 Mio. ha beplanbare Ackerfläche zur Verfügung.

Energiepflanzenbeihilfe

Der Anbau von Energiepflanzen wird derzeit mit 45 € je Hektar gefördert. In der gesamten EU werden Energiepflanzenbeihilfen für bis zu 1,5 Mio. ha gezahlt und bei weiterer Ausdehnung anteilig gekürzt. Bereits im Jahr 2010 werden in Deutschland mehr als 1,6 Mio. ha Ackerfläche für den Energiepflanzenanbau genutzt werden (vgl. Tabelle 6.1 auf S. 168). Dies führt zu sinkenden, absoluten Beträgen je ha. Hinzu kommt, dass sich die Preisrelationen von Nahrungs- und Energiepflanzen bei den unterstellten Rahmenbedingungen und Verhaltensannahmen so anpassen werden, dass der Grenzanbieter indifferent zwischen dem vertraglich gebundenen Energiepflanzenanbau und dem freien Anbau von Nahrungsmitteln wäre. Insgesamt ist daher davon auszugehen, dass die Beihilfe in Zukunft kaum entscheidungsrelevant sein wird.

und Anbauentscheidungen folglich fast ausschließlich durch die Produktpreise bestimmt werden.

4.3.3 Angebotspotenziale und relative Vorzüglichkeiten der betrachteten Kulturpflanzen

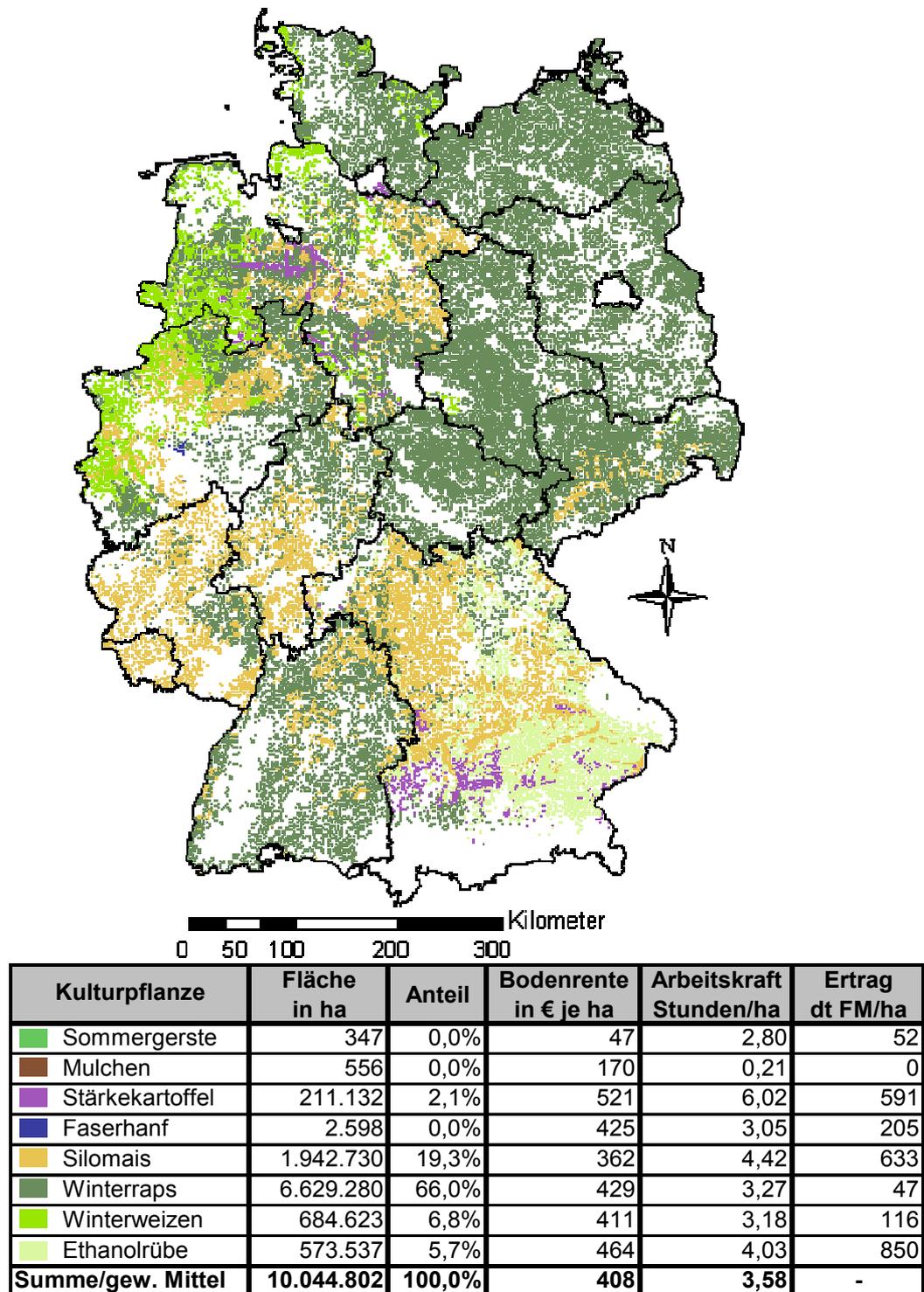
Unter Beibehaltung der derzeitigen Transport- und Auszahlungsregelungen (Südzucker 2006b) und ohne Produktionsquote wären Zuckerrüben zur Zuckergewinnung auf nahezu allen Ackerbaustandorten die bodenrentenmaximale Kultur. Auf Grund der genannten Quotierung wurde die Produktion nur bis zur derzeit gewährten Höchstmenge zugelassen. Folgende Aussagen und Darstellungen verstehen sich daher ohne Berücksichtigung der Zuckerrübe zur Zuckerherstellung.

Abbildung 4.2 bis Abbildung 4.4 stellen die räumliche Verteilung der Kulturpflanzen in Deutschland im Jahr 2020 geordnet nach erst-, zweit- und dritthöchster Bodenrente dar. Diese Anordnung nach Bodenrente auf einem Standort wird modellendogen für alle simulierten Pflanzen fortgesetzt, das heißt auch für die viert-, fünft höchsten usw. Tabelle 4.20 enthält die Flächenanteile der Ränge eins bis fünf.

Unter den angenommenen Rahmenbedingungen des Szenarios 2020 sind Winterraps, Silomais, Winterweizen und Ethanolrüben auf nahezu der gesamten Ackerfläche die konkurrenzstärksten Kulturpflanzen. Auf rund 78 % der Fläche sind Winterweizen, Silomais und Winterraps die Kulturen mit der zweihöchsten Bodenrente, auf gut 52 % die mit der dritthöchsten. Berücksichtigt man Wintergerste und Ethanolrüben, werden etwa 94 % bzw. 91 % der untersuchten Fläche abgedeckt. Betrachtet man die kumulierten Flächenanteile, zeigt sich die Dominanz von Winterraps, Winterweizen und Silomais noch deutlicher. Auf fast 100 % der betrachteten Ackerfläche ist Winterraps unter den ersten drei Rängen, Silomais auf 63 % und Winterweizen auf etwa 62 %. Winterraps ist somit in allen Regionen vertreten, Silomais nicht in Nord- und Nordostdeutschland, wo Weizen und Gerste relativ höhere Bodenrenten erzielen. Wintergerste ist auf rund 29 % der Fläche zweit- oder drittbeste Kultur. Der Ethanolrübenanbau erzielt dagegen in Süddeutschland relativ höhere Bodenrenten. Er ist auf rund 31 % das erst-, zweit- oder drittbeste Verfahren.

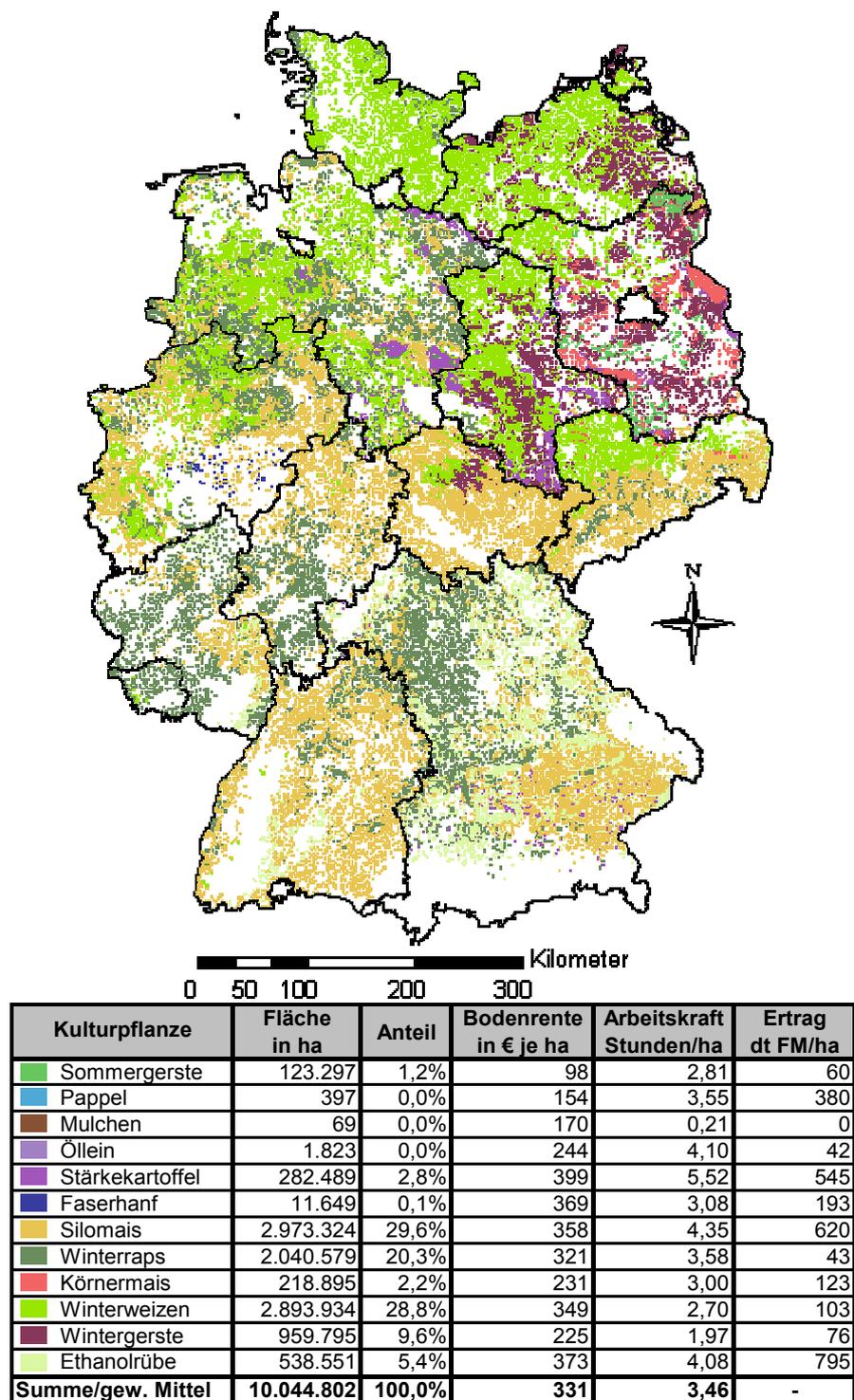
Die ausgewiesene Arbeitskraft in Stunden je Hektar entspricht dem verfahrensspezifischen Arbeitszeitbedarf und muss zur Bestimmung des Gesamtbedarfs noch um Zeiten für Leitung und allgemeine Betriebsarbeiten erhöht werden. Die relative Vorzüglichkeit der Produktionsverfahren wird dadurch nicht verschoben. Die ausgewiesene Bodenrente berücksichtigt diese Kosten.

Abbildung 4.2: Flächenverteilung und -anteile der besten, nach Bodenrente sortierten Kulturpflanzen im Basisszenario 2020



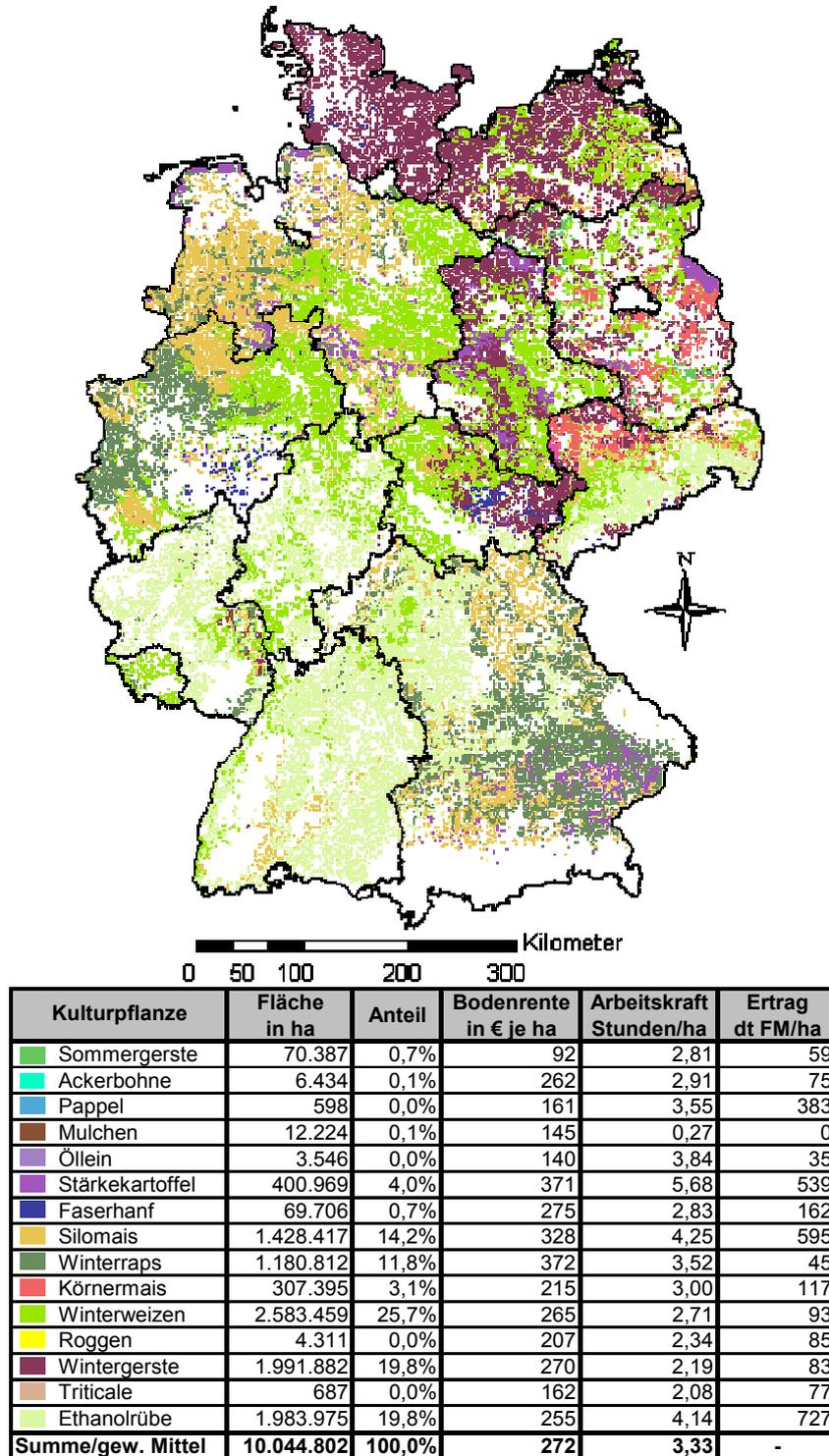
Quelle: Eigene Darstellung ProLand-Modell (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

Abbildung 4.3: Flächenverteilung und -anteile der zweitbesten, nach Bodenrente sortierten Kulturpflanzen im Basisszenario 2020



Quelle: Eigene Darstellung ProLand-Modell (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

Abbildung 4.4: Flächenverteilung und -anteile der drittbesten, nach Bodenrente sortierten Kulturpflanzen im Basisszenario 2020



Quelle: Eigene Darstellung ProLand-Modell (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

Tabelle 4.20: Flächenanteile der Ränge eins bis fünf der nach Bodenrente sortierten Kulturpflanzen im Basisszenario 2020

Kulturpflanze	erstbeste		zweitbeste		drittbeste		viertbeste		fünftbeste		kumulierte Flächen-anteile
	Fläche in ha	Anteil	Fläche in ha	Anteil	Fläche in ha	Anteil	Fläche	Anteil	Fläche	Anteil	
Sommergerste	347	0,0%	123.297	1,2%	70.387	0,7%	383.248	3,8%	925.510	9,2%	15,0%
Futtererbse	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	203	0,0%	439	0,0%	0,0%
Ackerbohne	0	0,0%	0	0,0%	6.434	0,1%	193.631	1,9%	808.657	8,1%	10,0%
Pappel	0	0,0%	397	0,0%	598	0,0%	36.637	0,4%	130.231	1,3%	1,7%
Mulchen	556	0,0%	69	0,0%	12.224	0,1%	10.517	0,1%	101.126	1,0%	1,2%
Öllein	0	0,0%	1.823	0,0%	3.546	0,0%	13.109	0,1%	33.027	0,3%	0,5%
Stärkekartoffel	211.132	2,1%	282.489	2,8%	400.969	4,0%	557.011	5,5%	158.749	1,6%	16,0%
Faserhanf	2.598	0,0%	11.649	0,1%	69.706	0,7%	319.467	3,2%	348.849	3,5%	7,5%
Silomais	1.942.730	19,3%	2.973.324	29,6%	1.428.417	14,2%	1.157.989	11,5%	620.190	6,2%	80,9%
Winterraps	6.629.280	66,0%	2.040.579	20,3%	1.180.812	11,8%	193.346	1,9%	447	0,0%	100,0%
Körnermais	0	0,0%	218.895	2,2%	307.395	3,1%	1.095.331	10,9%	2.339.434	23,3%	39,4%
Winterweizen	684.623	6,8%	2.893.934	28,8%	2.583.459	25,7%	2.450.211	24,4%	896.595	8,9%	94,7%
Roggen	0	0,0%	0	0,0%	4.311	0,0%	61.758	0,6%	453.425	4,5%	5,2%
Wintergerste	0	0,0%	959.795	9,6%	1.991.882	19,8%	1.668.035	16,6%	2.145.954	21,4%	67,4%
Triticale	0	0,0%	0	0,0%	687	0,0%	3.631	0,0%	29.515	0,3%	0,3%
Ethanolrübe	573.537	5,7%	538.551	5,4%	1.983.975	19,8%	1.900.678	18,9%	1.052.654	10,5%	60,2%
Summe	10.044.802	100,0%	-								

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

Bodenrentenmaximierende Landnutzer würden daher auf einem Großteil der Ackerfläche Kulturen aus der Menge Zuckerrüben, Raps, Silomais, Winterweizen, Ethanolrüben, Wintergerste und Körnermais wählen und unter Berücksichtigung der genannten integrierenden Kräfte Fruchtfolgen erstellen. Daraus lässt sich schließen, dass neue und einige traditionelle, zur energetischen Verwertung geeignete Kulturpflanzen wie Miscanthus, Energiegetreidepflanzen oder Roggen sowie zur stofflichen Verwertung vorgesehener Faserlein ohne Preissteigerungen bzw. Transferzahlungen nicht konkurrenzfähig sein werden. Die Dominanz oben genannter Kulturpflanzen lässt sich auf relativ höheren Ertragsfortschritt von Winterraps, Winterweizen und Silomais sowie steigende Preise bei Rapssaat und Rapsöl zurückführen. Ethanolrüben sind vor allem auf Grund des Außenschutzes und der durch die Verarbeitungsindustrie gewährten Transportsubventionen sehr konkurrenzfähig.

Ausgehend von den genannten Konkurrenzverhältnissen und Verhaltensannahmen wurden unter Berücksichtigung technologischer, pflanzenbaulicher und agrarpolitischer Einflüsse Fruchtfolgen modellendogen gebildet und so die potenziellen Anbauumfänge der jeweiligen Kulturpflanzen ermittelt. Auf diese Weise lässt sich abschätzen, welche Mengen bodenrentenmaximierende Landnutzer zu welchen Preisen bereitstellen würden. Tabelle 4.21 fasst die Flächen und zugehörige Angebotspotenziale für die Basis-szenarien 2010 und 2020 zusammen. Die Flächenangaben verstehen sich ohne Zuckerrüben und gemäß dem in Abschnitt 4.3.2 genannten Flächenpotenzial.

Tabelle 4.21: Flächen und Angebotspotenziale in den Basisszenarien 2010 und 2020

Szenario	2010			2020		
	Kulturpflanze	Fläche	Anteil	Menge in t	Fläche ha	Anteil
Sommergerste	76.518	1%	398.315	73.150	1%	436.290
Ackerbohne	65.616	1%	424.722	10.095	0%	70.178
Pappel	22.567	0%	783.210	0	0%	0
Mulchen	18.507	0%	0	903	0%	0
Stärkekartoffel	387.217	4%	19.294.272	290.085	3%	16.144.651
Faserhanf	32.003	0%	528.813	8.955	0%	173.778
Silomais	3.101.997	30%	157.077.334	3.186.486	32%	198.908.756
Winterraps	2.199.754	21%	8.210.212	2.405.554	24%	11.118.738
Körnermais	66.934	1%	661.351	129.160	1%	1.550.656
Winterweizen	2.173.984	21%	18.838.057	2.693.283	27%	26.992.372
Roggen	445	0%	4.117	9.701	0%	93.916
Wintergerste	1.785.957	17%	12.178.089	935.374	9%	7.356.911
Triticale	144	0%	990	117	0%	895
Ethanolrübe	400.152	4%	28.533.337	301.938	3%	25.229.550
Summe	10.331.796	100%		10.044.802	100%	

Quelle: Eigene Darstellung (Datengrundlage: ProLand-Berechnungen)

Im Jahr 2020 ist Silomais mit fast 3,2 Mio. ha Anbaufläche und einem Flächenanteil von 32 % die dominierende Kulturpflanze. Winterweizen folgt mit knapp 2,7 Mio. ha auf gut 27 % der Fläche, Raps liegt mit 2,4 Mio. ha und 24 % Flächenanteil auf Rang drei.

Im weiteren Verlauf werden die Angebotspotenziale bezogen auf 2020 näher analysiert. Bei neuen Produkten wie bspw. Faserhanf, Kurzumtriebspappeln oder Miscanthus sowie bei bereits in größerem Umfang angebauten, nicht transportwürdigen Produkten mit neuen Verwendungszwecken wie Ethanolrüben oder Silomais werden zusätzlich Bodenrentenkarten ausgewiesen, die die jeweiligen Gunststandorte identifizieren.

4.3.3.1 Getreidepflanzensilage (Energiegetreidepflanzen Biogas)

Bisher konnte Getreideganzpflanzensilage (GPS) nur in der Widerkäuferfütterung eingesetzt werden. Mit Einführung der garantierten Auszahlungspreise des EEG entstand eine in der Menge unbeschränkte Verwertungsmöglichkeit in Biogasanlagen. Da Getreideganzpflanzensilage ein transportunwürdiges Gut ist, resultiert daraus eine Förderung der inländischen Erzeugung mit dezentraler Verarbeitung.

Der durchschnittliche Ertrag der betrachteten Pflanzen Roggen liegt mit knapp 19 t FM/ha unter durchschnittlichen Silomaiserträgen von rund 62 t FM/ha. Der Methanertrag je Tonne FM liegt mit 180 m³ auf dem Niveau des Silomaises (FNR 2004). Daher ist der zu erzielende Preis je Tonne FM ebenfalls mit rund 25 € anzusetzen. Auf Grund der höheren Frischmasse- und damit Gaserträgen je Hektar ist der Silomaisanbau insgesamt jedoch überlegen. Zudem kann der Fruchtfolgeanteil des Getreides an vielen Standorten nicht weiter ausgedehnt werden. Eine Integration des Silomaises bietet auf diesen Standorten aus pflanzenbaulicher und arbeitswirtschaftlicher Sicht zusätzliche Vorteile. Aus genannten Gründen wird in den Basisszenarien dementsprechend kein Angebotspotenzial ausgewiesen.

Betriebliche Gründe können dennoch zum Anbau von GPS führen. Derzeitige Untersuchungen der Vergärungsleistungen deuten darauf hin, dass der Vergärungsprozess bei reinen NAWARO-Anlagen durch GPS positiv beeinflusst wird. Die Bewertung der GPS würde sich daher nicht nur aus dem spezifischen Methanertrag ergeben, sondern sich aus der Gesamtverbesserung berechnen. Bei bereits sehr silomaislastigen Fruchtfolgen könnte der Getreideanteil erhöht werden, woraus sich ebenfalls pflanzenbauliche und arbeitswirtschaftliche Vorteile ergäben. Mitunter können hofnahe Flächen über GPS als Vorfrucht zu Silomais oder mittels des Aufwuchses des Ausfallgetreides zweimal zur Biomassegewinnung genutzt werden. Die geschilderten Fälle können jedoch mit dem Modell ProLand nicht hinreichend abgedeckt werden.

Preissteigerungen sind angesichts der festgelegten Auszahlungspreise je kWh unrealistisch. Aus diesen Gründen werden keine weiteren Preis-Mengenpaare berechnet. Die Gunststandorte ergeben sich analog zu den Standorten des Roggenanbaus und werden daher nicht anhand einer relativen Bodenrentenkarte dargestellt.

4.3.3.2 Getreideganzpflanzen (Energiegetreidepflanzen)

Die Gunststandorte der Getreideganzpflanzenproduktion ergeben sich analog zur Produktion herkömmlichen Druschgetreides und werden daher nicht über eine Karte der relativen Bodenrenten dargestellt. Das Angebotspotenzial von Getreideganzpflanzen unterscheidet sich grundsätzlich nicht vom gesamten Getreideangebotspotenzial zuzüglich Stroh. Landnutzer stehen vor der Entscheidung, entweder die gesamte Pflanze zu Ballen gepresst zu verkaufen oder die Bestandteile Korn und Stroh getrennt zu verwerten. Berücksichtigt man eine veränderte Bestandesführung, liegen die Produktionskosten der Ganzpflanzen um etwa 50 bis 80 € je Hektar niedriger. Allerdings sind die Transportkosten der Gesamtpflanze im Vergleich zum Korn deutlich höher. Da der Erzeuger mindestens den aus Verkauf von Korn zu erzielenden Erlös abzüglich niedrigerer Produktionskosten aber zuzüglich höherer Transportkosten erzielen müsste, um sich für den Verkauf als Ganzpflanze zu entscheiden, müssten die Preise um 62 €/t FM bei niedrigen Transportentfernungen liegen.

Die in den Szenarienrechnungen unterstellten, auf den Energiegehalt angepassten Preise von rund 42 €/t FM leiten sich von den Preisen des Konkurrenzprodukts Pappel ab. Zu diesem Preis können selbst bei geringsten Transportentfernungen keine positiven Bodenrenten erzielt werden, weshalb kein Angebotspotenzial ausgewiesen wird. Auf die Darstellung von Preis-Mengen Paaren kann aus genannten Gründen verzichtet werden.

4.3.3.3 Ethanolrüben

Zusätzlich zum quotierten Anbau zur Gewinnung von Zucker soll zukünftig Ethanol aus Zuckerrüben gewonnen werden. Das Marktsegment wird durch die beiden Zuckerkonzerne Nordzucker und Südzucker dominiert. Erzeuger verpflichten sich für einen Zeitraum von vier bzw. fünf Jahren zur Lieferung einer vertraglich festgelegten Rübenmenge, die vorrangig zu beliefern ist und nicht in Abhängigkeit des Auszahlungspreises variiert.

Der Erzeugerpreis der Ethanolrüben wird voraussichtlich an den durchschnittlich erzielten Verkaufspreis des erzeugten Ethanols gekoppelt. Dieser dürfte mit dem in der Vergangenheit sehr stark schwankenden Importpreis korrelieren (vgl. 3.1.2.1). Bei dem von der Zuckerindustrie unterstellten Ethanolpreis von 0,55 €/l ergibt sich ein Stan-

dardethanolrübenpreis von 18 €/t. Der voraussichtliche Auszahlungspreis vor Transportkosten und unter Berücksichtigung von Zu- und Abschlägen beträgt im Bereich der Südzucker 23,48 €, für Nordzucker gelten nahezu identische Werte (Südzucker 2006a, Südzucker 2006c, Nordzucker, 2006). Der Auszahlungspreis bei Verwertung als Chemierohstoff wurde gleich dem Ethanolrübenpreis gesetzt.

Insgesamt besteht ein Angebotspotenzial von 25,2 Mio. t im Szenario 2020 das auf einer Anbaufläche von 302.000 ha erzeugt wird. Die für diesen Zeitpunkt erforderliche Angebotsmenge (Tabelle 4.18, S. 85) an Industrierüben von 10,2 Mio. t kann also mehr als bedient werden. Daher wurden keine weiteren Preis-Mengenpaare berechnet.

Tabelle 4.22 gibt die Anbauflächen und Angebotspotenziale gruppiert nach Bundesländern an.

Tabelle 4.22: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Ethanolrüben in den Basis-szenarien 2010 und 2020

Szenario	2010				2020			
	Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t	Anteil	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t
Baden-Württemberg	12	3%	796	3%	1	0%	53	0%
Bayern	350	88%	25.265	89%	293	97%	24.528	97%
Hessen	7	2%	444	2%	0	0%	1	0%
Niedersachsen	0	0%	2	0%	0	0%	2	0%
Rheinland-Pfalz	30	8%	1.998	7%	8	3%	645	3%
Sachsen	0	0%	3	0%	0	0%	2	0%
Sachsen-Anhalt	0	0%	25	0%	0	0%	0	0%
Summe	400	100%	28.508	100%	302	100%	25.230	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datengrundlage: ProLand-Berechnungen)

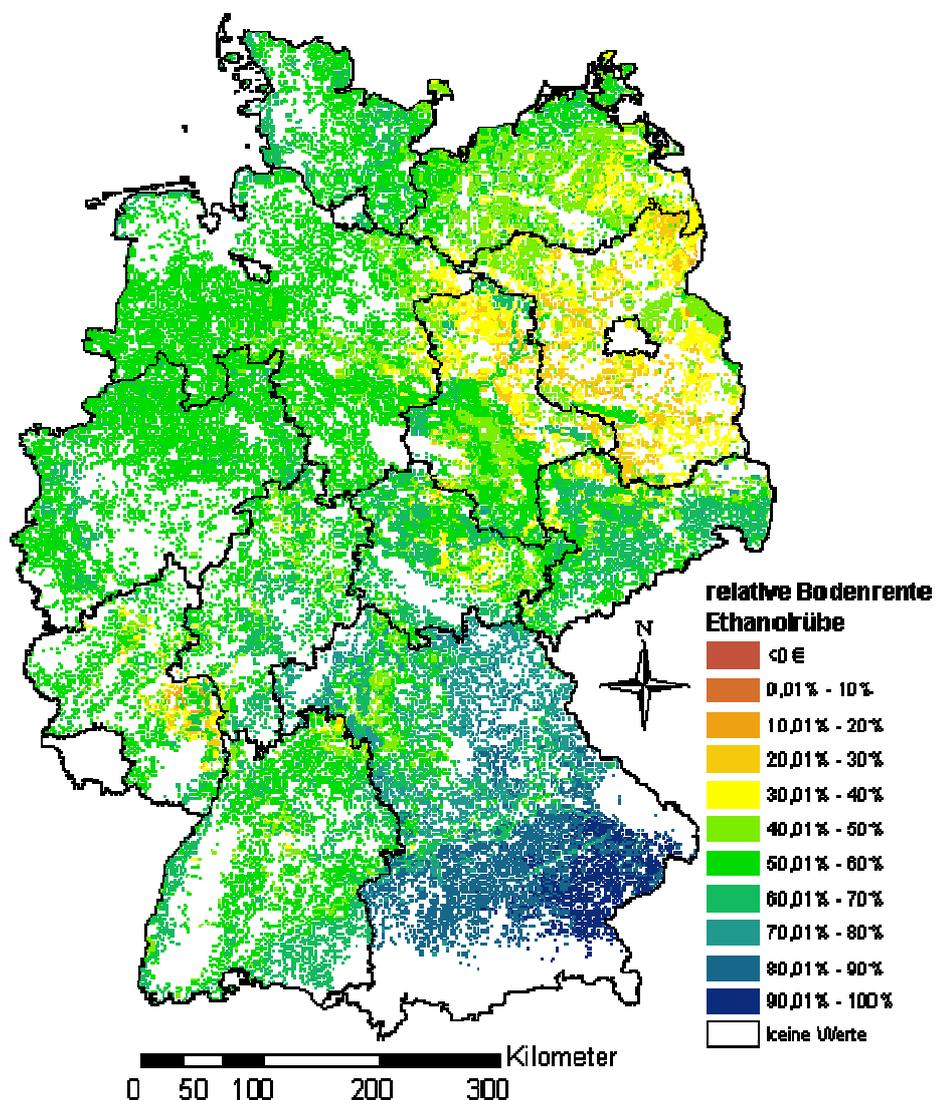
Sowohl die Fläche als auch die Angebotsmenge würden gegenüber 2004 ausgedehnt werden. In dem genannten Jahr wurden rund 1,3 Mio. t Industrierüben nachgefragt, wozu rund 20 Tsd. ha benötigt wurden.

Abbildung 4.5 weist mittels relativer Bodenrenten die besten Ethanolrübenstandorte im Szenario 2020 aus. Die relativ höchsten Bodenrenten werden in Bayern erzielt. Brandenburg, nördliches Sachsen-Anhalt sowie südliches Mecklenburg-Vorpommern schneiden relativ schlechter ab. Die restlichen Gebiete weisen eine vergleichsweise gleichmäßige Verteilung der Bodenrenten auf. Aussagen zur Anbauentscheidung sind jedoch nur durch Vergleich mit anderen Kulturpflanzen möglich (vgl. Kapitel 4.3.3)

Sollte der inländische Ethanolpreis in Zukunft absinken (vgl. hierzu Abschnitt 3.1.2.1), ergäben sich signifikante Verschiebungen der Anbauwürdigkeit der Ethanolrübe und somit des Angebotspotenzials. Ähnliches gilt für das Angebotspotenzial der Industrierüben (Chemierohstoff).

Der Großteil des Angebotspotenzials stammt aus Bayern. Dass derzeit auch in anderen Bundesländern Lieferverträge abgeschlossen werden, hat folgende, in den Annahmen liegende Ursache: Lieferverträge werden nur mit Zuckerrübenanbauern geschlossen und auch nur in dem Umfang, wie es die Verarbeitungskapazitäten zulassen. Es bestehen also raumbezogene Nachfragerestriktionen, deren Höhe nicht bekannt ist. Daher ist die Aussage richtig, dass die Ethanolrübe in Bayern am vorzüglichsten ist und dort ohne Nachfragerestriktionen auch angebaut würde.

Abbildung 4.5: Relative Bodenrenten von Ethanolrüben im Basisszenario 2020



Quelle: Eigene Darstellung ProLand-Modell (Datengrundlage: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.4 Faserhanf

Faserhanf zeichnet sich durch hohe Selbstverträglichkeit aus und ist aus phytosanitärer Sicht gut in Fruchtfolgen zu integrieren. Allerdings erschwert der späte Erntetermin Mitte/Ende August die Integration in Rapsfruchtfolgen. Die Gunststandorte des Faserhanfanbaus liegen in Nordrhein-Westfalen, Thüringen und Schleswig-Holstein. In den beiden zuletzt genannten Ländern ist jedoch Raps in weiten Teilen die bodenrentenmaximale Kulturpflanze. Deshalb wirkt der Erntetermin indirekt begrenzend auf das Angebotspotenzial.

Faserhanf wird als Ballen geerntet, weshalb das Erntegut nicht als Schüttgut transportiert und gelagert werden kann, sondern gestapelt wird. Dadurch erhöhen sich die Transport- und Lagerkosten je Tonne. Die Nutzung ist also mit relativ höheren Transportkosten belastet. Dies bedeutet, dass der Faserhanfanbau mit zunehmender Entfernung zum Verarbeitungsstandort trotz hoher Biomasseerträge und geringer Sachkosten schnell an Konkurrenzfähigkeit verliert. Dies und mangelnde Absatzmöglichkeiten auf Spotmärkten werden voraussichtlich dazu führen, dass sich der Anbau auf Gunststandorte in unmittelbarer Nähe zur Verarbeitungsstätte konzentrieren wird.

Im Basisszenario 2020 besteht ein Angebotspotenzial von gut 173.000 t. Die für diesen Zeitpunkt erforderliche Angebotsmenge (Tabelle 4.18, S. 85) von 324.000 t kann also zum angenommenen Basispreis nicht bedient werden. Daher wurden im Szenario 2020 weitere Preis-Mengenpaare berechnet. Bereits bei geringfügigen Preissteigerungen um 10 % werden auf etwa 283.000 ha rund 4 Mio. t Faserhanf angebaut. Die Schwerpunkte liegen in Brandenburg, Nordrhein-Westfalen sowie Thüringen.

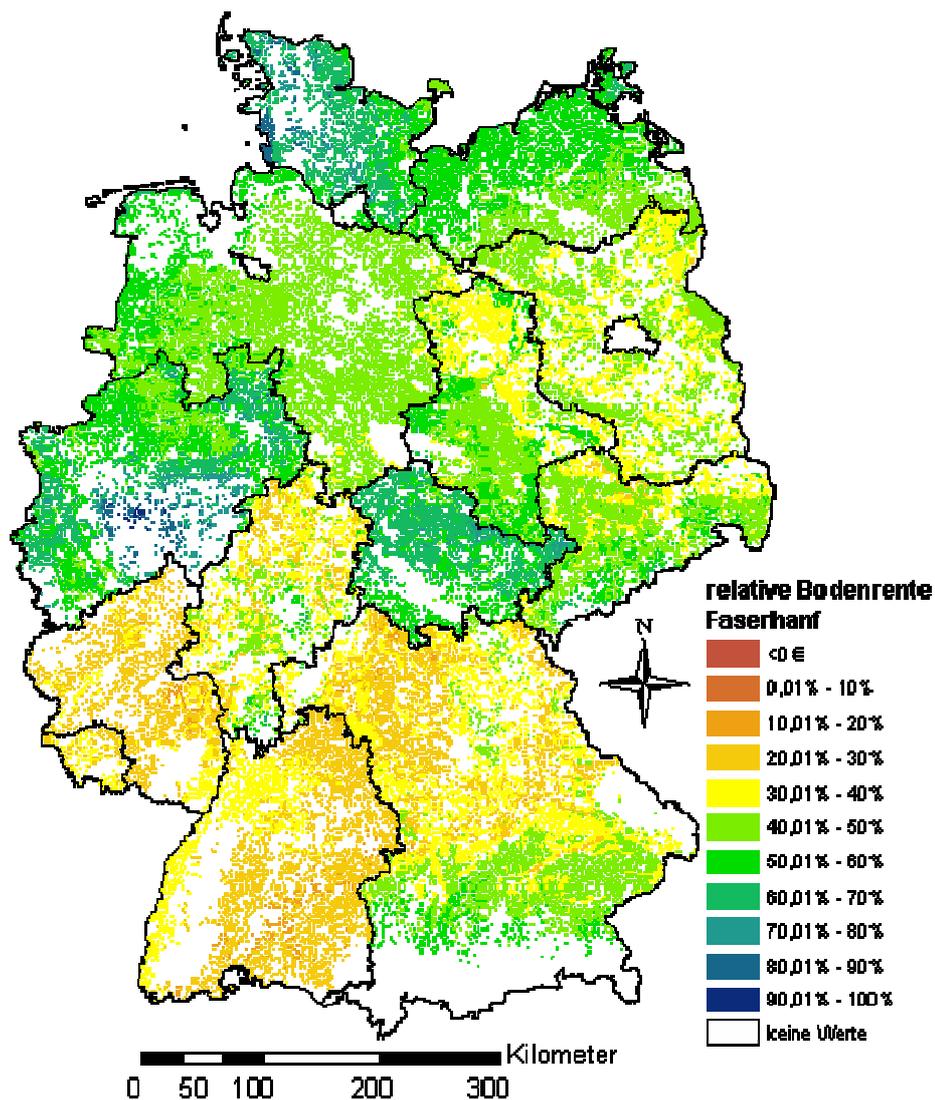
Tabelle 4.23: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Faserhanf im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen

Szenario	2020			
	Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t
Berlin	0	0%	3	0%
Brandenburg	116	41%	1.323	33%
Hessen	1	0%	17	0%
Mecklenburg-Vorpommern	14	5%	188	5%
Nordrhein-Westfalen	54	19%	970	24%
Sachsen	3	1%	47	1%
Sachsen-Anhalt	0	0%	3	0%
Schleswig-Holstein	35	12%	572	14%
Thüringen	60	21%	933	23%
Summe	283	100%	4.057	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datengrundlage: ProLand-Berechnungen)

Abbildung 4.8 weist mittels relativer Bodenrenten die besten Standorte für Faserhanf im Szenario 2020 aus. Deutliche Gunststandorte liegen in Nordrhein-Westfalen, Thüringen, Sachsen und Bayern. Aussagen zu Anbauentscheidung sind jedoch nur durch Vergleich mit anderen Kulturpflanzen möglich (vgl. Kapitel 4.3.3).

Abbildung 4.6: Relative Bodenrente für Faserhanf im Basisszenario 2020



Quelle: Eigene Darstellung ProLand-Modell (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.5 Faserlein

Faserlein zeichnet sich durch geringe Verträglichkeit mit sich selbst und Raps aus. Er ist daher nur zulasten des Rapsanteils in Fruchtfolgen zu integrieren. Faserlein wird als Ballen geerntet, weshalb das Erntegut nicht als Schüttgut transportiert und gelagert werden kann, sondern gestapelt wird. Dadurch erhöhen sich die Transport- und Lagerkosten je Tonne. Die Nutzung ist also mit relativ höheren Transportkosten belastet. Dies bedeutet, dass der Faserleinanbau mit zunehmender Entfernung zum Verarbeitungsstandort schnell an Konkurrenzfähigkeit verliert. Dies und mangelnde Absatzmöglichkeiten auf Spotmärkten werden voraussichtlich dazu führen, dass sich der Anbau auf Gunststandorte in unmittelbarer Nähe zur Verarbeitungsstätte konzentrieren wird.

Im Basisszenario 2020 besteht kein Angebotspotenzial. Die für diesen Zeitpunkt erforderliche Angebotsmenge (Tabelle 4.18, S. 85) von 265.000 t kann also zum angenommenen Basispreis nicht bedient werden. Daher werden für das Basisszenario 2020 weitere Preis-Mengenpaare berechnet. Zur Bereitstellung von Faserlein in den prognostizierten Nachfragemengen ist eine Preissteigerung zwischen 20 % bis 30 % auf etwa 87 € je Tonne FM nötig. Bei 30 % Preissteigerung werden die in Tabelle 4.24 angegebenen Mengen angeboten.

Tabelle 4.24: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Faserlein im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen

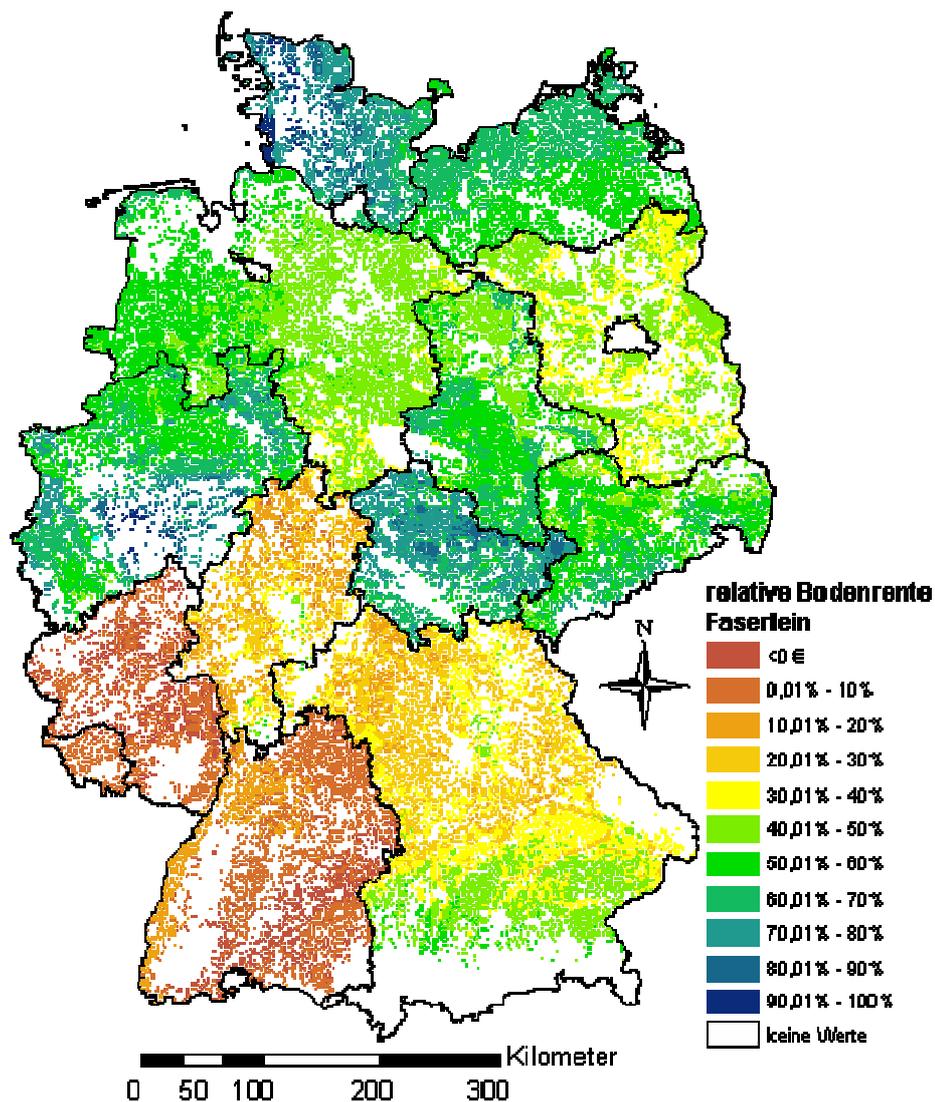
Szenario	2020			
Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t	Anteil
Bayern	15	0%	151	0%
Brandenburg	6.901	14%	59.905	11%
Hessen	1.062	2%	12.982	2%
Mecklenburg-Vorpommern	117	0%	907	0%
Niedersachsen	750	2%	7.274	1%
Nordrhein-Westfalen	6.638	14%	92.110	17%
Saarland	54	0%	497	0%
Sachsen	5.994	12%	61.404	11%
Sachsen-Anhalt	64	0%	650	0%
Schleswig-Holstein	3.528	7%	46.963	9%
Thüringen	22.923	48%	257.124	48%
Summe	48.045	100%	539.966	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

Abbildung 4.8 weist mittels relativer Bodenrenten die besten Standorte für Faserlein im Szenario 2020 aus. Deutliche Gunststandorte liegen in Nordrhein-Westfalen, Thüringen und Schleswig-Holstein. Aussagen zur Anbauentscheidung sind jedoch nur durch

Vergleich mit anderen Kulturpflanzen möglich (vgl. Kapitel 4.3.3). In den beiden zuletzt genannten Ländern ist jedoch Raps in weiten Teilen die bodenrentenmaximale Kulturpflanze. Deshalb wirken Fruchtfolgerestriktionen begrenzend auf das Angebotspotenzial.

Abbildung 4.7: Relative Bodenrente für Faserlein im Basisszenario 2020



Quelle: Eigene Darstellung ProLand-Modell (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.6 Getreidedruschfrüchte (Weizen, Gerste, Roggen, Triticale, Körnermais)

Getreide sind transportwürdige Güter, die international gehandelt werden. Die indirekte Förderung der Inlandsproduktion, wie sie bspw. bei Silomais erfolgt, ist nicht gegeben. Tabelle 6.1 weist für Gerste und Triticale keine NAWARO-Nachfrage aus. Aus diesem Grund wird auf eine weitere Diskussion dieser Früchte verzichtet. Zwischen den Getreideprodukten bestehen vor allem in den Verwendungsbereichen Energie und biogene Kraftstoffe Substitutionsbeziehungen, weshalb bspw. mangelndes Roggenangebot durch Gerste substituiert werden kann. Tabelle 4.25 enthält die Anbauflächen und Angebotspotenziale der betrachteten Getreidearten.

Weizen bleibt die bedeutendste Druschfrucht. Sein Angebotspotenzial liegt im Szenario 2010 bei rund 18,8 Mio. t, das auf etwa 2,2 Mio. ha erzeugt wird, im Szenario 2020 bei etwa 27 Mio. t, das auf etwa 2,7 Mio. ha erzeugt wird. Die erforderliche Angebotsmenge (Tabelle 4.18, S. 85) kann problemlos bedient werden. Auf eine Darstellung der relativen Bodenrenten wird verzichtet (vgl. hierzu auch Abbildung 4.2 bis Abbildung 4.4).

Körnermais verzeichnet Rückgänge der Anbaufläche und somit des Angebotspotenzials gegenüber 2005. Dies ist auf die durch das EEG gestiegene Vorzüglichkeit des Silomaisanbaus zurückzuführen. Silomais wird auf typischen Körnermaisstandorten wie Baden-Württemberg oder Bayern bis zum maximal zulässigen Anbauumfang ausgedehnt und der Körnermais so aus der Fruchtfolge gedrängt. Da die erforderliche Angebotsmenge von rund 138.000 t bedient wird, werden keine weiteren Preis-Mengenpaare berechnet.

Roggen und die verwandte Triticale weisen gegenüber der tatsächlichen Nutzung 2005 (destatis 2006) deutlich geringere Anbauflächen auf. Dies liegt vor allem an den in Relation zu anderem Getreide niedrigen Preisen. Die seit Anfang des Jahrzehnts um gut ein Viertel zurückgegangene Anbaufläche verdeutlicht, dass der Roggenanbau zu den in den genannten Jahren zu erzielenden Preisen keine konkurrenzfähigen Bodenrenten erzielt. Nach Maßgabe des Energiegehaltes bewertet, müsste der Roggenpreis in etwa auf Niveau des Weizens liegen. Da Roggen in Relation zu Weizen aktuell bereits höher bewertet wird (aktuell identische Notierungen für Weizen und Roggen), sind 20-30 % höhere, durchschnittliche Roggenpreise eine plausible Entwicklungsmöglichkeit. Zu Preisen von rund 105 € je Tonne würden etwa 8,1 Mio. t angeboten werden. Tabelle 4.26 gibt die entsprechenden Anbauflächen und Angebotspotenziale gruppiert nach Bundesländern an.

Tabelle 4.25: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Getreide in den Basisszenarien 2010 und 2020

Pflanze	Szenario	2010				2020			
		Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t	Anteil	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t
Weizen	Baden-Württemberg	70	3%	542	3%	116	4%	1.046	4%
	Bayern	128	6%	903	5%	143	5%	1.255	5%
	Berlin	0	0%	2	0%	0	0%	3	0%
	Brandenburg	59	3%	370	2%	178	7%	1.340	5%
	Bremen	1	0%	5	0%	1	0%	6	0%
	Hamburg	4	0%	37	0%	4	0%	44	0%
	Hessen	59	3%	497	3%	81	3%	801	3%
	Mecklenburg-Vorpommern	238	11%	1.886	10%	353	13%	3.366	12%
	Niedersachsen	599	28%	5.520	29%	565	21%	6.256	23%
	Nordrhein-Westfalen	365	17%	3.495	19%	335	12%	3.814	14%
	Rheinland-Pfalz	36	2%	277	1%	67	2%	589	2%
	Saarland	7	0%	53	0%	9	0%	73	0%
	Sachsen	137	6%	1.032	5%	210	8%	1.840	7%
	Sachsen-Anhalt	166	8%	1.276	7%	284	11%	2.630	10%
	Schleswig-Holstein	246	11%	2.462	13%	244	9%	2.926	11%
Thüringen	60	3%	480	3%	105	4%	1.001	4%	
Summe		2.174	100%	18.838	100%	2.693	100%	26.992	100%
Roggen	Brandenburg	0	0%	0	0%	0	1%	0	0%
	Hessen	0	3%	0	3%	0	2%	2	2%
	Nordrhein-Westfalen	0	95%	4	95%	5	50%	54	57%
	Sachsen	0	3%	0	2%	1	12%	10	11%
	Thüringen	0	0%	0	0%	3	36%	28	30%
Summe		0	100%	4	100%	10	100%	94	100%
Wintergerste	Baden-Württemberg	69	4%	437	4%	27	3%	198	3%
	Bayern	9	1%	54	0%	3	0%	20	0%
	Berlin	1	0%	8	0%	1	0%	6	0%
	Brandenburg	406	23%	2.361	19%	244	26%	1.615	22%
	Hamburg	0	0%	1	0%	0	0%	0	0%
	Hessen	25	1%	183	1%	4	0%	37	1%
	Mecklenburg-Vorpommern	379	21%	2.759	23%	235	25%	1.963	27%
	Niedersachsen	68	4%	512	4%	1	0%	11	0%
	Nordrhein-Westfalen	20	1%	149	1%	3	0%	30	0%
	Rheinland-Pfalz	15	1%	85	1%	2	0%	10	0%
	Saarland	2	0%	11	0%	0	0%	1	0%
	Sachsen	182	10%	1.171	10%	54	6%	397	5%
	Sachsen-Anhalt	372	21%	2.640	22%	204	22%	1.639	22%
Schleswig-Holstein	87	5%	732	6%	81	9%	813	11%	
Thüringen	151	8%	1.075	9%	76	8%	619	8%	
Summe		1.786	100%	12.178	100%	935	100%	7.357	100%
Triticale	Baden-Württemberg	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	Schleswig-Holstein	0	100%	1	100%	0	100%	1	100%
	Summe		0	100%	1	100%	0	100%	1
Körnermais	Baden-Württemberg	0	0%	0	0%	0	0%	1	0%
	Bayern	0	1%	3	0%	6	4%	63	4%
	Berlin	0	0%	1	0%	1	0%	6	0%
	Brandenburg	64	95%	627	5%	92	71%	1.095	71%
	Mecklenburg-Vorpommern	0	0%	0	0%	5	4%	57	4%
	Sachsen	3	4%	30	0%	26	20%	320	21%
	Sachsen-Anhalt	0	0%	0	0%	1	0%	7	0%
	Thüringen	0	0%	0	0%	0	0%	2	0%
Summe		67	100%	661	5%	129	100%	1.551	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

Tabelle 4.26: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Winterroggen im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen

Szenario	2020			
	Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t
Baden-Württemberg	11	1%	72	1%
Bayern	7	1%	46	1%
Berlin	1	0%	9	0%
Brandenburg	413	38%	2.687	33%
Bremen	0	0%	0	0%
Hessen	13	1%	111	1%
Mecklenburg-Vorpommern	205	19%	1.511	19%
Niedersachsen	29	3%	200	2%
Nordrhein-Westfalen	66	6%	663	8%
Rheinland-Pfalz	24	2%	156	2%
Saarland	5	0%	37	0%
Sachsen	60	5%	428	5%
Sachsen-Anhalt	4	0%	26	0%
Schleswig-Holstein	48	4%	439	5%
Thüringen	207	19%	1.730	21%
Summe	1.094	100%	8.116	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.7 Körnersonnenblumen

Der Anbau von Sonnenblumen wird bei den unterstellten Rahmenbedingungen nicht konkurrenzfähig sein. Die Bodenrentenberechnungen zeigen eindeutig, dass die Wettbewerbsfähigkeit der Sonnenblume in Deutschland in keinem Szenario gegeben ist. Auch in der Ausgangssituation 2004 erzielt sie keine konkurrenzfähigen Bodenrenten. Im Hauptanbaugebiet Brandenburg mit rund 17.000 ha Anbaufläche 2005 sind diese sogar nur geringfügig größer 0. Die Angebotspotenziale berücksichtigen allerdings nicht die bei inländischen Nischenprodukten wie Sonnenblumen mitunter relevanten, besonderen Anbaubedingungen wie Vertragsanbau oder betriebliche Gegebenheiten.

Im Basisszenario wird kein Angebotspotenzial ausgewiesen. Die für die Jahre 2010 und 2020 angegebenen Nachfragemengen von 62.000 t bzw. 74.000 t können nicht bedient werden. Ursachen sind niedrige Naturalerträge und geringer Ertragszuwachs p. a.

Auf Grund der hohen Konkurrenzfähigkeit des Rapsanbaus auf den bevorzugten Standorten Brandenburgs könnte der Sonnenblumenanbau dort nur zu Lasten des Rapses ausgedehnt werden. Sonnenblumen sind jedoch aus pflanzenbaulicher Sicht schwierig in Rapsfruchtfolgen zu integrieren. Die Situation stellt sich daher ähnlich der Problematik des Ölleinbaus dar.

Die Körner Sonnenblume wird auf Grund spezifischer Eigenschaften im Bereich Chemierohstoffe nachgefragt (vgl. Abschnitt 4.2.3 bzw. Tabelle 4.17). Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass sich nachfragegetriebene Preissteigerungen einstellen werden. Es sind allerdings gegenüber dem Basisszenario etwa 50 % höhere Preise, d. h. rund 286 € je Tonne FM nötig, um die unterstellten Nachfragemengen zu bedienen. Angesichts aktueller Erzeugerpreise um 240 € je Tonne FM beliefe sich die Preissteigerung auf rund 20 %. Das Angebotspotenzial wäre etwa 99.000 t, die auf rund 37.000 ha erzeugt würden. Tabelle 4.27 weist die Anbauflächen und Angebotspotenziale gruppiert nach Bundesländern aus. Der Anbau würde sich mit 81 % der Fläche und 80 % der Menge weitgehend auf Brandenburg konzentrieren. Sachsen mit 12 % bzw. 13 % und Sachsen-Anhalt mit jeweils 7 % verzeichnen geringe Anteile.

Tabelle 4.27: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Sonnenblumen im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen

Szenario	2020			
	Land	Fläche in ha	Anteil	Menge in t
Brandenburg	30.625	81%	79.194	80%
Sachsen-Anhalt	4.557	12%	13.132	13%
Sachsen	2.552	7%	7.071	7%
Summe	37.735	100%	99.397	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datengrundlage: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.8 Kurzumtriebspappel (KUP)

Der Anbau von Kurzumtriebspappeln außerhalb von Stilllegungsflächen wird derzeit durch gesetzliche Regelungen stark eingeschränkt (vgl. 3.1.1.6). Bei der Bestimmung des Angebotspotenzials wird eine Aufhebung dieser Restriktionen unterstellt. Pappelanbau ist somit auf allen Ackerflächen möglich. Weiterhin wird angenommen, dass derzeit noch bestehende technische Probleme bei der Ernte gelöst werden.

Pappeln werden in Monokultur angebaut, mehrjährig genutzt und als Hackschnitzel geerntet. Sie haben einen hohen Wasseranteil und somit eine geringe Energiedichte. Die Schnitzel können als Schüttgüter transportiert und gelagert werden, weisen jedoch eine geringe Schüttdichte auf, was den Transport und die Lagerung je Tonne und je GJ gegenüber anderen Schüttgütern relativ verteuert.

Die Nutzung ist also mit relativ höheren Transportkosten belastet, was dazu führt, dass der Pappelanbau mit zunehmender Entfernung zum Verarbeitungsstandort schnell an Konkurrenzfähigkeit verliert. Dies und schlechte Absatzmöglichkeiten auf Spotmärkten werden voraussichtlich dazu führen, dass sich der Anbau auf Gunststandorte in Nähe

zur Verarbeitungsstätte konzentrieren wird. Aus der Gruppe Stroh, Miscanthus, Energiegetreidepflanzen und Pappeln weisen getrocknete Pappelhackschnitzel die geringsten Transport- und Lagerkosten je Tonne auf. Sollten stoffliche Anforderungen von allen vier Produkten erfüllt werden, dürften Pappeln die konkurrenzstärkste Kulturpflanze sein.

Im Basisszenario 2020 besteht kein Angebotspotenzial. Die für diesen Zeitpunkt erforderliche Angebotsmenge (Tabelle 4.18, S. 85) von 7.173 Tsd. t kann also zum angenommenen Basispreis nicht bedient werden. Daher wurden im Szenario 2020 weitere Preis-Mengenpaare berechnet. Preissteigerungen zwischen 10 und 20 % würden bereits ausreichen, um die Konkurrenzfähigkeit des Pappelanbaus zu gewährleisten und die Nachfragemengen bereitzustellen. Zu Preisen um 25 € je Tonne FM könnten von rund 199.000 ha gut 7,5 Mio. t Pappeln angeboten werden.

Tabelle 4.28: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Kurzumtriebspappeln im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen

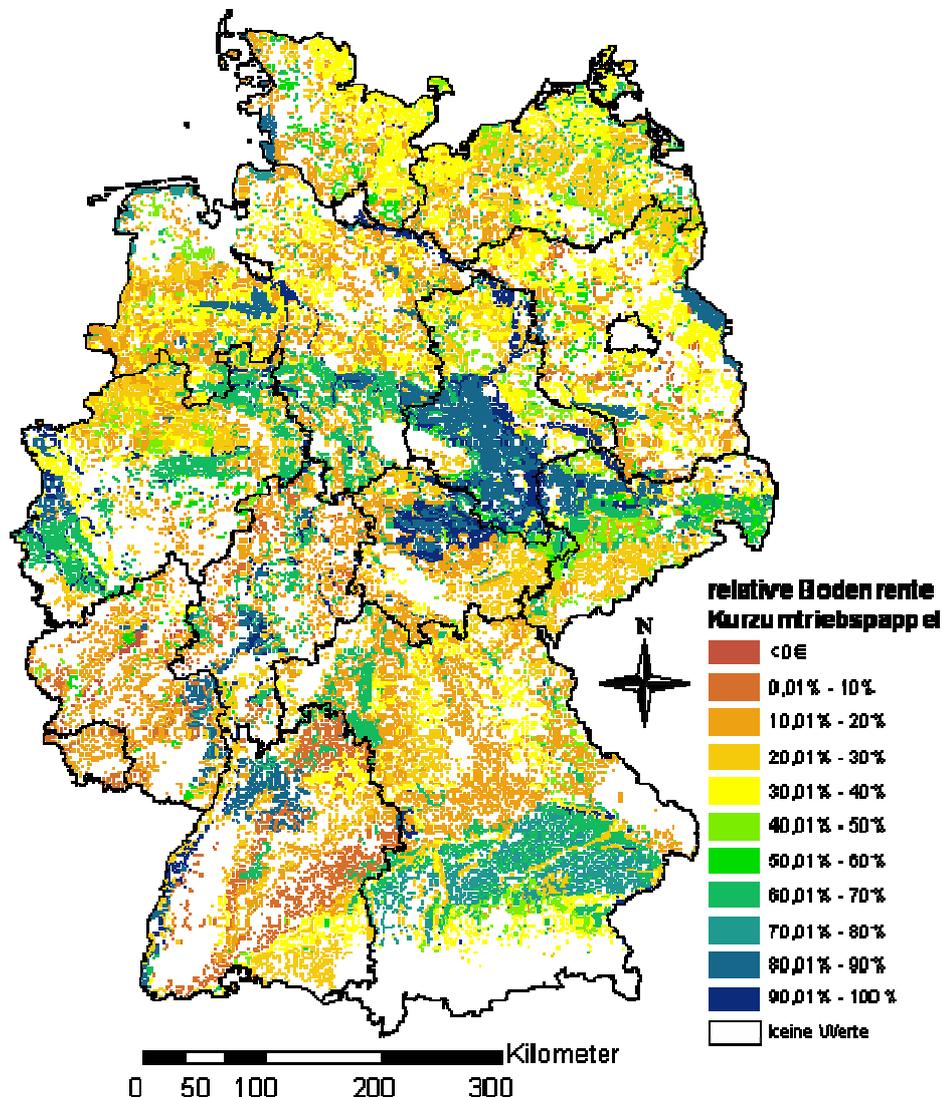
Szenario	2020			
	Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t
Baden-Württemberg	91	46%	3.358	45%
Bayern	0	0%	9	0%
Brandenburg	64	32%	2.477	33%
Hessen	43	22%	1.667	22%
Nordrhein-Westfalen	5	2%	192	3%
Rheinland-Pfalz	43	21%	1.596	21%
Sachsen	55	28%	2.063	27%
Sachsen-Anhalt	1	0%	24	0%
Thüringen	2	1%	90	1%
Summe	199	100%	7.511	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datengrundlage: ProLand-Berechnungen)

Die zu erzielenden Preise für Pappelhackschnitzel orientieren sich an den Notierungen für Waldhackschnitzel, da diese in direkter Verwendungskonkurrenz stehen. Ob es zu einer Verschiebung der Preisrelationen auf Grund spezifischer Produkteigenschaften kommen wird, kann hier nicht geklärt werden.

Abbildung 4.8 weist mittels relativer Bodenrenten die besten Standorte für Kurzumtriebspappeln im Szenario 2020 aus. Deutliche Gunststandorte liegen in Sachsen-Anhalt, Thüringen und Südbayern. Aussagen zu Anbauentscheidungen sind jedoch nur durch Vergleich mit anderen Kulturpflanzen möglich. Nach den Preissteigerungen werden aufgrund höherer relativer Vorzughigkeiten von Konkurrenzfrüchten jedoch nur sehr geringe Flächen in Thüringen und Sachsen-Anhalt in Kultur genommen.

Abbildung 4.8: Relative Bodenrente für Kurzumtriebspappel im Basisszenario 2020



Quelle: Eigene Darstellung ProLand-Modell (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.9 Miscanthus

Miscanthus wird in Monokultur angebaut, mehrjährig genutzt und als Ballen geerntet. Diese weisen einen geringen Wasseranteil von rund 15-20 % und somit eine hohe Energiedichte je Tonne FM jedoch eine geringe Energiedichte je m³ auf. Das Erntegut kann nicht als Schüttgut transportiert und gelagert werden, sondern wird gestapelt. Dadurch erhöhen sich die Transport- und Lagerkosten sowohl je Tonne als auch je GJ im Vergleich zu Kurzumtriebspappeln.

Tabelle 4.29: Transportkosten je Tonne FM und GJ für Kurzumtriebspappeln und Miscanthus

Pflanze	mengenabhängige Transportkosten		entfernungs- und mengenabhängige Transportkosten	
	€/t	€/GJ	€/t*km	€/GJ*km
Pappel	2,80	0,3027	0,09	0,0097
Miscanthus	6,75	0,4677	0,32	0,0222

Quelle: Eigene Darstellung (Datengrundlage: FNR, 2006; eigene Berechnungen)

Die Nutzung ist mit relativ höheren Transportkosten verbunden als bspw. die schütffähiger Hackschnitzel, was dazu führt, dass der Miscanthusanbau mit zunehmender Entfernung zum Verarbeitungsstandort trotz hoher Biomasseerträge schnell an Konkurrenzfähigkeit verliert. Dies und mangelnde Absatzmöglichkeiten auf Spotmärkten werden voraussichtlich dazu führen, dass sich der Anbau auf Gunststandorte in unmittelbarer Nähe zur Verarbeitungsstätte konzentrieren wird.

Im Basisszenario 2020 besteht kein Angebotspotenzial. Die für diesen Zeitpunkt erforderliche Angebotsmenge (Tabelle 4.18, S. 85) von 3.275 Tsd. t kann also zum angenommenen Basispreis nicht bedient werden. Daher wurden im Szenario 2020 weitere Preis-Mengenpaare berechnet. Nach Preissteigerungen um 30 % auf etwa 50 € je Tonne FM würden auf einer Fläche von rund 66.000 ha etwa 2,4 Mio. t FM Miscanthus angebaut. Bei weiteren Preissteigerungen dehnt sich die Anbaufläche sehr schnell und deutlich über die erforderliche Angebotsmenge aus, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass die benötigte Menge angebaut werden wird.

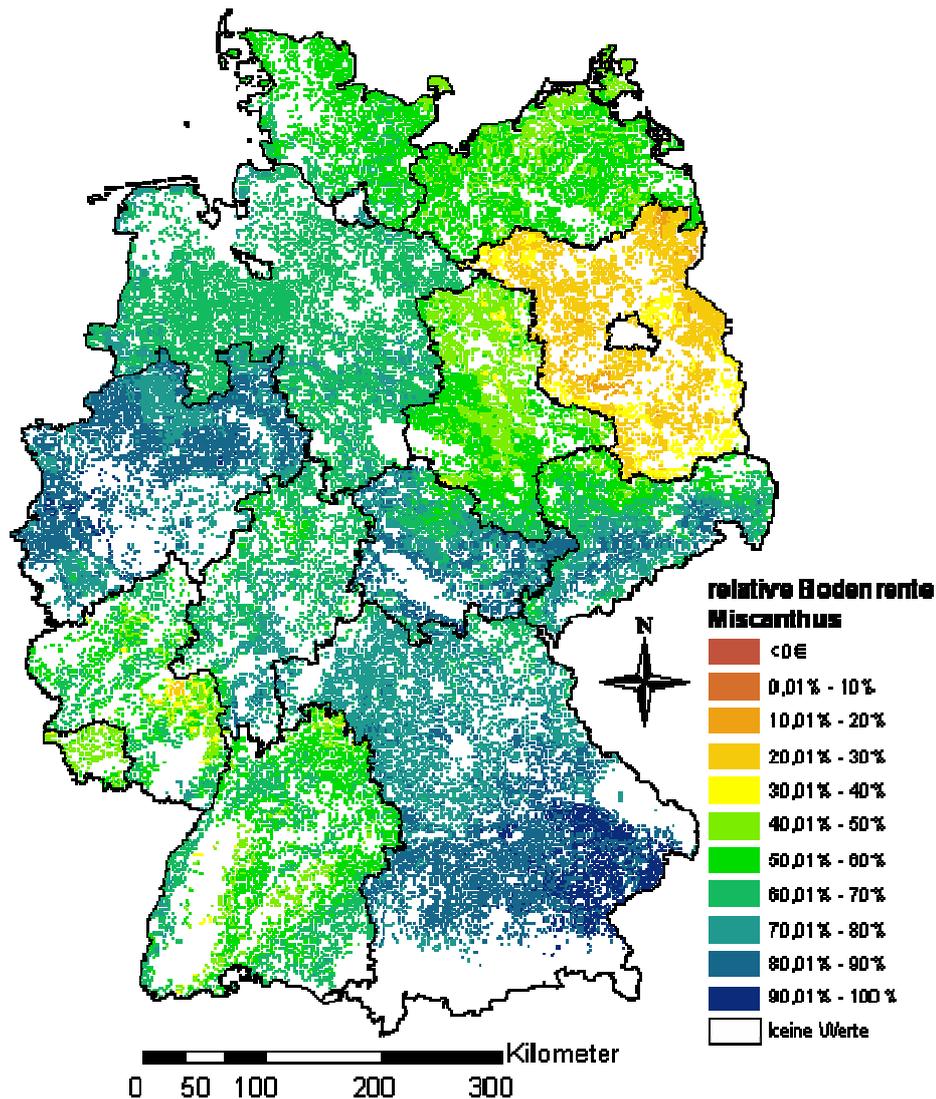
Tabelle 4.30: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Miscanthus im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen

Szenario	2020				
	Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t	Anteil
Baden-Württemberg		4	6%	130	5%
Bayern		51	77%	1.885	79%
Brandenburg		0	1%	12	0%
Mecklenburg-Vorpommern		1	1%	16	1%
Niedersachsen		1	2%	45	2%
Rheinland-Pfalz		6	9%	219	9%
Saarland		2	4%	79	3%
Sachsen		0	1%	10	0%
Summe		66	100%	2.395	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

Abbildung 4.8 weist mittels relativer Bodenrenten die besten Standorte für Miscanthus im Szenario 2020 aus. Deutliche Gunststandorte liegen in Nordrhein-Westfalen, Thüringen, Sachsen und Bayern. Aussagen zur Anbauentscheidung sind jedoch nur durch Vergleich mit anderen Kulturpflanzen möglich (vgl. Kapitel 4.3.3).

Abbildung 4.9: Relative Bodenrente für Miscanthus im Basisszenario 2020



Quelle: Eigene Darstellung ProLand-Modell (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.10 Öllein

Im Basisszenario wird kein Angebotspotenzial von Öllein ausgewiesen. Die für die Jahre 2010 und 2020 erforderliche Angebotsmengen (Tabelle 4.18, S. 85) von 44.000 t

bzw. 53.000 t können nicht bedient werden. Allerdings erzielt Öllein auf einigen Standorten Bodenrenten, die ihn vorzüglicher als den Großteil der anderen berücksichtigten Pflanzen machen, jedoch niedriger als die von Raps. Da Öllein schlecht mit sich selbst und Raps verträglich ist, könnte er nur zu Lasten des Rapsanteils in die Fruchtfolge integriert werden. Auf Grund des bodenrentenmaximierenden Verhaltens der Landnutzer würde dies jedoch nicht stattfinden.

Öllein wird auf Grund spezifischer Eigenschaften im Bereich Chemierohstoffe nachgefragt (vgl. Abschnitt 4.2.3). Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass sich nachfragegetriebene Preissteigerungen einstellen werden. Bereits gegenüber dem Basisszenario um rund 15 % - 20 % höhere Preise bzw. sinkende Rapsnotierungen würden ausreichen, um die für 2020 unterstellte Nachfragemenge von rund 53.000 t bedienen zu können (Tabelle 4.31). Die Angebotspotenziale berücksichtigen nicht die bei inländischen Nischenprodukten wie Öllein mitunter relevanten, besonderen Anbaubedingungen wie Vertragsanbau oder betriebliche Gegebenheiten.

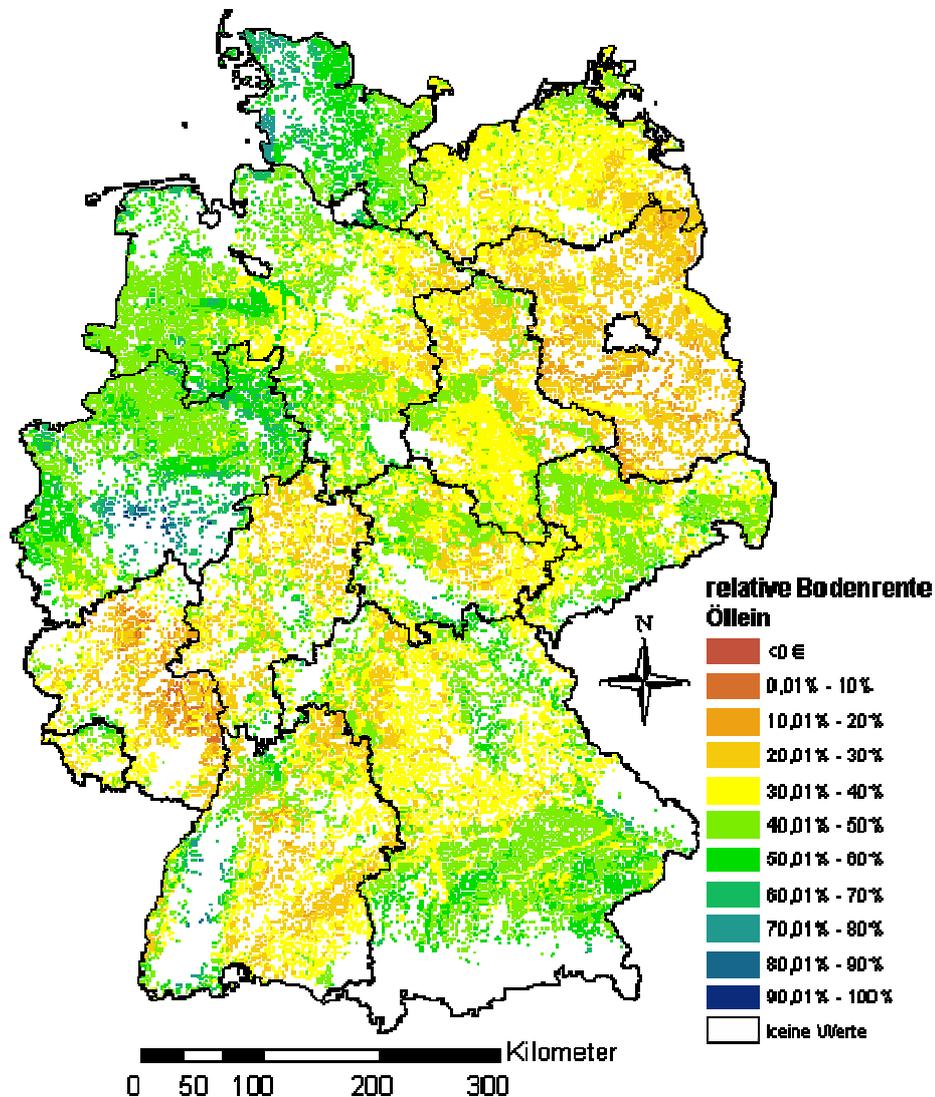
Tabelle 4.31: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Öllein im Basisszenario 2020 bei angehobenen Preisen

Szenario	2020			
	Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t
Baden-Württemberg	15.014	39%	46.397	38%
Bayern	2.949	8%	8.755	7%
Hessen	2.697	7%	8.567	7%
Niedersachsen	22	0%	72	0%
Nordrhein-Westfalen	5.120	13%	18.495	15%
Rheinland-Pfalz	5.929	15%	17.780	15%
Saarland	5.588	14%	16.892	14%
Sachsen	431	1%	1.171	1%
Schleswig-Holstein	925	2%	2.505	2%
Thüringen	306	1%	995	1%
Summe	38.981	100%	121.628	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

Abbildung 4.11 weist mittels relativer Bodenrenten die Gunststandorte des Ölleinbaus im Szenario 2020 aus. Die relativ höchsten Bodenrenten werden in Nordrhein-Westfalen, Hessen, Thüringen, Sachsen und Bayern erzielt. Nord- und weite Teile Ostdeutschlands schneiden relativ schlechter ab. Aussagen zur Anbauentscheidung sind jedoch nur durch Vergleich mit anderen Kulturpflanzen möglich (vgl. Kapitel 4.3.3). Nach den genannten Preissteigerungen wird Öllein vor allem in Baden-Württemberg angebaut.

Abbildung 4.10: Relative Bodenrente für Öllein im Basisszenario 2020



Quelle: Eigene Darstellung ProLand-Modell (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.11 Silomais

Silomais wurde vor Einführung von Biogasanlagen vor allem in der Rind- und Milchviehhaltung eingesetzt. Die europäische Milchproduktion ist direkt über Produktionsquoten, die Rindfleischerzeugung indirekt über maximal zulässige, subventionierte Exportmengen eingeschränkt. Der Silomaisanbau unterlag daher Nachfragerestriktionen und konnte sich nicht entsprechend seiner relativen Vorzüglichkeit ausdehnen, wie sie sich unter den geltenden Rahmenbedingungen ergab. Mit Einführung der garantierten Auszahlungspreise des EEG entstand eine in der Menge unbeschränkte Verwer-

tungsmöglichkeit in Biogasanlagen. Da Silomais ein transportunwürdiges Gut ist, resultiert daraus eine Förderung der inländischen Erzeugung mit dezentraler Verarbeitung. Bereits jetzt ist zu beobachten, dass getreideintensive Fruchtfolgen mit Silomais aufgelockert werden und die produzierte Silage an Biogasanlagenbetreiber geliefert wird.

Insgesamt besteht ein Angebotspotenzial von 198,9 Mio. t FM Silomais im Szenario 2020 das auf einer Anbaufläche von 3,2 Mio. ha erzeugt wird. Die für 2020 prognostizierte Nachfragemenge von 8.8 Mio. t zur Biogasproduktion kann also mehr als bedient werden. Daher wurden keine weiteren Preis-Mengenpaare berechnet. Sowohl Fläche als auch Angebot würden gegenüber 2005 ausgedehnt werden. In dem genannten Jahr wurden 1,3 Mio. ha bebaut und mit einem Durchschnittsertrag von 45 t/ha rund 57,5 Mio. t Silomais erzeugt. Tabelle 4.32 gibt die Anbauflächen und Angebotspotenziale gruppiert nach Bundesländern für 2010 und 2020 an.

Tabelle 4.32: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Silomais in den Basisszenarien 2010 und 2020

Szenario	2010				2020			
	Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t	Anteil	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t
Baden-Württemberg	435	14%	21.285	14%	412	13%	24.888	13%
Bayern	864	28%	45.554	29%	854	27%	55.699	28%
Brandenburg	0	0%	1	0%	4	0%	179	0%
Bremen	1	0%	31	0%	0	0%	24	0%
Hamburg	1	0%	42	0%	1	0%	44	0%
Hessen	304	10%	15.750	10%	290	9%	18.636	9%
Mecklenburg-Vorpommern	4	0%	166	0%	12	0%	598	0%
Niedersachsen	406	13%	19.370	12%	420	13%	24.782	12%
Nordrhein-Westfalen	365	12%	18.859	12%	414	13%	26.528	13%
Rheinland-Pfalz	232	7%	11.785	8%	235	7%	14.684	7%
Saarland	34	1%	1.639	1%	33	1%	1.985	1%
Sachsen	206	7%	10.002	6%	242	8%	14.283	7%
Sachsen-Anhalt	1	0%	39	0%	5	0%	262	0%
Schleswig-Holstein	0	0%	0	0%	0	0%	5	0%
Thüringen	250	8%	12.557	8%	264	8%	16.311	8%
Summe	3.102	100%	157.077	100%	3.186	100%	198.909	100%

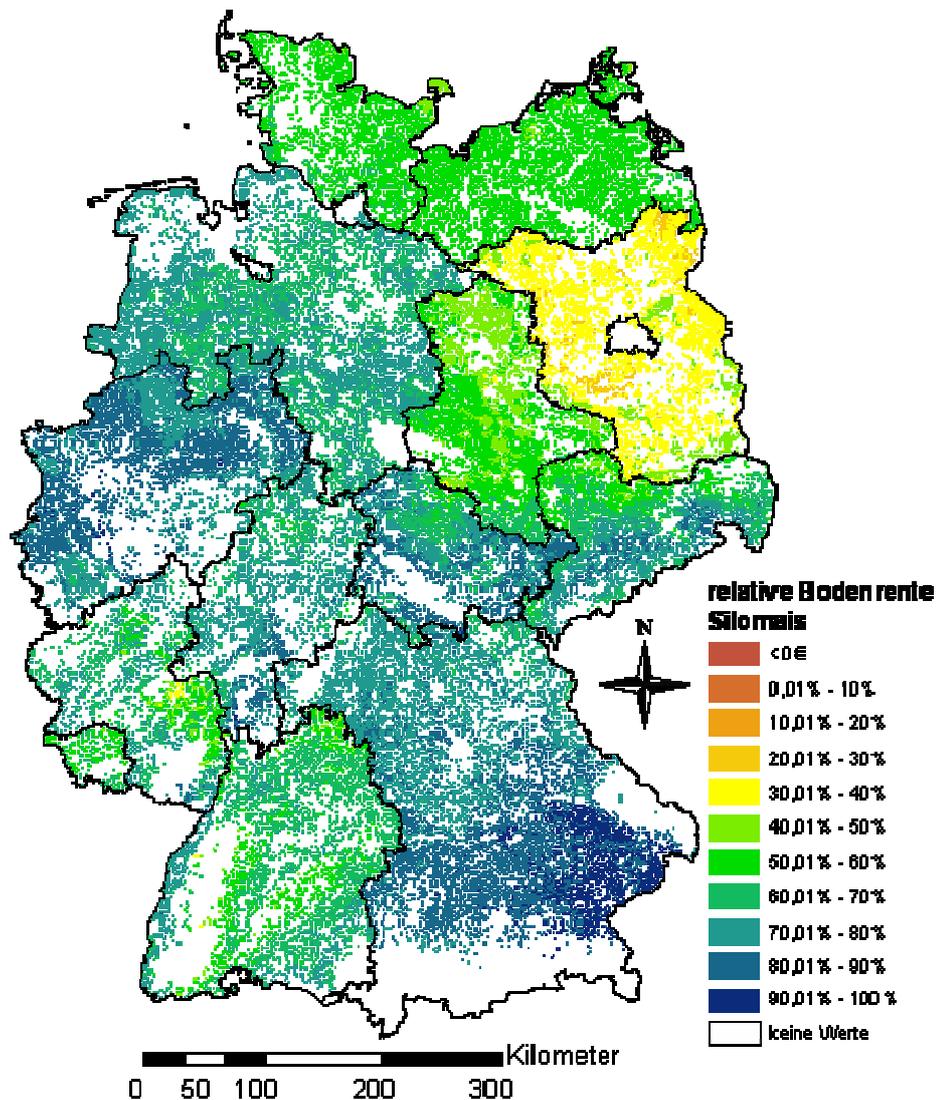
Quelle: Eigene Darstellung (Datengrundlage: ProLand-Berechnungen)

Abbildung 4.11 weist mittels relativer Bodenrenten die Gunststandorte des Silomaisanbaus im Szenario 2020 aus. Die relativ höchsten Bodenrenten werden in Nordrhein-Westfalen, Hessen, Thüringen, Sachsen und Bayern erzielt. Nord- und weite Teile Ostdeutschlands schneiden relativ schlechter ab. Aussagen zur Anbauentscheidung sind jedoch nur durch Vergleich mit anderen Kulturpflanzen möglich (vgl. Kapitel 4.3.3).

Das Angebotspotenzial ist direkt an die durch das EEG festgelegten Erlöse gekoppelt. Weitere Absenkungen der Auszahlungspreise oder stark steigende Kosubstratkosten,

bspw. durch steigende Getreidepreise, würden dem NAWARO-Silomaisanbau die wirtschaftliche Basis entziehen.

Abbildung 4.11: Relative Bodenrente für Silomais im Basisszenario 2020



Quelle: Eigene Darstellung ProLand-Modell (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.12 Stärkekartoffel

Stärkekartoffeln erzielen vergleichsweise hohe Biomasseerträge je ha, besitzen allerdings nur einen durchschnittlichen Stärkegehalt von 19 %. Daher sind sie, wie auch Ethanolrüben, ein transportunwürdiges Produkt, das mit relativ hohen Transportkosten belastet ist. Das Angebotspotenzial der Stärkekartoffel wird dadurch und durch die

Lage der wenigen Verarbeitungsstätten räumlich begrenzt. Der Anbau findet vor allem in Niedersachsen und Bayern statt, wobei die relativ höchsten Bodenrenten in Bayern erzielt werden. Die Kartoffelstärkeproduktion ist mit 656.298 t Stärke quotiert, woraus sich ein maximaler Kartoffelanbau von knapp über 2,9 Mio. t ergibt. Die Nachfrage von rund 2,2 Mio. t liegt unterhalb der Quotenhöchstmenge und kann voll gedeckt werden. Tabelle 4.33 enthält die Anbauflächen und Angebotspotenziale in den Basisszenarien 2010 und 2020. Auf eine Karte der relativen Bodenrenten wird auf Grund der geringen räumlichen Ausdehnung verzichtet. Zu beachten ist, dass die Potenziale die Mengen darstellen, die sich bei bodenrentenmaximaler Landnutzung einstellen würden. Auf Grund unterschiedlicher Entwicklung der Preise und des Ertragsfortschritts zwischen den Szenarien kann es, wie hier geschehen, zu Veränderungen der Vorzüglichkeit und somit im Szenario 2020 zu niedrigeren Mengen als im Szenario 2010 kommen.

Tabelle 4.33: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Stärkekartoffeln in den Basisszenarien 2010 und 2020

Szenario	2010				2020			
	Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t	Anteil	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t
Bayern	134	35%	6.600	34%	126	43%	7.043	44%
Bremen	14	4%	628	3%	15	5%	779	5%
Brandenburg	0	0%	9	0%	0	0%	10	0%
Hamburg	2	0%	78	0%	1	1%	87	1%
Mecklenburg-Vorpommern	4	1%	209	1%	4	1%	233	1%
Niedersachsen	116	30%	5.939	31%	84	29%	4.861	30%
Nordrhein-Westfalen	89	23%	4.493	23%	0	0%	0	0%
Sachsen-Anhalt	29	7%	1.339	7%	59	20%	3.132	19%
Summe	387	100%	19.294	100%	290	100%	16.145	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.13 Winterraps

Wie Tabelle 4.20 deutlich zeigt, ist Raps bezogen auf die Fläche die dominierende Kulturpflanze. Dies ist vor allem dem hohen Ertragszuwachs sowie den relativ gestiegenen Preisen zuzuschreiben. Insgesamt besteht im Basisszenario 2010 ein Angebotspotenzial von rund 8,2 Mio. t, die auf etwa 2,2 Mio. ha erzeugt werden, im Basisszenario 2020 ein Angebotspotenzial von rund 11,1 Mio. t, die auf etwa 2,4 Mio. ha erzeugt werden. Die erforderliche Angebotsmenge (Tabelle 4.18, S. 85) von etwa 5,7 Mio. t kann demnach bedient werden. Weitere Preis-Mengenpaare werden deshalb nicht berechnet. Ebenso wird auf eine Ausweisung der Gunststandorte verzichtet (vgl. hierzu auch Abbildung 4.2 bis Abbildung 4.4). Tabelle 4.34 enthält die Anbauflächen und Angebotspotenziale gruppiert nach Bundesländern.

Tabelle 4.34: Anbauflächen und Angebotspotenzial von Winterraps in den Basis-szenarien 2010 und 2020

Szenario	2010				2020			
	Land	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t	Anteil	Fläche Tsd. ha	Anteil	Menge in Tsd. t
Baden-Württemberg	124	6%	477	6%	140	6%	666	6%
Bayern	47	2%	147	2%	90	4%	370	3%
Berlin	1	0%	3	0%	1	0%	4	0%
Brandenburg	303	14%	966	12%	298	12%	1.186	11%
Bremen	0	0%	1	0%	0	0%	2	0%
Hamburg	2	0%	6	0%	2	0%	8	0%
Hessen	77	3%	285	3%	85	4%	388	3%
Mecklenburg-Vorpommern	308	14%	1.301	16%	299	12%	1.564	14%
Niedersachsen	354	16%	1.312	16%	403	17%	1.854	17%
Nordrhein-Westfalen	131	6%	486	6%	228	9%	1.048	9%
Rheinland-Pfalz	33	2%	110	1%	61	3%	263	2%
Saarland	9	0%	26	0%	9	0%	32	0%
Sachsen	210	10%	762	9%	202	8%	910	8%
Sachsen-Anhalt	280	13%	1.010	12%	272	11%	1.226	11%
Schleswig-Holstein	166	8%	696	8%	161	7%	837	8%
Thüringen	156	7%	623	8%	154	6%	761	7%
Summe	2.200	100%	8.210	100%	2.406	100%	11.119	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: ProLand-Berechnungen)

4.3.3.14 Angebotspotenziale bei steigenden realen Agrarpreisen im Sensitivitätsszenario 2020

Es hat sich gezeigt, dass der Agrarpreis eine zentrale Einflussgröße für das Angebot an NAWARO-Pflanzen darstellt. Da Agrarpreise u. a. an steigende Ölpreise gekoppelt sind, wurde in einem Sensitivitätsszenario untersucht, welchen Einfluss eine 50 %-ige reale Preissteigerung hat. D. h., in einem (sehr unwahrscheinlichen) Sensitivitätsszenario wurden die realen Preise aller landwirtschaftlichen Produkte jeweils um 50 % gesteigert (s. Tabelle 4.19, S. 88), auch für Produkte mit durch das EEG festgelegten Auszahlungspreisen. Es wurde unterstellt, dass sich die gesetzlichen Auszahlungspreise entsprechend erhöhen werden. Für Ethanol- und Zuckerrüben wurde ein einheitlicher Preis von 47,40 € unterstellt, da die administrativ festgelegten Zuckerrübenpreise deutlich übertroffen und Quoten nicht mehr benötigt werden. Ähnliches gilt für Stärkekartoffeln, hier wurde ausgehend vom derzeitigen Auszahlungspreis ohne Stärkekartoffelbeihilfe von 39,92 € je Tonne FM ein Preis von 80,59 € angenommen.

Da Kulturen mit hohen Erlösen und niedrigem Erlös/Kostenverhältnis stärker von relativen Preissteigerungen profitieren als solche mit niedrigeren Erlösen und höherem Verhältnis, verschiebt sich das Angebotspotenzial stark zu Gunsten von Zuckerrüben, Stärkekartoffeln und Silomais. Andere wichtige NAWARO-Pflanzen wie z. B. Raps, Hanf, Miscanthus oder Pappeln würden in einem solchen Szenario nicht mehr angebaut werden.

5 Modellergebnisse zu den gesamtwirtschaftlichen Wirkungen

5.1 Gesamtbewertung über alle Verwendungsbereiche

Beschäftigungseffekte

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse der Modellanalysen zu den Brutto- und Netto-Beschäftigungswirkungen vorgestellt, die aus der Verwendung und der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen aus der Landwirtschaft in den verschiedenen Verwendungsbereichen resultieren. Die Berechnungen basieren auf den in Abschnitt 4.2 skizzierten Basisszenarien für die Jahre 2004, 2010 und 2020. Die entsprechenden NAWARO-Marktpotenziale werden (nach Abzug des Importvolumens) „vollständig“ beschäftigungswirksam, da in Abschnitt 4.3 gezeigt wurde, dass seitens der deutschen Landwirtschaft keinerlei Restriktionen auf der Angebotsseite bei den NAWARO-Pflanzen existieren. Die prinzipielle Vorgehensweise und Darstellungsweise orientieren sich an nachfolgendem Muster. In Abschnitt 5.1 erfolgt eine „aggregiertere“ Darstellung, wobei die beiden Blöcke direkte und indirekte/induzierte Beschäftigungseffekte über alle vier Verwendungsbereiche und deren Teilmärkte im Fokus stehen. In den nachfolgenden Abschnitten 5.2 bis 5.5 erfolgt dann für jeden einzelnen der vier Verwendungsbereiche biogene Kraftstoffe, Energie/Strom aus Biomasse, Chemierohstoffe und Werkstoffe sowie deren Teilsegmente eine detailliertere Darstellung der Brutto-Beschäftigung für die Blöcke

- **direkte Beschäftigungswirkungen:**
 - a) beim **NAWARO-Anbau** (Erzeugung bzw. Anbau NAWARO-Pflanzen) in der deutschen Landwirtschaft (nachfolgend NAWARO-Anbau in den Abbildungen in den Abschnitten 5.2 bis 5.5 genannt), und
 - b) bei der **industriellen Weiterverarbeitung**, d. h. bei der Umwandlung der NAWARO-Pflanzen zu NAWARO-Zwischen- und Endprodukten (nachfolgend meist Betrieb Anlage in den Abbildungen in den Abschnitten 5.2 bis 5.5 genannt),
- **indirekte Beschäftigungseffekte** durch die Bereitstellung von Vorleistungen (d. h. durch Ausgaben für Vorleistungskäufe bei Zuliefererbranchen wie z. B. FuE- und Ingenieursdienstleistungen) für den NAWARO-Anbau und die industriellen Weiterverarbeitung (inkl. Handel und Transport) sowie
- **induzierte Beschäftigungswirkungen** bei der Erzeugung von Investitionsgütern (z. B. Bau von Gebäuden, Herstellung von Maschinen und Anlagen) für den NAWARO-Anbau und die industriellen Weiterverarbeitung.

Für die in Tabelle 4.17 (S. 84) unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen sind im Folgenden die Gesamt-Beschäftigungseffekte dargestellt:

- **Basisszenario 2004** (Tabelle 5.1): Insgesamt sind in 2004 rund 76.300 Erwerbstätige an das NAWARO-Marktpotenzial geknüpft. Hiervon entfallen 54 % auf Chemierohstoffe (41.200), 24 % auf biogene Kraftstoffe (18.400), 15 % auf Werkstoffe (11.700) und 7 % auf Energie/Strom aus Biomasse (4.900).
- **Basisszenario 2010** (Tabelle 5.2): In 2010 sind insgesamt 110.400 Erwerbstätige mit dem NAWARO-Marktpotenzial verbunden. Dies bedeutet ein Anstieg gegenüber 2004 um 45 %. 40 % des Gesamt-Beschäftigungspotenzials entfallen auf Chemierohstoffe (44.400), 30 % auf biogene Kraftstoffe (34.200), 17 % auf Werkstoffe (18.600) und 12 % auf Energie/Strom aus Biomasse (13.200).
- **Basisszenario 2020** (Tabelle 5.3): In 2020 entspricht das NAWARO-Marktpotenzial 169.600 Arbeitsplätzen (+54 % gegenüber 2010, +123 % gegenüber 2004). Hiervon entfallen 45 % auf biogene Kraftstoffe (76.300), 34 % auf Chemierohstoffe (57.400), 13 % auf Werkstoffe (22.300) und 8 % Energie/Strom aus Biomasse (13.500). Auf Grund des starken Zuwachses bei biogenen Kraftstoffen (insb. BTL in 2020) verlieren relativ gesehen alle anderen Bereiche an Bedeutung.
- **Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte:** Der gesamtwirtschaftliche Beschäftigungseffekt wird mit dem Indikator der direkt Erwerbstätigen unzureichend erfasst. In 2004 induziert jeder der 35.100 direkten NAWARO-Arbeitsplätze weitere ca. 1,2, d. h. insgesamt 41.100 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren. Diese Multiplikatorwerte für 2010 liegen bei 1,3 (62.400/48.100) und 2020 bei 1,7 (107.200/62.400). Die Zunahme auf 1,7 beruht auf der zunehmenden Bedeutung biogener Kraftstoffe (insb. BTL). Hier steigt der Multiplikator von 1,0 in 2004 auf 2,7 in 2020 an, da bei BTL (5,7) sehr arbeitsintensive Vorleistungsgüter (u. a. Transport von Miscanthus und Pappeln) sowie erhebliche Investitionen für den Kapazitätsaufbau benötigt werden, was die indirekten Beschäftigungseffekte erhöht. Zudem sind die direkten Effekte bei BTL relativ gering. Der hohe Wert für Biogas (ca. 5,7) in 2004 erklärt sich dadurch, dass als NAWARO-Input zu 90 % das Nebenprodukt Gülle und Reste verwendet wird, weshalb die direkten Effekte gering sind. Die Multiplikatorwerte für die Teilsegmente liegen meist zwischen 0,8-1,1 (z. B. Werkstoff-Segmente, Phytopharmaka) und um die 2,0 (z. B. Chemierohstoffsegmente).

Tabelle 5.1: Zusammenfassung der direkten, indirekten und induzierten Brutto-Beschäftigungswirkungen NAWARO-Basisszenario 2004

	Direkte Brutto-Erwerbstätige in 2004 * (in Tsd.)	Indirekte und induzierte Brutto-Erwerbstätige in 2004 (in Tsd.)	Gesamtzahl der Brutto-Erwerbstätigen in 2004 (in Tsd.)
NAWARO insgesamt (Summe 1-4)	35,1	41,1	76,3 (100 %)
1. Biogene Kraftstoffe	9,1	9,3	18,4 (24 %)
- Biodiesel/RME	9,1	9,0	18,1
- Bioethanol	0,05	0,3	0,3
- BTL	0	0	0
2. Energie/Strom aus Biomasse	0,8	4,1	4,9 (7 %)
- Wärme Biomasse (Holz)	- **	- **	- **
- Strom sonstige NAWARO	0,1	0,1	0,2
- Strom/Wärme Biogas	0,7	4,0	4,7
3. Chemierohstoffe	18,8	22,4	41,2 (55 %)
- Basisstoffe (insb. Fette/Öle, Stärke, Zucker) ***	2,4	3,8	6,2
- Farben und Lacke	2,1	3,7	5,8
- Biogene Schmierstoffe	0,2	0,2	0,4
- Pythopharmaka	12,5	11,4	23,9
- Naturkosmetik	1,7	3,3	4,9
4. Werkstoffe	6,3	5,4	11,7 (14 %)
- Verpackungsprodukte	0	0	0
- Formteile/Faserverbundstoffe	2,6	2,3	4,9
- Textilien	3,4	2,7	6,1
- Dämmstoffe	0,4	0,3	0,7
- Baustoffe (Holz)	- **	- **	- **
- Papier, Karton, Pappe (Holz)	- **	- **	- **
- Möbel (Holz)	- **	- **	- **
* Inklusive direkt Beschäftigte in der deutschen Landwirtschaft.			
** Holz Forstwirtschaft als NAWARO-Input wurde in der Studie nicht berücksichtigt.			
*** exkl. Basisstoffe Farben u. Lacke, biogene Schmierstoffe, Pythopharmaka, Kosmetika.			

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006 (Rundungsfehler möglich)

Tabelle 5.2: Zusammenfassung der direkten, indirekten und induzierten Brutto-Beschäftigungswirkungen NAWARO-Basiszenario 2010

	Direkte Brutto-Erwerbstätige in 2010 * (in Tsd.)	Indirekte und induzierte Brutto-Erwerbstätige in 2010 (in Tsd.)	Gesamtzahl der Brutto-Erwerbstätigen in 2010 (in Tsd.)
NAWARO insgesamt (Summe 1-4)	48,1	62,4	110,4 (100 %)
1. Biogene Kraftstoffe	14,4	19,8	34,2 (31 %)
- Biodiesel/RME	9,9	10,8	20,7
- Bioethanol	4,5	9,0	13,5
- BTL	0	0	0
2. Energie/Strom aus Biomasse	4,1	9,1	13,2 (12 %)
- Wärme Biomasse (Holz)	- **	- **	- **
- Strom sonstige NAWARO	0,1	0,1	0,2
- Strom/Wärme Biogas	4,0	9,0	13,0
3. Chemierohstoffe	19,7	24,6	44,4 (40 %)
- Basisstoffe (insb. Fette/Öle, Stärke, Zucker) ***	2,4	4,1	6,5
- Farben und Lacke	1,9	3,6	5,5
- Biogene Schmierstoffe	0,2	0,2	0,4
- Pythopharmaka	13,3	12,7	26,0
- Naturkosmetik	1,9	4,0	5,9
4. Werkstoffe	9,8	8,8	18,6 (17 %)
- Verpackungsprodukte	1,2	1,3	2,5
- Formteile/Faserverbundstoffe	4,4	4,2	8,6
- Textilien	3,3	2,5	5,8
- Dämmstoffe	0,9	0,8	1,7
- Baustoffe (Holz)	- **	- **	- **
- Papier, Karton, Pappe (Holz)	- **	- **	- **
- Möbel (Holz)	- **	- **	- **
* Inklusive direkt Beschäftigte in der deutschen Landwirtschaft.			
** Holz Forstwirtschaft als NAWARO-Input wurde in der Studie nicht berücksichtigt.			
*** exkl. Basisstoffe Farben u. Lacke, biogene Schmierstoffe, Pythopharmaka, Kosmetika.			

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006 (Rundungsfehler möglich)

Tabelle 5.3: Zusammenfassung der direkten, indirekten und induzierten Brutto-Beschäftigungswirkungen NAWARO-Basisszenario 2020

	Direkte Brutto-Erwerbstätige in 2020 * (in Tsd.)	Indirekte und induzierte Brutto-Erwerbstätige in 2020 (in Tsd.)	Gesamtzahl der Brutto-Erwerbstätigen in 2020 (in Tsd.)
NAWARO insgesamt (Summe 1-4)	62,4	107,2	169,6 (100 %)
1. Biogene Kraftstoffe	20,5	55,8	76,3 (45 %)
- Biodiesel/RME	10,7	13,0	23,7
- Bioethanol	3,8	8,3	12,1
- BTL	6,0	34,5	40,5
2. Energie/Strom aus Biomasse	5,9	7,6	13,5 (8 %)
- Wärme Biomasse (Holz)	- **	- **	- **
- Strom sonstige NAWARO	0,1	0,1	0,2
- Strom/Wärme Biogas	5,8	7,5	13,3
3. Chemierohstoffe	24,6	32,9	57,4 (34 %)
- Basisstoffe (insb. Fette/Öle, Stärke, Zucker) ***	2,1	4,3	6,4
- Farben und Lacke	1,7	3,5	5,2
- Biogene Schmierstoffe	0,2	0,1	0,3
- Pythopharmaka	17,7	18,5	36,2
- Naturkosmetik	2,8	6,5	9,3
4. Werkstoffe	11,5	10,8	22,3 (13 %)
- Verpackungsprodukte	3,0	3,2	6,2
- Formteile/Faserverbundstoffe	4,1	4,2	8,3
- Textilien	3,3	2,4	5,7
- Dämmstoffe	1,1	1,0	2,1
- Baustoffe (Holz)	- **	- **	- **
- Papier, Karton, Pappe (Holz)	- **	- **	- **
- Möbel (Holz)	- **	- **	- **
* Inklusive direkt Beschäftigte in der deutschen Landwirtschaft.			
** Holz Forstwirtschaft als NAWARO-Input wurde in der Studie nicht berücksichtigt.			
*** exkl. Basisstoffe Farben u. Lacke, biogene Schmierstoffe, Pythopharmaka, Kosmetika.			

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006 (Rundungsfehler möglich)

Fiskaleffekte

Die Frage der fiskalischen Effekte betraf in der Vergangenheit auch stark die energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere hinsichtlich der Förderung der Diffusion von Biokraftstoffen. Hierbei sind zwei Ebenen der Diskussion zu unterscheiden: Die stärker förderpolitische Dimension, die auf die isolierte Gestaltung der im Förderinstrumentarium anfallenden und bereitzustellenden Steuersubventionen abzielt, und die gesamtwirtschaftliche Dimension, die nach den Gesamteffekten in den volkswirtschaftlichen Kreislaufzusammenhängen fragt. Im Folgenden wird kurz zu beiden Fragestellungen Stellung genommen.

Die Biokraftstoffe waren in der Vergangenheit durch eine weitgehende Steuerbefreiung begünstigt worden, um die notwendige Diffusion in den Markt zu erreichen. Hier ist es allerdings zu erheblichen Änderungen im Förderinstrumentarium gekommen. Durch die mit der Verabschiedung des Biokraftstoffquotengesetzes zum Beginn des Jahres 2007 eingeleitete Umstellung der Förderung auf einzuhaltende Mindestquoten bei Biodiesel und Ethanol wird die vom Staat in Form von Steuersubventionen aufzubringende Förderung deutlich reduziert. Denn der Finanzierungsmechanismus bei einer Mindestquote funktioniert analog wie beim Erneuerbaren Energien Gesetz, d. h. es kommt zu einer allgemeinen Erhöhung der Kraftstoffpreise. Damit wird sich die Steuersubventionierung auf die Differenz des Steuersatzes zwischen der Verwendung als Reinkraftstoff und dem funktionalen Äquivalent (energetisch gleichwertige Menge an Benzin oder Diesel) bemessen. Die Abschätzung dieser Effekte würde genaue Quantifizierungen der sich nach der Einführung des Biokraftstoffquotengesetzes ergebenden Aufteilungen der Marktpotenziale in Zumischungsmengen und Reinkraftstoffen für RME und Ethanol einerseits sowie – für jeden Teilbereich - zwischen steuerbegünstigten (z. B. Landwirtschaft) und nicht-steuerbegünstigten Sektoren andererseits erfordern. Da sich nach der Einführung des Biokraftstoffquotengesetzes erhebliche Änderungen in der Marktdynamik ergeben werden, bedürfte dies einer Aktualisierung und weitergehenden Präzisierung der in meo et al. 2006 vorgenommenen Marktpotenzialschätzungen. Bei BTL besteht zwar nach wie vor eine Steuerbefreiung, die gegenwärtig bis zum Jahr 2015 festgeschrieben ist. Allerdings werden BTL-Kraftstoffe in der hier vorliegenden Studie erst im Szenario für das Jahr 2020 relevant. Ob sich dann die Förderung noch des Instrumentariums einer Steuerbefreiung bedient, oder alternative Instrumente wie eine Teilquote eingesetzt wird, ist gegenwärtig unbestimmt. Beim Einsatz vom Biogas werden die erhöhten Einspeisevergütungen nach dem EEG finanziert. Dies bedeutet, dass die erhöhten Kosten auf alle Stromabnehmer umgelegt werden (EEG-Umlage), nicht jedoch aus staatlichen Budgets heraus finanziert werden, so dass sich auch hier nicht die Frage der Fiskaleffekte stellt.

In der gesamtwirtschaftlichen Perspektive wurden die fiskalischen Effekte in den vergangenen Jahren unter dem Thema „Budgeteffekte“ thematisiert. Hier sind die im Zusammenhang mit der Zunahme von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen entstehenden Veränderungen in den Budgets öffentlicher und privater Haushalte zu berücksichtigen. Im Rahmen dieser gesamtwirtschaftlichen Analysen ist es jedoch unerheblich, wie der genaue Fördermechanismus ausgestaltet ist. Leitlinie der Modellierung in der vorliegenden Studie ist es, die durch höhere Erzeugungskosten hervorgerufenen Mehrkosten der betrachteten Alternativen durch kompensatorische Effekte gegen zu bilanzieren. Hierbei wurde bei einer Abdeckung durch Steuersubventionen angenommen, dass förderbedingte Steuerausfälle beim Staat durch Steuererhöhungen an anderer Stelle kompensiert werden müssen, die wiederum durch verminderte Ausgaben der Steuerpflichtigen (z. B. sinkender privater Konsum) kompensiert werden. Entsprechend werden die durch das EEG oder Mindestquoten verursachten Mehrkosten beim Strom oder den Kraftstoffen durch Minderausgaben der Abnehmer an anderer Stelle kompensiert. Entscheidend für die Höhe dieser Effekte ist also nicht die Art der Förderung, sondern die Höhe der Mehrkosten, die das Ausmaß des erforderlichen kompensatorischen Effekts bestimmt. Daher war es im Rahmen dieser Studie nicht erforderlich, über die von meo et al. vorgegebenen Gesamtmengen an Biokraftstoffen hinaus weitere Aufteilungen hinsichtlich der Anteile vorzunehmen, die als Reinkraftstoff oder Beimischung eingesetzt werden.

5.2 Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Modellanalysen vorgestellt, die aus der Verwendung und der Produktion von nachwachsenden Rohstoffen aus der Landwirtschaft im Bereich Verkehr resultieren. Die Berechnungen basieren auf den in Abschnitt 4.2.1 skizzierten Szenarien und werden für die Jahre 2004, 2010 und 2020 durchgeführt. Sie beinhalten die Beschäftigung, die jeweils auf die drei nachwachsenden Rohstoffe Ethanol, Biodiesel/Pflanzenöl sowie BTL-Kraftstoffe entfallen.

Brutto-Beschäftigung

Zur Berechnung der Beschäftigten, die bei der Umwandlung der nachwachsenden Rohstoffe in Kraftstoffe entstehen, wurde auf spezifische Werte aus der ProBas-Datenbank sowie weitere Literatur zurückgegriffen. Hierbei wurde jeweils die Summe der Prozessbestandteile berücksichtigt. Der herangezogene Kennwert beziffert jeweils die direkt Beschäftigten in Abhängigkeit des Outputs an Kraftstoff. Folgende Ergebnisse sind für die 3 Kraftstofftypen festzuhalten:

- Die spezifischen Beschäftigungsintensitäten der Umwandlung in Ethanol unterscheiden sich bei den einzelnen eingesetzten Rohstoffen sehr stark. Für die Umwandlung in Ethanol wurden die Faktoren für die unterschiedlichen nachwachsenden Rohstoffe ermittelt und entsprechend den jeweiligen Einsatzverhältnissen zu einem Gesamtkennwert verdichtet. Dieser Durchschnittswert liegt – bezogen auf den PJ Output – von den hier betrachteten drei Kraftstoffalternativen am niedrigsten. Auf Grund der geringen Produktion von Ethanol im Jahr 2004 ist die direkte Beschäftigung im Umwandlungsprozess vernachlässigbar gering. Für das Jahr 2010 ist mit einem Anstieg auf 400 Personen zu rechnen. Danach steigt die Anzahl der direkt in der Umwandlung beschäftigten Personen auf gut 600 Erwerbstätige im Jahr 2020 an.
- Die spezifischen Kennwerte für die Umwandlung von Raps in Biodiesel berücksichtigen sowohl den (etwas arbeitsintensiveren) Prozessschritt der Herstellung des Pflanzenöls als auch den Prozessschritt der Umesterung in Rapsmethylester. Im Jahr 2004 konnten gut 800 Personen direkt der Umwandlung in Biodiesel zugerechnet werden. Dieser Wert steigt auf knapp 1.300 Erwerbstätige in 2010 und etwa 1.900 in 2020.
- Entsprechend den Annahmen findet eine BTL-Produktion erst nach dem Jahr 2010 statt. Auf Grund der noch bestehenden technischen Unklarheiten sind die von der ProBas-Datenbank übernommenen Beschäftigungskennziffern mit noch größeren Unsicherheiten verbunden, als es bei entsprechenden Langfristschätzungen ohnehin der Fall ist. Insgesamt ergibt sich für den angenommenen Output eine direkt zu-rechenbare Beschäftigung in Höhe von gut 2.100 Personen.

Die Berechnung der Brutto-Beschäftigung beim Anbau der nachwachsenden Rohstoffe in der Landwirtschaft (ohne Transportleistungen) erfolgte ebenfalls auf Basis detaillier-

ter Bottom-up-Abschätzungen. Hierzu wurde jeweils ein direkter Koeffizient herangezogen, der die Beschäftigung in Abhängigkeit der Hektarzahl berechnet, die zum gezielten Anbau der nachwachsenden Rohstoffe eingesetzt werden muss (vgl. Abschnitt 4.3). Folgende Ergebnisse sind hervorzuheben:

- Auf den Anbau nachwachsender Rohstoffe zur Produktion von Ethanol ergibt sich für 2010 ein Anstieg der Beschäftigung auf etwa 4.100 Personen, um danach wieder auf etwa 3.200 Personen abzusinken.
- Beim Biodiesel ergibt sich die direkt dem Anbau zurechenbare Beschäftigung aus den spezifischen Arbeitskoeffizienten für den Rapsanbau. Hier steigt die Anzahl der zurechenbaren Beschäftigung von etwa 8.200 in 2004 kontinuierlich auf etwa 8.600 Personen in 2010 und 8.800 Personen in 2020 an.
- Die Berechnung der direkten Beschäftigung beim Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für die Produktion von BTL-Kraftstoffen erfolgt entsprechend der Szenarieneildung für eine Mischung aus KUP, Miscanthus und Energiepflanzen einerseits und Stroh andererseits. Unter den getroffenen Annahmen würde sich die Beschäftigung beim Anbau dieser beiden nachwachsenden Rohstoffe auf gut 3.800 Personen belaufen.

Für die Berechnung der diversen Vorleistungen zum Betrieb der Anlagen zur Kraftstoffherstellung war es in einem ersten Schritt erforderlich, die Gesamtsumme der Impulse aufzuzeigen und auf die einzelnen großen Blöcke aufzuteilen, für die Submodule im Modell gebildet wurden. Ein wichtiger Ausgangspunkt hierfür war der Abgleich der Erlöse aus dem Betrieb der Umwandlungsanlagen mit Angaben zur Kostenstruktur, da letztendlich aus diesen Erlösen die Wertschöpfung, die Kosten für Transport und neben den Kosten für die direkt in der Landwirtschaft erzeugten nachwachsenden Rohstoffen auch noch die Kosten für die restlichen diversen Inputs erlöst werden müssen. Hinzu kamen Angaben zur Kosten- und Erlösstruktur hinsichtlich Transport und Handel sowohl der im Inland erzeugten als auch der importierten Biokraftstoffe. Mit Hilfe dieser Analysen wurde der Dateninput für die Anwendung des ISIS-Modells abgeleitet, mit dem die Beschäftigung aus der Bereitstellung von Vorleistungen berechnet wurde. Es ist zu berücksichtigen, dass die Beschäftigung in der Umwandlung der nachwachsenden Rohstoffe in die Biokraftstoffe sowie die Arbeitskräfte in der Landwirtschaft, die zum gezielten Anbau der nachwachsenden Rohstoffe erforderlich sind, bereits durch direkte Abschätzungen berücksichtigt wurden. Um Doppelzählungen zu vermeiden, wurden daher die Impulse, die auf die Beschäftigung in der Herstellung der Biokraftstoffe entfallen sowie auf die Entlohnung der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft, die zum gezielten Anbau der nachwachsenden Rohstoffe erforderlich sind, im Modell ausgeblendet.

Für die verbleibenden Blöcke der Nachfrageimpulse, die eng mit den bisher betrachteten Blöcken verbunden sind (Transport, Handel) oder indirekte Vorleistungen darstellen, wurden auf Basis technologischer Überlegungen jeweils eigene Nachfragemodule gebildet, die die spezifische Vorleistungsstruktur sektorspezifisch abbilden. Diese neu gebildeten Module, in ihrer Gesamtheit vereinfachend als Vorleistungen bezeichnet, wurden ins Modell integriert und durch die abgeleiteten Nachfrageimpulse direkt angestoßen. Durch die Integration der neu gebildeten Sektoren ins Modell wird auch die Beschäftigung erfasst, die bei der Bereitstellung von Vorleistungen für diese Module anfällt. Für die einzelnen Kraftstofftypen zeigt sich folgendes Bild:

- Beim Ethanol steigt die Beschäftigung in diesen Vorleistungsmodulen von knapp 200 Personen in 2004 auf etwa 7.600 Personen in 2010 an, nimmt danach aber nur noch geringfügig zu.
- Die Beschäftigung in diesen Vorleistungsmodulen steigt beim Biodiesel von knapp 7.000 Beschäftigten in 2004 auf 9.500 Beschäftigte in 2010 und etwa 12.000 Beschäftigte in 2020 an.
- Bei den BTL-Kraftstoffen beträgt die Beschäftigung bei der Bereitstellung dieser Vorleistungen im Jahre 2020 knapp 27.000 Personen.

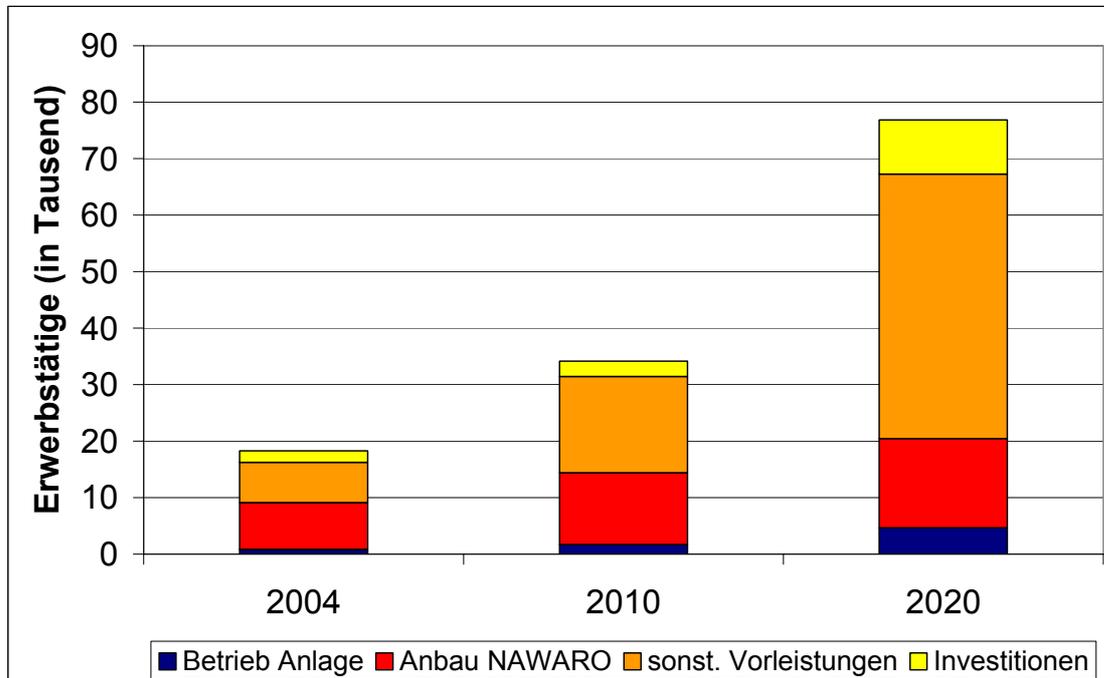
Für die Berechnung der Beschäftigung, die auf die Vornahme von Investitionen für die Umwandlungsanlagen sowie auf Investitionen für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen entfällt, wurde auf die im vorigen Kapitel ermittelten Investitionsvolumina zurückgegriffen. Auf Basis technologiespezifischer Abschätzungen erfolgte dann die Aufteilung der Investitionsvolumina auf sektorspezifische Nachfrageimpulse. Hierzu wurde ein Submodul gebildet und ins Modell integriert. Folgende Ergebnisse stellen sich ein:

- Auf Basis des kontinuierlichen Kapazitätsaufbaus von Umwandlungsanlagen sowie steigender Investitionen der Landwirtschaft ergibt sich bei Bioethanol eine investitionsinduzierte Beschäftigung in Höhe von gut 1.400 Personen für 2010. Auf Grund des nachlassenden Zubaus von Umwandlungsanlagen und steigender Arbeitsproduktivitäten sinkt dann der Wert bis 2020 trotz zunehmender Investitionen aus der Landwirtschaft auf ca. 600 Personen ab.
- Die investitionsinduzierte Beschäftigung beim Biodiesel betrug in 2004 in etwa 2.000 Personen. Einer Abnahme auf knapp 1.300 Personen folgt eine leichte Zunahme auf 1.400 Personen in 2020.
- Der Zubau an BTL-Anlagen nach 2010 sorgt für eine investitionsinduzierte Beschäftigung im Jahr 2020 in Höhe von knapp 7.600 Personen.

In Abbildung 5.1 und Abbildung 5.2 ist jeweils die Entwicklung der Beschäftigung bei der Bereitstellung von Kraftstoffen aufgezeichnet. Während Abbildung 5.1 die oben skizzierten Entwicklungen für die einzelnen Wertschöpfungsketten (d. h. direkte Effekte beim Anbau NAWARO und der industrielle Weiterverarbeitung in den Anlagen sowie indirekte Effekte durch Kauf von Vorleistungsgütern und induzierte Effekte durch Investitionen) aufzeigt, vermittelt Abbildung 5.2 einen Eindruck der Entwicklung für die drei Kraftstoffarten. Fasst man die einzelnen Ergebnisse zusammen, sind mehrere Trends zu beobachten.

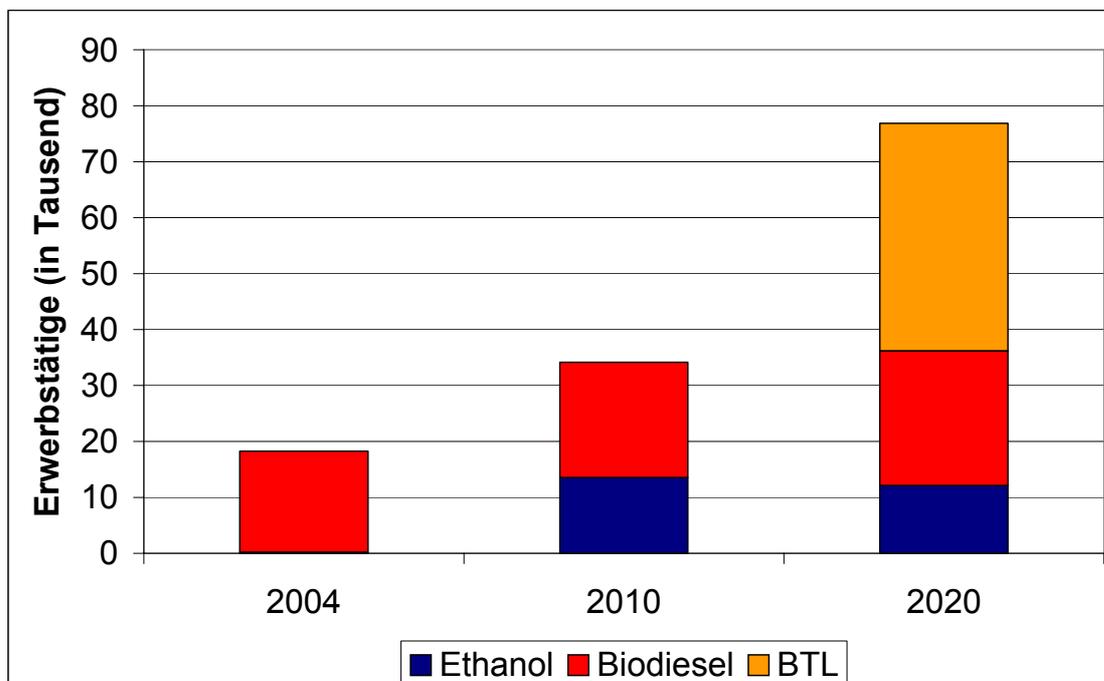
- Die Brutto-Beschäftigung bei Ethanol schnell durch die Bereitstellung heimischer Kapazitäten nach oben und erreicht in etwa 13.500 Personen in 2010. Danach verliert der Teilmarkt für Ethanol an Dynamik. In der Folge kommt es bei allgemein zunehmenden Arbeitsproduktivitäten im Saldo zu leicht abnehmenden Beschäftigungszahlen im Jahr 2020 (12.100).
- Die Brutto-Beschäftigung durch Biodiesel steigt stetig an und erreicht nach einem Ausgangswert von etwa 18.000 Personen knapp 24.000 Personen in 2020. Da das Wachstum des Absatzes stark durch Importe geprägt ist, kommt den Beschäftigungseffekten durch Investitionen in neue Umwandlungsanlagen keine hohe Bedeutung zu.
- Der Kapazitätsaufbau in BTL-Anlagen beginnt nach 2010 und führt dann zu einem beachtlichen Marktvolumen. Damit verbunden ist eine erhebliche Brutto-Beschäftigung, die sich im Jahr 2020 auf gut 40.000 Personen beläuft. Hierdurch gewinnt die Brutto-Beschäftigung, die im Jahr 2004 etwas über 18.000 Personen betrug und danach bis 2010 auf gut 34.000 Personen wächst, nochmals erheblich an Dynamik. Insgesamt ist unter den getroffenen Annahmen im Jahr 2020 mit einer Brutto-Beschäftigung durch Biokraftstoffe in Höhe von knapp 77.000 Personen zu rechnen.

Abbildung 5.1: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Abbildung 5.2: Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe, differenziert nach Teilssegmenten



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

5.3 Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse

In diesem Abschnitt bleiben entsprechend der Abstimmung mit dem Auftraggeber Potenziale aus der Verwendung und dem Anbau von Holz in der Forstwirtschaft bei der Berechnung der Brutto-Beschäftigung von nachwachsenden Rohstoffen aus der Landwirtschaft unberücksichtigt. Die Berechnungen basieren auf den in Abschnitt 4.2.2 skizzierten Szenarien und werden für die Jahre 2004, 2010 und 2020 durchgeführt. Die prinzipielle Vorgehensweise und die Darstellungsweise orientiert sich an dem bereits beschriebenen Muster.

Zur Berechnung der Beschäftigten, die dem Betrieb der Biogasanlagen bzw. der Kraftwerke zuzuordnen sind, wurde auf spezifische Werte aus der ProBas-Datenbank zurückgegriffen. Danach ergeben sich für die Jahre 2004 gut 600 Erwerbstätige beim Betrieb der Anlagen. Bis zum Jahr 2010 steigt diese Zahl auf über 1.800 Erwerbstätige an, und erreicht 2020 den Wert von gut 2.500 Erwerbstätigen.

Die Berechnung der Brutto-Beschäftigung beim Anbau der nachwachsenden Rohstoffe in der Landwirtschaft (ohne Transportleistungen) erfolgte ebenfalls auf Basis detaillierter Bottom-up-Abschätzungen. Für die in Abschnitt 4.2.2 aufgeführten NAWARO ist eine direkte Beschäftigung von etwa 200 Vollzeitbeschäftigungsäquivalenten für den gezielten Anbau von nachwachsenden Rohstoffen für den Einsatz im Strom-Wärmebereich im Jahr 2004 zu verzeichnen. Für die Jahre 2010 bzw. 2020 ist entsprechend den Angaben von Meó et al. (2006) sowohl mit einer Steigerung der Stromerzeugung auf Basis von Biomasse als auch einer Verschiebung hin zu speziell dafür angebauten NAWARO zu rechnen. Hieraus ergibt sich eine direkte Beschäftigung von gut 2.200 Erwerbstätigen für den gezielten Anbau von nachwachsenden Rohstoffen im Jahr 2010. Für 2020 liegt der entsprechende Wert bei gut 3.300 Erwerbstätigen.

Für die Berechnung der diversen Vorleistungen für den Biogas-Anlagenbetrieb und die Bereitstellung des Inputs war es in einem ersten Schritt erforderlich, die Gesamtsumme der Impulse aufzuzeigen, die durch die Anlagen induziert werden. Ein wichtiger Ausgangspunkt hierfür war der Abgleich der Erlöse aus dem Betrieb der Anlagen mit Angaben zur Kostenstruktur, da letztendlich aus diesen Erlösen die Wertschöpfung, die Kosten für Transport und neben den Kosten für die direkt in der Landwirtschaft erzeugten nachwachsenden Rohstoffe auch noch die Kosten für die restlichen diversen Inputs erlöst werden müssen. Mit Hilfe dieser Angaben wurde der Dateninput für die Anwendung des ISIS-Modells abgeleitet, mit dem die direkte und indirekte Beschäftigung aus der Bereitstellung von Vorleistungen berechnet wurde. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die direkte Beschäftigung in den Anlagen sowie die Arbeitskräfte in der Landwirtschaft, die zum gezielten Anbau der nachwachsenden Rohstoffe erforderlich

sind, bereits durch direkte Abschätzungen berücksichtigt wurden. Um Doppelzählungen zu vermeiden, wurden daher die Impulse, die auf die Beschäftigung in der Biogasanlage sowie auf die Entlohnung der Arbeitskräfte in der Landwirtschaft, die zum gezielten Anbau der nachwachsenden Rohstoffe erforderlich sind, im Modell ausgeblendet.

Für die verbleibenden Blöcke der Nachfrageimpulse wurden auf Basis technologischer Überlegungen jeweils eigene Nachfragemodule gebildet, die die spezifische Vorleistungsstruktur sektorspezifisch abbilden. Diese neu gebildeten Module wurden ins Modell integriert und durch die abgeleiteten Nachfrageimpulse direkt angestoßen. Durch die Integration der neu gebildeten Sektoren ins Modell werden zugleich auch die Beschäftigungen erfasst, die bei der Bereitstellung von Vorleistungen für diese Module anfallen. Insgesamt ergeben sich für das Jahr 2004 entsprechend dieser Vorgehensweise zusätzlich zu den oben abgeleiteten direkten Beschäftigungszahlen knapp 1.800 weitere indirekt beschäftigte Erwerbstätige. Bedingt durch den Ausbau der Stromproduktion auf Basis von NAWARO steigt auch die Zahl der indirekt Beschäftigten zur Bereitstellung von Vorleistungen auf knapp 5.300 Erwerbstätige in 2010 bzw. etwa 5.800 Beschäftigte in 2020.

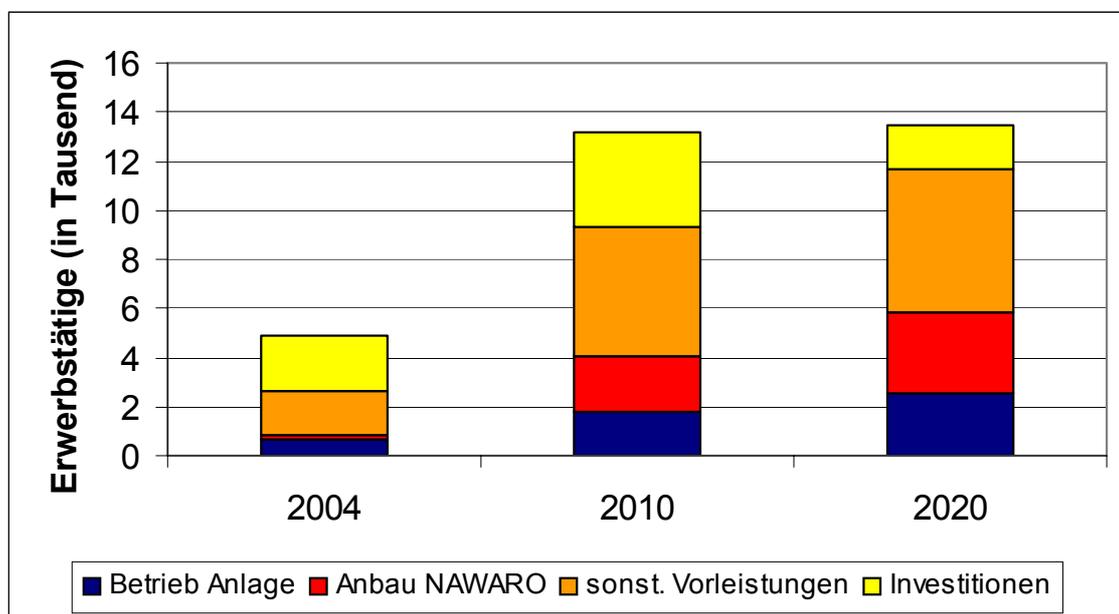
Für die Berechnung der Beschäftigung, die auf die Vornahme von Investitionen für die Anlagen entfällt, ist es zunächst erforderlich, die entsprechenden Investitionsvolumina abzuleiten.⁶ Hierzu wird erstens auf die im vorigen Abschnitt abgeleiteten Größen zurückgegriffen. Zweitens erfolgt eine Berechnung der Investitionsvolumina, die durch den gezielten Anbau von nachwachsenden Rohstoffen in der Landwirtschaft induziert werden. Hierzu wird der spezifische Investitionswert von Ackerbaubetrieben pro Hektar Fläche herangezogen. Auf Basis technologiespezifischer Abschätzungen erfolgt dann in einem dritten Schritt die Aufteilung der Investitionsvolumina auf sektorspezifische Nachfrageimpulse. Hierzu wird ein Submodul gebildet und ins Modell integriert. Das Ergebnis der Modellläufe zeigt einen Anstieg der investitionsinduzierten Beschäftigung von knapp 2.300 Erwerbstätigen im Jahr 2004 auf gut 3.800 Arbeitsplätze im Jahr 2010. Für das Jahr 2020 ist dann wieder mit einem Rückgang der investitionsinduzierten Beschäftigung auf knapp 1.900 Beschäftigte zu rechnen. Dieser Rückgang kommt durch sinkende Kapazitätzunahmen, weitere Kostendegressionen sowie im Zeitablauf

⁶ Entsprechend der Systematik der Input-Output-Analyse können die Abschreibungen eines Sektors, die als Bestandteil der Wertschöpfung bilanziert sind, nicht als Basis zur Berechnung der Beschäftigung herangezogen werden, die durch die Investition dieses Sektors in einem bestimmten Jahr induziert werden. Denn bei ersterer Größe handelt es sich um Finanzströme zur Refinanzierung des periodenübergreifend akkumulierten Kapitalstocks, bei letzterer Größe um die Änderung des Kapitalstocks in einer einzelnen Periode.

kontinuierlich ansteigende Arbeitsproduktivitäten zu Stande. Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass es sich im betrachteten Zeitraum um eine Phase des Kapazitätsaufbaus handelt, in der der Ansatz von abgeschriebenen Anlagen eine untergeordnete Rolle spielt. Mit weiter zunehmendem Betrachtungszeitraum über das Jahr 2020 hinaus ist diese Annahme nicht mehr gerechtfertigt. Vielmehr dürfte dann das Investitionsvolumen neben einem evt. weiteren Kapazitätsaufbau in weitaus größerem Ausmaß auch durch einen Reinvestitionszyklus der Anlagen gekennzeichnet sein.

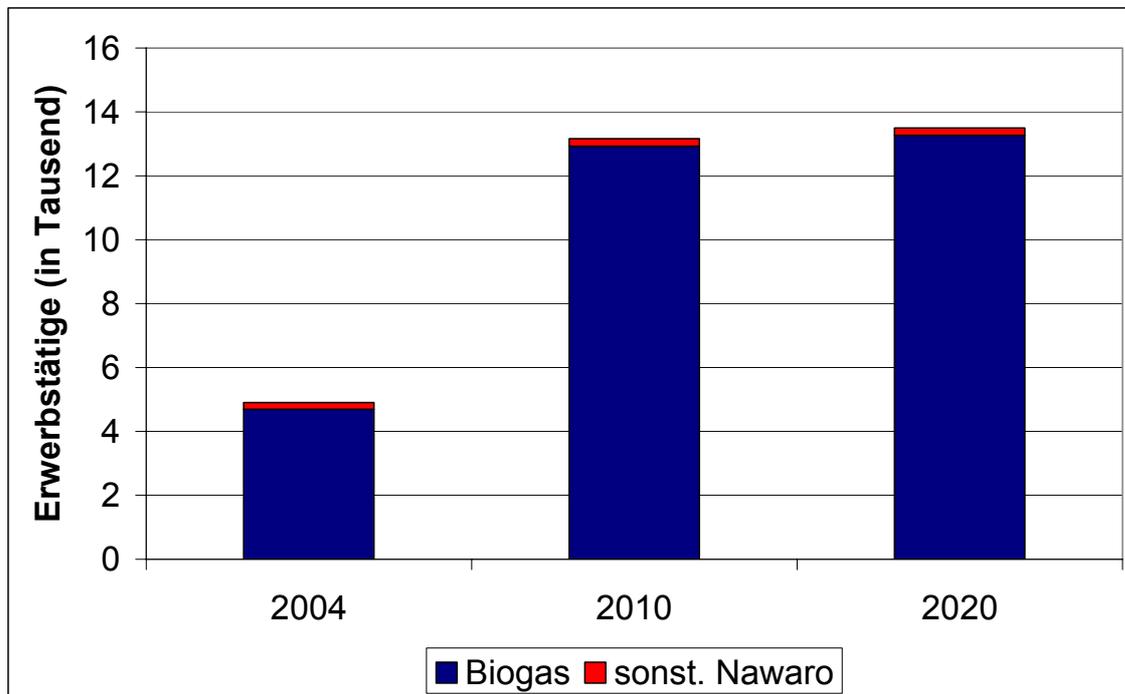
Fasst man die einzelnen Ergebnisse zusammen, sind mehrere Trends zu beobachten. Die Brutto-Beschäftigung im Verwendungsbereich Strom und Wärme steigt bis 2010 deutlich, danach nur noch schwach an. Im Jahr 2004 beträgt sie in etwa 4.900 Erwerbstätige. Unter den in den Szenarien für 2010 und 2020 angenommen Bedingungen ist zu erwarten, dass sie auf über 13.000 Erwerbstätige in 2010 und etwa 13.500 Erwerbstätige in 2020 ansteigen wird. Gleichzeitig nimmt der Anteil an nachwachsenden Rohstoffen, die gezielt für den Biogaseinsatz angebaut werden, nach 2004 deutlich zu, andererseits nimmt der Anteil der investitionsinduzierten Beschäftigung nach 2010 ab.

Abbildung 5.3: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Abbildung 5.4: Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 u. 2020 für den Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse, differenziert nach Teilsegmenten



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

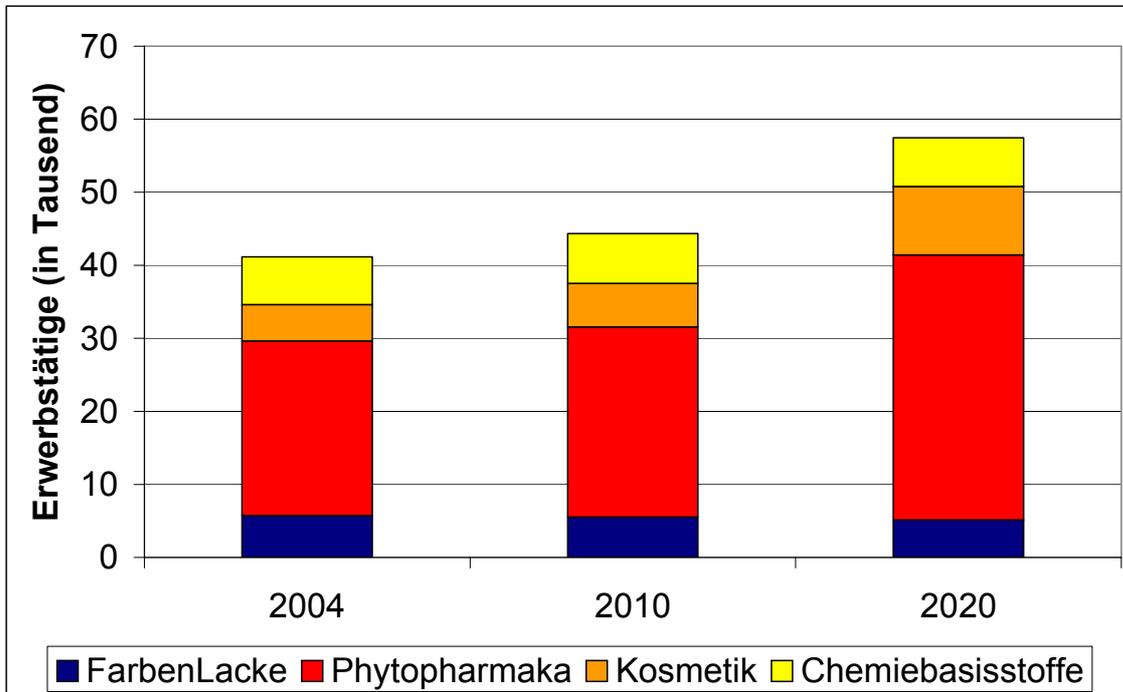
5.4 Verwendungsbereich Chemierohstoffe

Die prinzipielle Vorgehensweise zur Herleitung der verschiedenen Beschäftigungswirkungen orientiert sich an den Ausführungen der vorigen Abschnitte. Daher steht im Folgenden bei den Chemierohstoffen und Werkstoffen nur noch die Ergebnisdarstellung im Fokus. Für die in Tabelle 4.17, S.84, unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen für den Verwendungsbereich Chemierohstoffe ergeben sich die in Abbildung 5.5 dargestellten Beschäftigungseffekte:

- **Basisszenario 2004:** Insgesamt sind in 2004 rund 41.200 Erwerbstätige an das NAWARO-Marktpotenzial geknüpft. Hiervon entfallen 58 % auf Phytopharmaka (23.900), 16 % auf Chemiebasisstoffe Fette/Öle, Stärke, Zucker, Cellulose und biogene Schmierstoffe (6.500, davon ca. 400 biogene Schmierstoffe), 14 % auf Farben und Lacke (5.800) und 12 % auf Naturkosmetik (4.900).
- **Basisszenario 2010:** In 2010 sind insgesamt 44.400 Erwerbstätige mit dem NAWARO-Marktpotenzial verbunden. Dies bedeutet ein Anstieg gegenüber 2004 um 8 %. 59 % des Gesamt-Beschäftigungspotenzials entfallen auf Phytopharmaka (26.000), 15 % auf Chemiebasisstoffe inklusive (6.800, davon ca. 400 biogene Schmierstoffe), 14 % auf Naturkosmetik (5.900) und 12 % auf Farben und Lacke (5.500).
- **Basisszenario 2020:** In 2010 entspricht das NAWARO-Marktpotenzial 57.400 Arbeitsplätzen (+29 % gegenüber 2010, +39 % gegenüber 2004). Hiervon entfallen 63 % auf Phytopharmaka (36.200), 16 % auf Naturkosmetik (9.300), 12 % auf Chemiebasisstoffe inklusive biogene Schmierstoffe (6.600, davon ca. 300 biogene Schmierstoffe) und 9 % auf Farben und Lacke (5.200).
- **Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte** (Abbildung 5.6): Der gesamtwirtschaftliche Beschäftigungseffekt wird mit dem Indikator der direkt Erwerbstätigen unzureichend erfasst. In 2004 induziert jeder der 18.800 direkten NAWARO-Arbeitsplätze (davon sind 2.900 mit dem NAWARO-Anbau verbunden) weitere ca. 1,2, d. h. insgesamt 22.400 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren (davon entfallen 1.900 auf Investitionen). Diese Multiplikatorwerte für 2010 liegen bei 1,2 (24.600/19.700) und 2020 bei 1,4 (32.900/24.600).

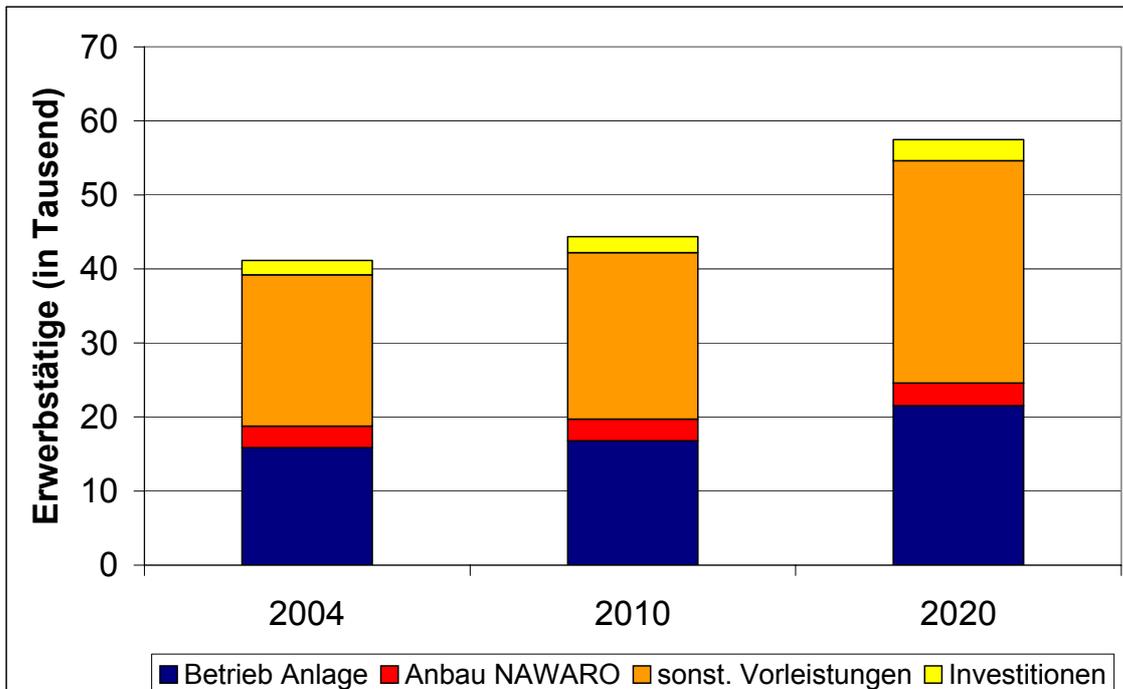
Im gesamten Betrachtungszeitraum sind rund 38 % der Gesamtbeschäftigten mit dem Betrieb der Anlagen der industriellen Weiterverarbeitung verknüpft, rund 5 % entfallen auf die investitionsinduzierten Beschäftigungseffekte. Der Anteil der Beschäftigten im Bereich Anbau NAWARO sinkt von ca. 7 % in 2004 auf 5 % in 2020, wohingegen der Bereich indirekte Beschäftigte in vorgelagerten Zulieferersektoren von 50 % in 2004 auf 52 % in 2020 ansteigt.

Abbildung 5.5: Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich Chemierohstoffe, differenziert nach Teilsegmenten



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Abbildung 5.6: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich Chemierohstoffe

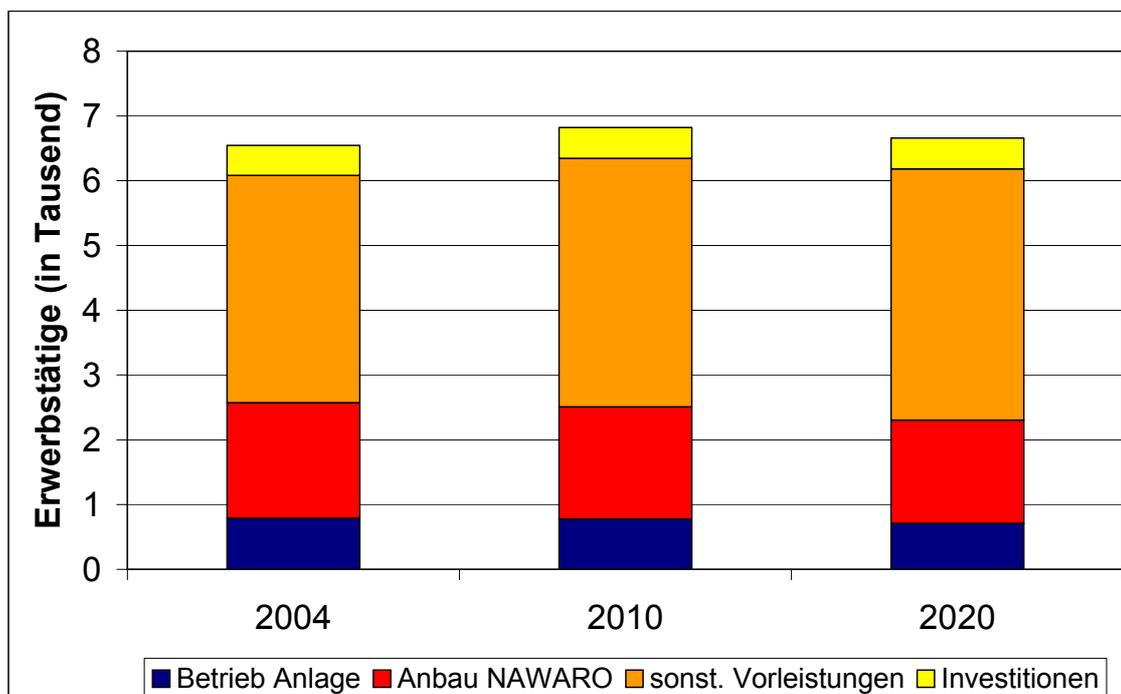


Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Chemiebasisstoffe Fette/Öle, Stärke, Zucker, Cellulose und biogene Schmierstoffe

Für die in Tabelle 4.17, S.84, unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen für das Teilsegment Chemiebasisstoffe (inkl. biogene Schmierstoffe) ergeben sich die in Abbildung 5.7 dargestellten Brutto-Beschäftigungseffekte: Die Zahl der Erwerbstätigen steigt geringfügig von 6.500 in 2004 (davon entfallen ca. 400 auf biogene Schmierstoffe) auf rund 6.800 in 2010 (davon entfallen ca. 400 auf biogene Schmierstoffe) und sinkt dann wieder auf 6.600 in 2020 (davon entfallen ca. 300 auf biogene Schmierstoffe), d. h. der Anstieg des Marktpotenzials entspricht im Zeitraum 2004 bis 2020 in etwa dem Produktivitätsfortschritt, so dass es zu keinen positiven Beschäftigungseffekten kommt.

Abbildung 5.7: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Chemiebasisstoffe (inkl. biogene Schmierstoffe)



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte: In 2004 induziert jeder der 2.600 direkten NAWARO-Arbeitsplätze (davon sind 1.800 mit dem NAWARO-Anbau und 800 mit der industriellen Weiterverarbeitung verbunden) weitere ca. 1,5, d. h. insgesamt 4.000 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren (davon entfallen 500 auf Investitionen). Die Multiplikatorenwerte für die indirekten und (investitions-)induzierten Beschäftigungseffekte liegen in 2010 bei 1,6 und in 2020 bei 2,0. Die Ursache für den Anstieg

liegt in den unterstellten höheren Produktivitätsfortschritten im Chemiesektor im Vergleich zu den Sektoren in den vorgelagerten Sektoren (z. B. FuE-Dienstleistungen, unternehmensbezogene Dienstleistungen und Baugewerbe). Von den 400 Beschäftigten bei den biogenen Schmierstoffen in 2004 und 2010 entfallen etwa 200 auf direkt Beschäftigte (davon rund 30 beim NAWARO-Anbau) und rund 200 auf indirekte und (investitions-)induzierte Effekte (davon 30 auf Investitionen).

Im gesamten Betrachtungszeitraum sind rund 9-10 % der Gesamtbeschäftigten mit dem Betrieb der Anlagen der industriellen Weiterverarbeitung verknüpft, rund 7 % entfallen auf investitionsinduzierte Beschäftigungseffekte. Der Anteil der Beschäftigten im Bereich Anbau NAWARO sinkt von ca. 28 % in 2004 auf 25 % in 2020, wohingegen der Bereich der indirekten Beschäftigten in vorgelagerten Sektoren von 54 % in 2004, 57 % in 2010 auf 60 % in 2020 ansteigt.

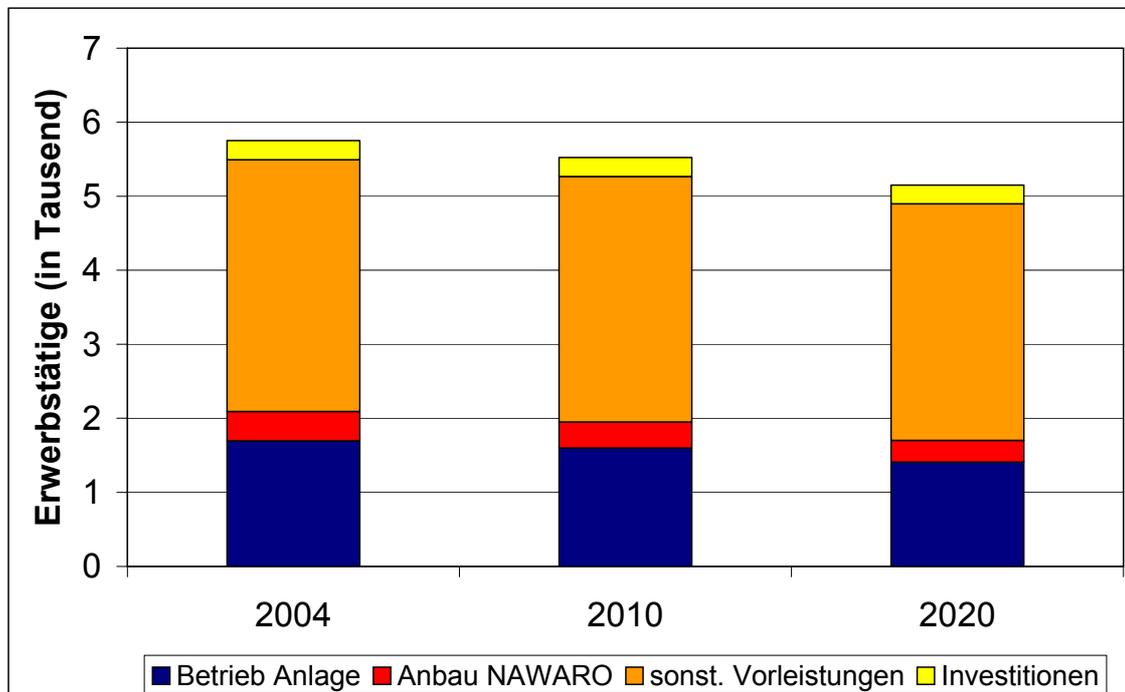
Farben und Lacke

Für die in Tabelle 4.17, S.84, unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen für das Teilsegment Farben und Lacke ergeben sich die in Abbildung 5.8 dargestellten Beschäftigungseffekte: Trotz eines Anstieges des Marktpotenzials sinkt die Zahl der Erwerbstätigen auf Grund von Produktivitätssteigerungen von 5.800 in 2004 auf rund 5.500 in 2010 und 5.200 in 2020. Dies entspricht einem Beschäftigungsrückgang von ca. 10 % im gesamten Betrachtungszeitraum.

Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte: In 2004 induziert jeder der 2.100 direkten NAWARO-Arbeitsplätze (davon sind 400 mit dem NAWARO-Anbau und 1.700 mit der industriellen Weiterverarbeitung verbunden) weitere ca. 1,8, d. h. insgesamt 3.700 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren (davon entfallen rund 300 auf Investitionen). Die Multiplikatorenwerte für die indirekten und (investitions-)induzierten Beschäftigungseffekte liegen in 2010 bei 1,9 und in 2020 bei 2,1. Die Ursache für den Anstieg liegt ebenfalls in den unterstellten höheren Produktivitätsfortschritten im Chemiesektor im Vergleich zu den Sektoren in den vorgelagerten Sektoren, was geringere direkte Beschäftigungseffekte zur Folge hat.

Im gesamten Betrachtungszeitraum sind rund 27 % (2020) bis 30 % (2004) der Gesamtbeschäftigten mit dem Betrieb der Anlagen der industriellen Weiterverarbeitung verknüpft, rund 4-5 % entfallen auf investitionsinduzierte Beschäftigungseffekte. Der Anteil der Beschäftigten im Bereich Anbau NAWARO sinkt von ca. 7 % in 2004 auf 6 % in 2020, wohingegen der Bereich der indirekten Beschäftigten in vorgelagerten Sektoren von 59 % in 2004 auf 62 % in 2020 ansteigt.

Abbildung 5.8: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Farben und Lacke



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Phytopharmaka

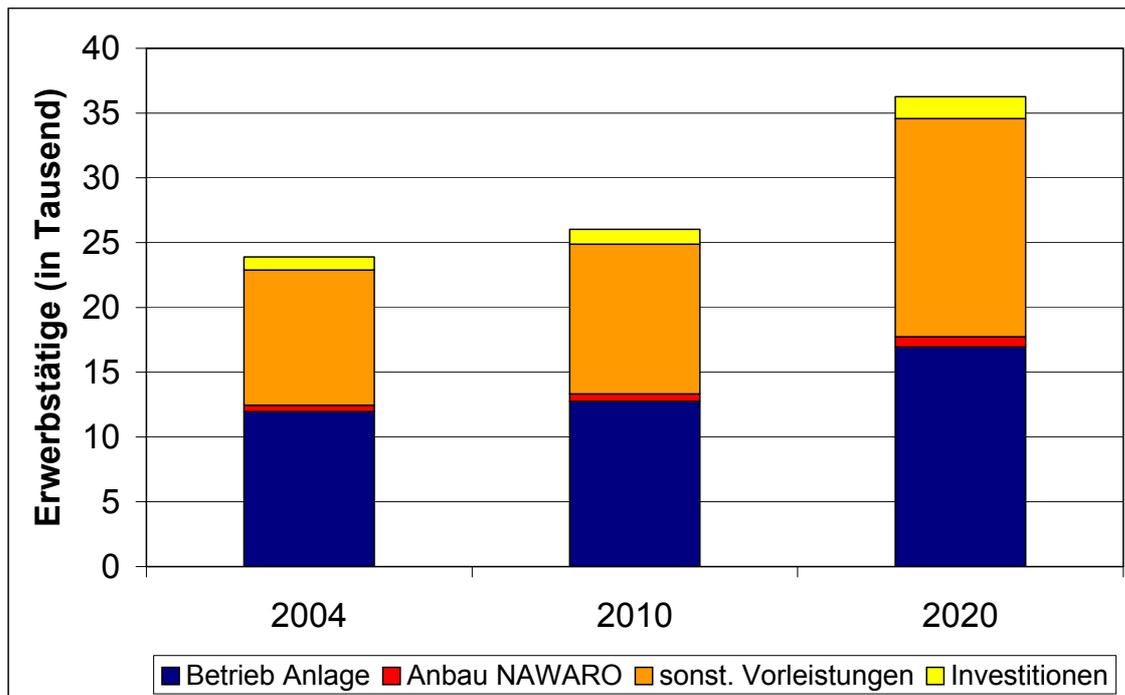
Für die in Tabelle 4.17, S.84, unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen für das Teilsegment Phytopharmaka ergeben sich die in Abbildung 5.9 dargestellten Beschäftigungseffekte: Die Zahl der Erwerbstätigen steigt von 23.900⁷ in 2004 auf rund 26.000 in 2010 und 36.200 in 2020. Dies entspricht einem Beschäftigungszuwachs von ca. 52 % im gesamten Betrachtungszeitraum.

Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte: In 2004 induziert jeder der 12.500 direkten NAWARO-Arbeitsplätze (davon sind auf Grund der hohen Importe von Arznei- und Heilpflanzen nur 500 mit dem NAWARO-Anbau und 11.900 mit der industriellen Weiterverarbeitung verbunden) weitere ca. 0,92, d. h. insgesamt 11.400 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren (davon entfallen rund 1.000 auf Investitionen). Die Multiplikatorenwerte für die indirekten und (investitions-)induzierten Beschäftigungseffekte

⁷ Bei Phytopharma und Naturkosmetik wurde ebenso wie bei biogenen Kraftsstoffen unterstellt, dass es sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette um NAWARO-spezifische Produktionsprozesse handelt, so dass alle Wertschöpfungsstufen bis hin zum Endprodukt beschäftigungswirksam werden.

liegen in 2010 bei 0,95 und in 2020 bei 1,05. Die Ursache für den Anstieg liegt ebenfalls in den unterstellten höheren Produktivitätsfortschritten im Pharmateilsegment im Vergleich zu den Sektoren in den vorgelagerten Sektoren.

Abbildung 5.9: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Phytopharmaka



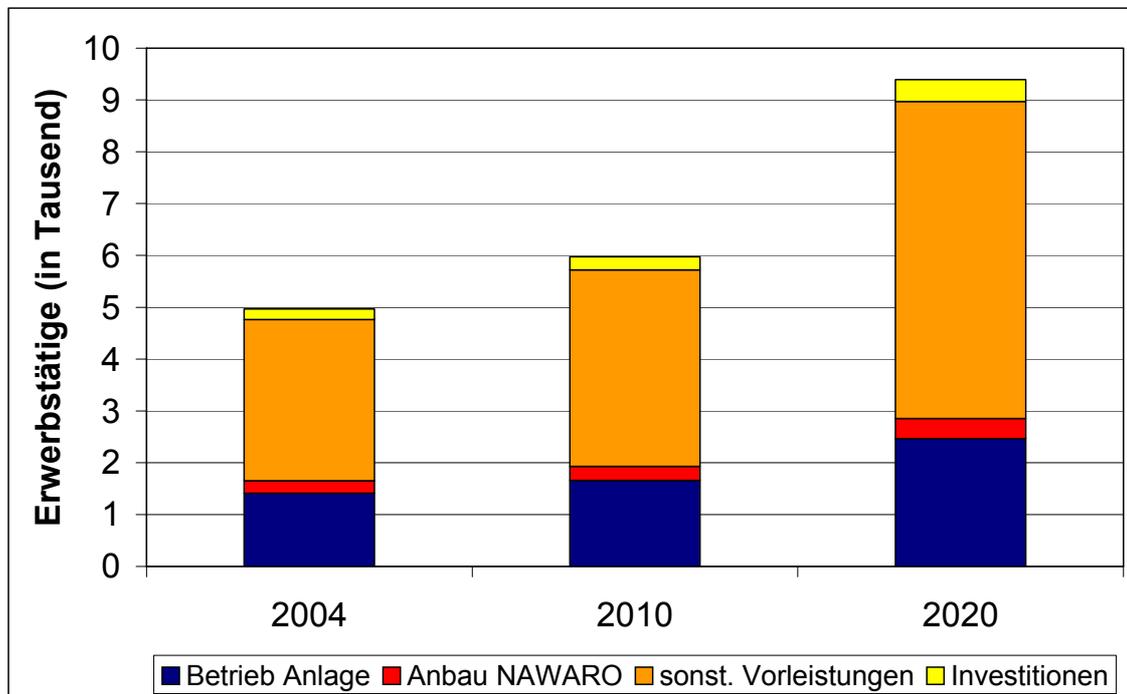
Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Im gesamten Betrachtungszeitraum sind rund 47 % (2020) bis 50 % (2004) der Gesamtbeschäftigten mit dem Betrieb der Anlagen der industriellen Weiterverarbeitung verknüpft, rund 4-5 % entfallen auf investitionsinduzierte Beschäftigungseffekte. Der Anteil der Beschäftigten im Bereich Anbau NAWARO beträgt auf Grund der hohen Importe von Arznei- und Heilpflanzen im gesamten Betrachtungszeitraum ca. 2 %. Im Bereich der indirekten Beschäftigten in vorgelagerten Sektoren steigt der Anteil von 44 % in 2004 auf 46 % in 2020 an.

Naturkosmetik

Für die in Tabelle 4.17, S.84, unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen für das Teilsegment Naturkosmetik ergeben sich die in Abbildung 5.10 dargestellten Beschäftigungseffekte: Die Zahl der Erwerbstätigen steigt von 4.900 in 2004 auf rund 5.900 in 2010 und 9.300 in 2020. Dies entspricht einem Beschäftigungszuwachs von knapp unter 90 % im gesamten Betrachtungszeitraum.

Abbildung 5.10: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Naturkosmetik



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte: In 2004 induziert jeder der 1.700 direkten NAWARO-Arbeitsplätze (davon sind auf Grund der hohen Importe von Arznei- und Heilpflanzen und Fetten und Ölen nur knapp über 200 mit dem NAWARO-Anbau und 1.400 mit der industriellen Weiterverarbeitung verbunden) weitere ca. 2,1, d. h. insgesamt 3.300 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren (davon entfallen rund 200 auf Investitionen). Die Multiplikatorenwerte für die indirekten und (investitions-)induzierten Beschäftigungseffekte liegen in 2010 bei 2,1 und in 2020 bei 2,3. Die Ursache für den Anstieg liegen auch hier an den unterstellten höheren Produktivitätsfortschritten im Chemiesektor im Vergleich zu den Sektoren in den vorgelagerten Sektoren.

Im gesamten Betrachtungszeitraum sind rund 26 % (2020) bis 28 % (2004) der Gesamtbeschäftigten mit dem Betrieb der Anlagen der industriellen Weiterverarbeitung verknüpft. Rund 4 % entfallen im gesamten Betrachtungszeitraum auf investitionsinduzierte Beschäftigungseffekte und rund 4-5 % auf Beschäftigte im Bereich des Anbaus der NAWARO-Pflanzen. Im Bereich der indirekten Beschäftigten in vorgelagerten Sektoren steigt der Anteil von 63 % in 2004 auf 65 % in 2020.

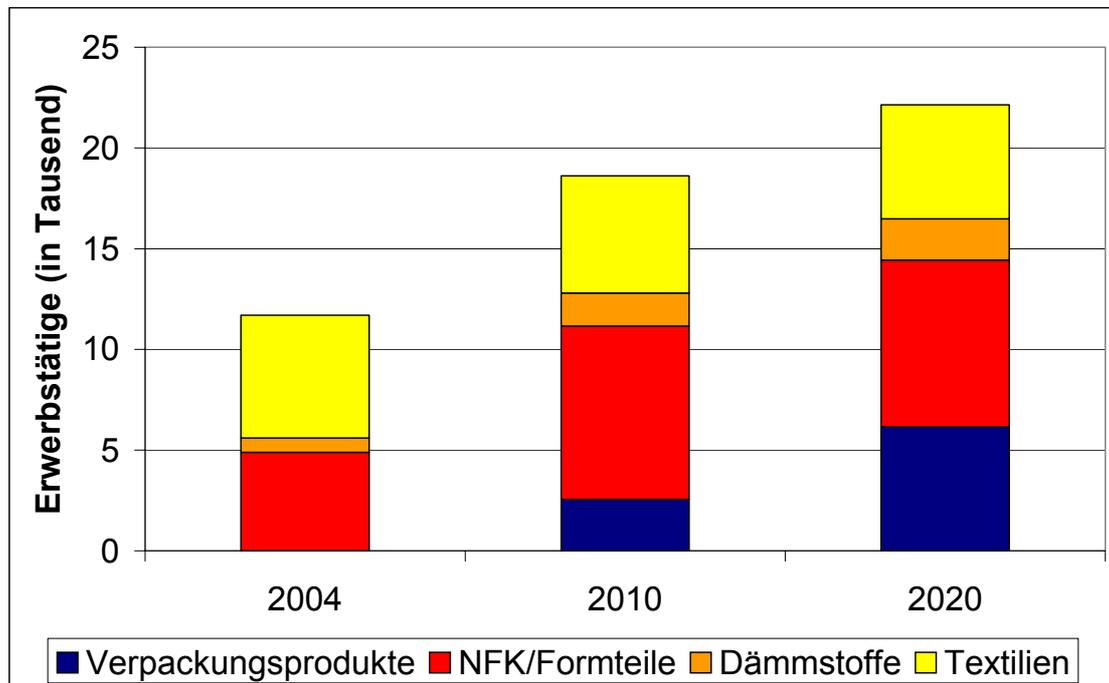
5.5 Verwendungsbereich Werkstoffe

Für die in Tabelle 4.17, S.84, unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen für den Verwendungsbereich Chemierohstoffe ergeben sich die in Abbildung 5.11 dargestellten Beschäftigungseffekte:

- **Basisszenario 2004:** Insgesamt sind in 2004 rund 11.700 Erwerbstätige an das NAWARO-Marktpotenzial geknüpft. Hiervon entfallen 52 % auf Textilien (6.100), 42 % auf Naturfaserverbundwerkstoffe (NFK) und Formteile (4.900), 6 % auf Dämmstoffe (700) und 0 % auf Verpackungsprodukte.
- **Basisszenario 2010:** In 2010 sind insgesamt 18.600 Erwerbstätige mit dem NAWARO-Marktpotenzial verbunden. Dies bedeutet ein Anstieg gegenüber 2004 um 59 %. 46 % des Gesamt-Beschäftigungspotenzials entfallen auf Naturfaserverbundwerkstoffe (NFK) und Formteile (8.600), 31 % auf Textilien (5.800), 14 % auf Verpackungsprodukte (2.500) und 9 % auf Dämmstoffe (1.700).
- **Basisszenario 2020:** In 2020 entspricht das NAWARO-Marktpotenzial 22.300 Arbeitsplätzen (+19 % gegenüber 2010, +89 % gegenüber 2004). Hiervon entfallen 37 % auf Naturfaserverbundwerkstoffe (NFK) und Formteile (8.300), 28 % auf Verpackungsprodukte (6.200), 26 % auf Textilien (5.700) und 9 % auf Dämmstoffe (2.100).
- **Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte** (Abbildung 5.12): Der gesamtwirtschaftliche Beschäftigungseffekt wird mit dem Indikator der direkt Erwerbstätigen auch hier unzureichend erfasst. In 2004 induziert jeder der 6.300 direkten NAWARO-Arbeitsplätze (davon sind 100 mit NAWARO-Anbau verbunden) weitere ca. 0,8, d. h. insgesamt 5.400 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren (davon entfallen 400 auf Investitionen). Diese Multiplikatorwerte für 2010 liegen bei 0,90 (8.800/9.900) und 2020 bei 0,94 (10.800/11.500).

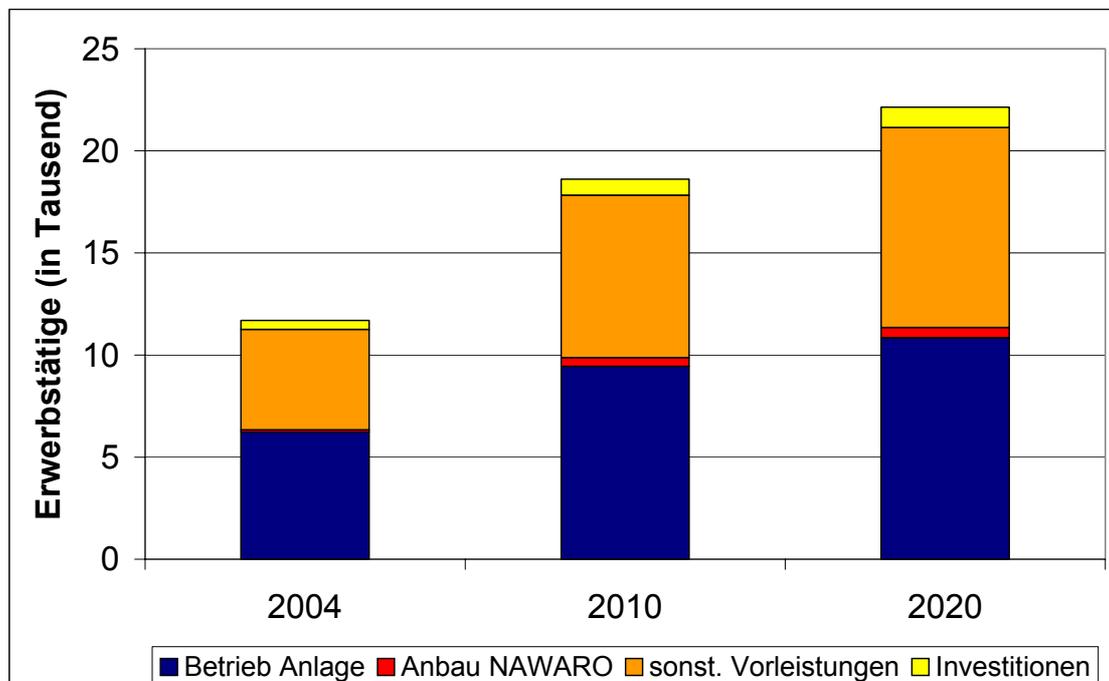
Im gesamten Betrachtungszeitraum sind rund 49 % (2020) bis 53 % (2004) der Gesamtbeschäftigten mit dem Betrieb der Anlagen der industriellen Weiterverarbeitung verknüpft, rund 42 % (2004) bis 44 % (2020) entfallen auf die indirekte Beschäftigten in vorgelagerten Zulieferersektoren. Der Anteil der Beschäftigten im Bereich Anbau NAWARO liegt auf Grund der hohen Importe von Leinen, Hanf und Flachs lediglich zwischen 1 % und 2 %, wohingegen die investitionsinduzierten Beschäftigungseffekte zwischen 4 % und 5 % variierten.

Abbildung 5.11: Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich Werkstoffe, differenziert nach Teilsegmenten



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Abbildung 5.12: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für den Verwendungsbereich Werkstoffe

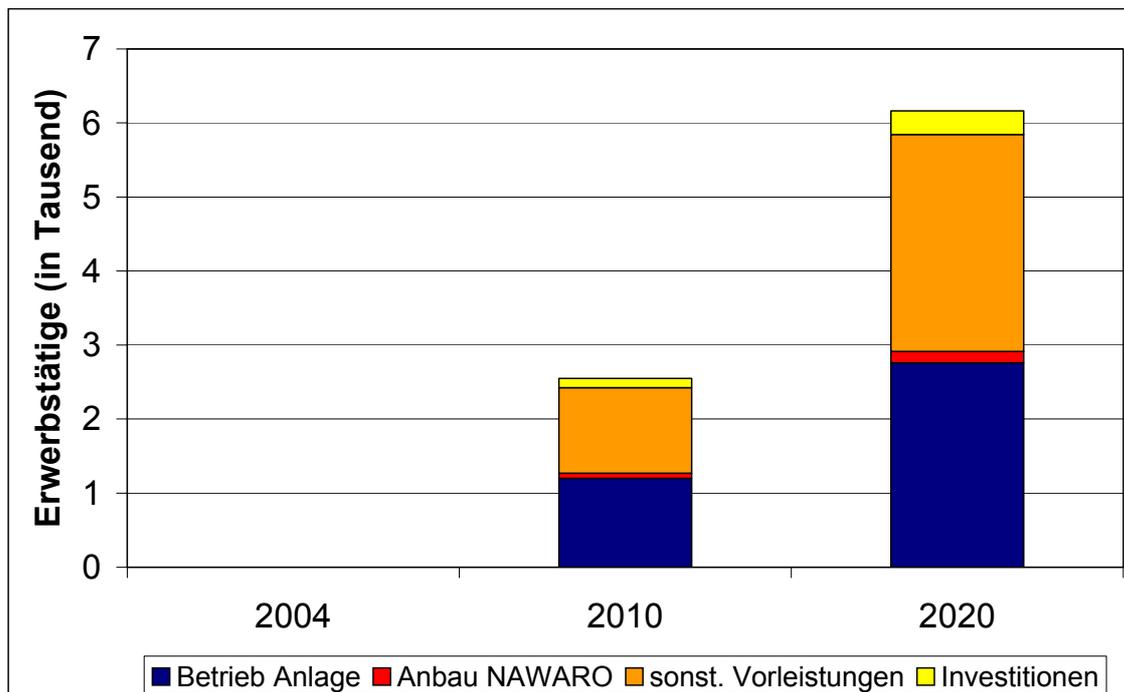


Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Verpackungsprodukte

Für die in Tabelle 4.17, S.84, unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen für das Teilsegment Verpackungsprodukte ergeben sich die in Abbildung 5.13 dargestellten Brutto-Beschäftigungseffekte: Die Zahl der Erwerbstätigen steigt von Null in 2004 auf rund 2.500 in 2010 und 6.200 in 2020, d. h. im Zeitraum 2010 bis 2020 steigt die Zahl der Erwerbstätigen um ca. 142 %.

Abbildung 5.13: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Verpackungsprodukte



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte: In 2010 induziert jeder der 1.250 direkten NAWARO-Arbeitsplätze (davon sind 70 mit dem NAWARO-Anbau und rund 1.200 mit der industriellen Weiterverarbeitung verbunden) weitere ca. 1,0, d. h. insgesamt ca. 1.250 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren (davon entfallen 125 auf Investitionen). Der Multiplikatorwert für die indirekten und (investitions-)induzierten Beschäftigungseffekte liegt in 2020 bei 1,1.

Im gesamten Betrachtungszeitraum sind rund 45 % (2020) bis 47 % (2010) der Gesamtbeschäftigten mit dem Betrieb der Anlagen der industriellen Weiterverarbeitung verknüpft, rund 5 % entfallen auf investitionsinduzierte Beschäftigungseffekte. Der Anteil der Beschäftigten im Bereich Anbau NAWARO sinkt von ca. 3 % in 2004 auf 2 % in

2020⁸, wohingegen der Bereich der indirekten Beschäftigten in vorgelagerten Sektoren von 45 % in 2010 auf 48 % in 2020 ansteigt.

Naturfaserverbundwerkstoffe (NFK) und Formteile

Für die in Tabelle 4.17, S.84, unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen für das Teilsegment Naturfaserverbundwerkstoffe (NFK) und Formteile ergeben sich die in Abbildung 5.14 dargestellten Beschäftigungseffekte: Die Zahl der Erwerbstätigen steigt von 4.900 in 2004 auf rund 8.600 in 2010. Dies entspricht einem Beschäftigungsanstieg von ca. 76 %. Trotz eines leichten Anstieges des Marktpotenzials zwischen 2010 und 2020 sinkt die Zahl der Erwerbstätigen auf Grund von Produktivitätssteigerungen dann von 8.600 in 2010 auf rund 8.300 im Jahr 2020. Dies entspricht einem Beschäftigungsrückgang von ca. 4 %.

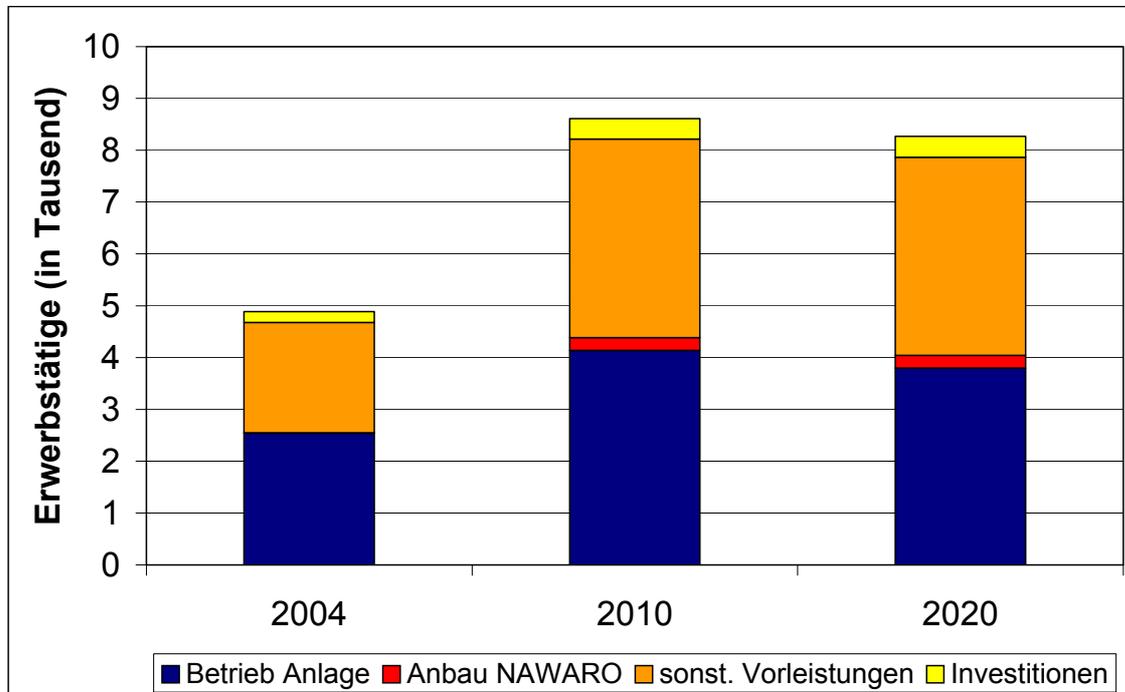
Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte: In 2004 induziert jeder der 2.600 direkten NAWARO-Arbeitsplätze (davon sind auf Grund der hohen Importe der NAWARO-Pflanzen von 90 % bis 100 % weniger als 20 mit dem NAWARO-Anbau und über 2.550 mit der industriellen Weiterverarbeitung verbunden) weitere ca. 0,9, d. h. insgesamt 2.300 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren (davon entfallen rund 200 auf Investitionen). Die Multiplikatorenwerte für die indirekten und (investitions-)induzierten Beschäftigungseffekte liegen in 2010 bei 0.95 und in 2020 bei 1,0.

Im gesamten Betrachtungszeitraum sind rund 46 % (2020) bis 52 % (2004) der Gesamtbeschäftigten mit dem Betrieb der Anlagen der industriellen Weiterverarbeitung verknüpft, rund 4-5 % entfallen auf investitionsinduzierte Beschäftigungseffekte. Der Anteil der Beschäftigten im Bereich Anbau NAWARO ist in 2004 nahezu Null und steigt dann auf ca. 3 % in 2010 und 2020.⁹ Der Bereich der indirekten Beschäftigten in vorgelagerten Sektoren steigt von 44 % in 2004 auf 46 % in 2020 an.

⁸ Der geringe Wert ergibt sich auf Grund der hohen Importe beim NAWARO-Input Cellulose (100 %) und dem erforderlichen Input von petrochemisch basierten Rohstoffen (die daraus resultierenden Effekte, sofern in Deutschland beschäftigungswirksam, werden dem Bereich indirekte vorgelagerte Beschäftigte zugeordnet).

⁹ Ursache hierfür ist der unterstellte vollständige NAWARO-Anbau von Hanf und Flachs in Deutschland (s. Abschnitt 4.2.4.2, S. 79 f.).

Abbildung 5.14: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Naturfaserverbundwerkstoffe (NFK) und Formteile



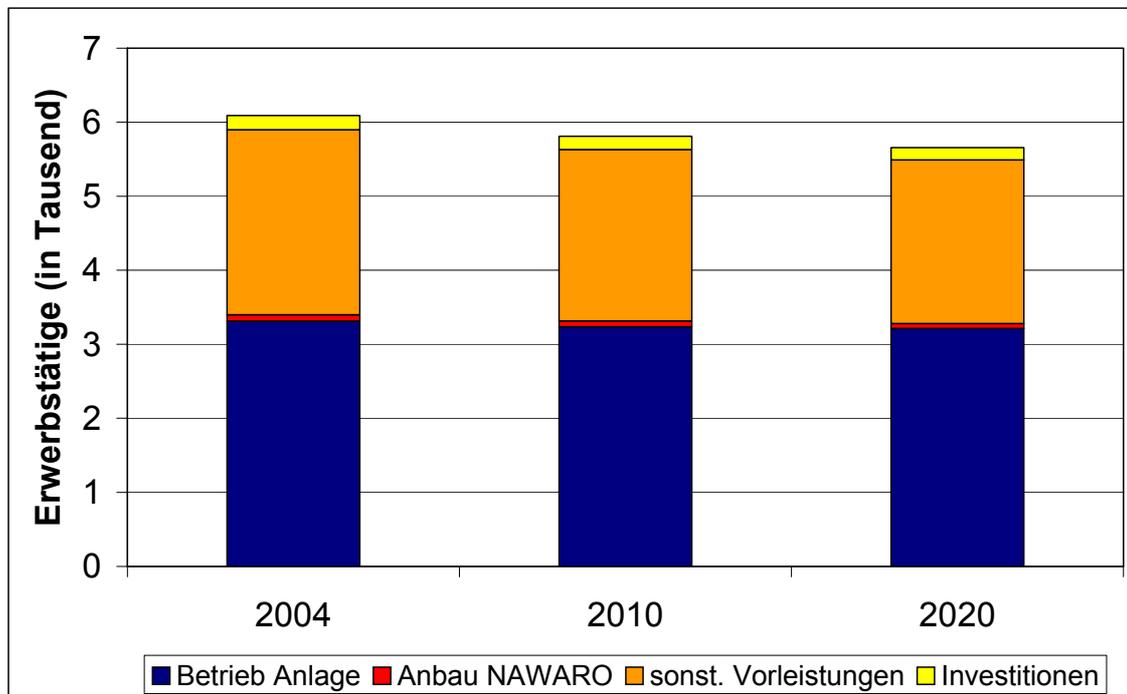
Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Textilien

Für die in Tabelle 4.17, S.84, unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen für das Teilsegment Textilien ergeben sich die in Abbildung 5.15 dargestellten Beschäftigungseffekte: Die Zahl der Erwerbstätigen sinkt von 6.100 in 2004 auf rund 5.800 in 2010 und auf 5.700 in 2020. D. h., trotz eines leichten Anstieges des Marktpotenzials zwischen 2004 und 2020 sinkt die Zahl der Erwerbstätigen auf Grund von Produktivitätssteigerungen um ca. 7 %.

Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte: In 2004 induziert jeder der 3.400 direkten NAWARO-Arbeitsplätze (davon sind auf Grund der hohen Importe von Leinen nur ca. 100 mit dem NAWARO-Anbau und 3.300 mit der industriellen Weiterverarbeitung verbunden) weitere ca. 0,8, d. h. insgesamt 2.700 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren (davon entfallen rund 200 auf Investitionen). Die Multiplikatorenwerte für die indirekten und (investitions-)induzierten Beschäftigungseffekte liegen in 2010 ebenfalls bei 0,8 und in 2020 bei 0,7. Der leichte Rückgang erklärt sich dadurch, dass die Produktivitätsfortschritte im Textilbereich geringer sind als in den anderen vorgelagerten Sektoren.

Abbildung 5.15: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Textilien



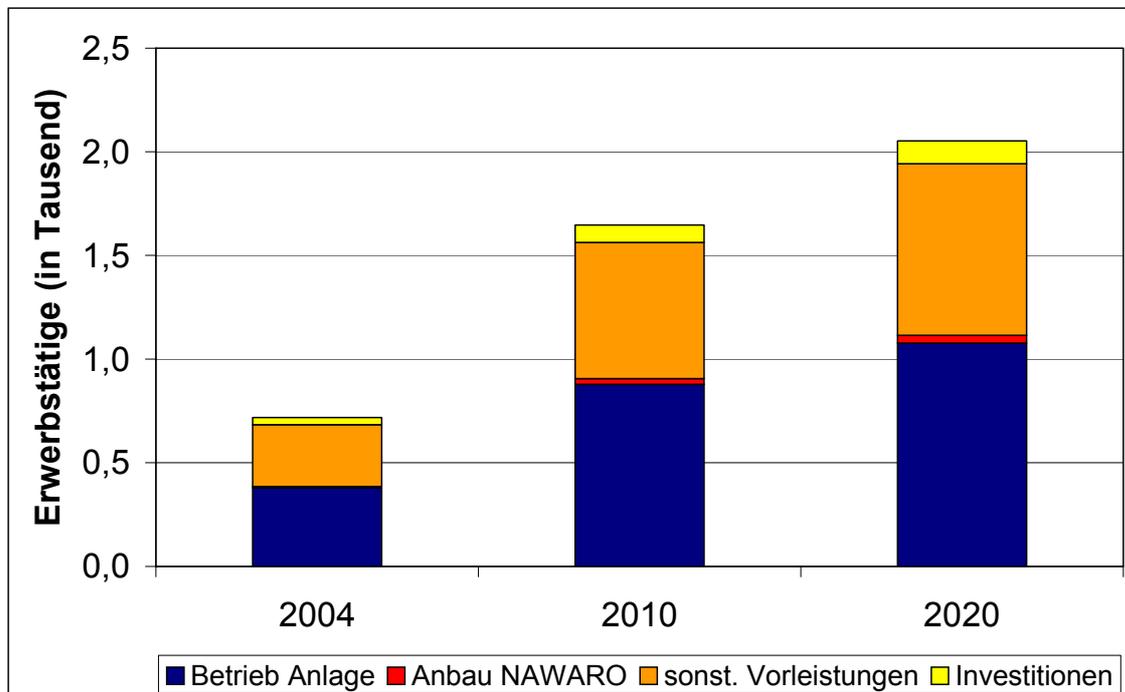
Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Im gesamten Betrachtungszeitraum sind rund 54 % (2004) bis 57 % (2020) der Gesamtbeschäftigten mit dem Betrieb der Anlagen der industriellen Weiterverarbeitung verknüpft, rund 3 % entfallen auf investitionsinduzierte Beschäftigungseffekte. Der Anteil der Beschäftigten im Bereich Anbau NAWARO beträgt auf Grund der hohen Importe von Leinen im gesamten Betrachtungszeitraum ca. 1 %. Im Bereich der indirekten Beschäftigten in vorgelagerten Sektoren sinkt der Anteil von 41 % in 2004 auf 39 % in 2020.

Dämmstoffe

Für die in Tabelle 4.17, S.84, unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen für das Teilsegment Dämmstoffe ergeben sich die in Abbildung 5.16 dargestellten Beschäftigungseffekte: Die Zahl der Erwerbstätigen steigt von 700 in 2004 auf rund 1.700 in 2010 und ca. 2.100 in 2020. Dies entspricht einem Beschäftigungszuwachs von rund 200 % im gesamten Betrachtungszeitraum.

Abbildung 5.16: Direkte, indirekte und induzierte Brutto-Beschäftigung 2004, 2010 und 2020 für das Teilsegment Dämmstoffe



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Indirekte und induzierte Beschäftigungseffekte: In 2004 induziert jeder der 400 direkten NAWARO-Arbeitsplätze (davon sind auf Grund der hohen Importe der NAWARO-Pflanzen wie z. B. Cellulose nur rund 10 mit dem NAWARO-Anbau und 390 mit der industriellen Weiterverarbeitung verbunden) weitere ca. 0,75, d. h. insgesamt knapp über 300 Arbeitsplätze in vorgelagerten Sektoren (davon entfallen etwas weniger als 40 auf Investitionen). Die Multiplikatorenwerte für die indirekten und (investitions-)induzierten Beschäftigungseffekte liegen in 2010 und 2020 bei 0,9.

Im gesamten Betrachtungszeitraum sind rund 52 % bis 53 % der Gesamtbeschäftigten mit dem Betrieb der Anlagen der industriellen Weiterverarbeitung verknüpft. Rund 5 % entfallen im gesamten Betrachtungszeitraum auf investitionsinduzierte Beschäftigungseffekte und auf Grund hoher Importe lediglich rund 1-2 % auf Beschäftigte im Bereich des Anbaus der NAWARO-Pflanzen. Auf den Bereich der indirekten Beschäftigten in vorgelagerten Sektoren entfallen ca. 40 % bis 41 % der Gesamtbeschäftigten.

5.6 Netto-Beschäftigungseffekte

Die Nettowirkungen werden entsprechend der in Abschnitt 2.2 skizzierten Vorgehensweise ermittelt. Die Netto-Beschäftigungseffekte in 2010 und 2020 geben also die Veränderungen der Beschäftigungszahlen auf Grund des Zuwachses im Einsatz der nachwachsenden Rohstoffe gegenüber dem Jahr 2004 an. Dem Effekt der positiven Impulse, die aus dem Zuwachs der NAWARO und aus dem daraus resultierenden Anstieg der Brutto-Beschäftigung entstehen, werden jeweils die Auswirkungen der negativen Impulse gegenübergestellt. Sie ergeben sich daraus, dass die konventionelle Bereitstellung von Kraftstoffen, Strom und Wärme, Chemierohstoffen und Werkstoffen in dem Ausmaß vermieden wird, in dem die NAWARO-Produkte zunehmen. Hierbei werden bei den negativen Impulsen – ähnlich wie bei den positiven Impulsen - auch die vermiedenen Investitionen sowie Veränderungen der Kostenbelastung berücksichtigt.

Die Ergebnisse für die Netto-Beschäftigungswirkungen sind in Tabelle 5.4 zusammenfassend aufgeführt. Insgesamt sind die Netto-Beschäftigungswirkungen leicht positiv und nehmen im Zeitablauf von unter 2.000 zusätzlichen Beschäftigten in 2010 auf etwa 12.000 zusätzliche Beschäftigte in 2020 zu.

Die Entwicklung ist bei den einzelnen Verwendungsbereichen unterschiedlich. Die biogenen Kraftstoffe weisen im Jahr 2010 leicht negative Wirkungen auf. Haupttreiber für die negativen Effekte bei biogenen Kraftstoffen in 2010 ist erstens der Sachverhalt, dass Biodiesel und Bioethanol zu 40 % importiert werden und die damit verbundenen landwirtschaftlichen und industriellen Wertschöpfungsprozesse nicht in Deutschland beschäftigungswirksam werden. Damit wird das importierte Mineralöl partiell durch die Erhöhung anderer Importe substituiert. Zweitens induzieren die Steuerbefreiungen bzw. Beimischungspflichten Steuermindereinnahmen beim Staat bzw. Ausgabensteigerungen der Verbraucher. Dieser Budgeteffekt wird in den Modellrechnungen durch eine Senkung des privaten Konsums berücksichtigt. Die Konsumausgaben weisen einerseits einen geringeren Importanteil als die Bereitstellung von Mineralöl auf, andererseits benötigen sie aber auch Vorleistungen aus Sektoren mit relativ hohen Arbeitsintensitäten. Dadurch fällt der spezifische Verlust an Arbeitsplätzen bei einem Rückgang der Konsumausgaben deutlich höher aus als bei einer Verminderung des Mineralölabsatzes.

Der deutliche Anstieg der Netto-Beschäftigung im Kraftstoffbereich in 2020 entsteht einmal dadurch, dass Mineralöl im Zeitablauf teurer wird und sich damit die gesamtwirtschaftliche Mehrkostenbelastung durch biogene Kraftstoffe vermindert. Des Weiteren erringt BTL eine erhebliche Bedeutung. Da für die Herstellung von BTL keine NAWARO-Endprodukte und NAWARO-Pflanzen importiert werden, verbleibt die land-

wirtschaftliche und industrielle Produktion vollständig in Deutschland. Der Importsubstitutionseffekt des dadurch verdrängten Mineralöls kommt sehr stark zum Tragen. Zwar kommt es ebenfalls zu verminderten Konsumausgaben wegen einer Kompensation der Steuerausfälle. Gleichzeitig wird Mineralöl im Zeitablauf teurer, so dass sich die gesamtwirtschaftliche Mehrkostenbelastung durch biogene Kraftstoffe vermindert. Die positiven Effekte überwiegen im Saldo, so dass die Netto-Beschäftigungswirkung deutlich positiv ausfällt.

Der Verwendungsbereich Strom und Wärme wird durch die Entwicklung beim Biogas determiniert. Hier treten ebenfalls erhebliche Importsubstitutionseffekte auf. Bei den negativen Impulsen sind zwar keine Steuerausfälle zu verzeichnen, dafür kommt es zu Mehrkosten bei der Strombereitstellung, die bei der Modellierung ebenfalls durch einen Rückgang der Konsumausgaben kompensiert wurden. Im Saldo führt der Ausbau der Biogasbereitstellung zu leichten Beschäftigungssteigerungen.

Im Bereich der Werk- und Chemierohstoffe sind lediglich geringfügige positive bzw. negative Änderungen in der Netto-Beschäftigung zu verzeichnen. Haupttreiber für die geringen Beschäftigungsverluste bei den Chemierohstoffen ist der Sachverhalt, dass in diesem Bereich „klassische“ Vorleistungsgüter, die zum größten Teil aus dem deutschen Chemiesektor (rund 25 % Importquote bzgl. der inländischen Produktion) kommen, vor allem durch landwirtschaftliche Vorleistungsgüter aus dem Ausland ersetzt werden. Bei den landwirtschaftlichen Vorleistungsgütern verursachen vor allem Fette und Öle (rund 65 bis 70 % Importe), Arzneipflanzen (rund 85 bis 90 % Importe) und Cellulose (100 % Import) die negativen Effekte, da hier die landwirtschaftlichen und industriellen Wertschöpfungsprozesse nicht bzw. nur zu geringen Teilen in Deutschland beschäftigungswirksam werden. Bei der Interpretation dieser Werte sollten auch die generellen Trends in den betroffenen Branchen berücksichtigt werden: Wenn man nicht auf international wettbewerbsfähige NAWARO-Produkte, die landwirtschaftlich und industriell größtenteils in Deutschland produziert werden, umsteigt, und die Unternehmen zukünftig die Produktion „klassischer“ Produkte auf petrochemischer Rohstoffbasis zunehmend in osteuropäische und asiatische Länder verlagern werden, würden noch mehr Arbeitsplätze verloren gehen. Das mögliche Ausmaß der negativen Arbeitsplatzeffekte bewegt sich dann möglicherweise in der Größenordnung der Brutto-Beschäftigungseffekte.

Tabelle 5.4: Zusammenfassung der Netto-Beschäftigungswirkungen des NAWARO-Zuwachses gegenüber 2004

	Netto-Beschäftigungswirkung in 2010 * (in Tsd. Erwerbstätige)	Netto-Beschäftigungswirkung in 2020 * (in Tsd. Erwerbstätige)
NAWARO insgesamt (Summe 1-4)	1,6	12,1
1. Biogene Kraftstoffe	- 1,2	7,8
- Biodiesel/RME	- 0,2	0,7
- Bioethanol	- 1,0	- 0,6
- BTL	-	7,7
2. Energie/Strom aus Biomasse**	2,5	3,5
- Wärme Biomasse (Holz)	- **	- **
- Strom sonstige NAWARO	0,1	0,1
- Strom/Wärme Biogas	2,4	3,4
3. Chemierohstoffe	- 0,2	- 0,2
- Basisstoffe (insb. Fette/Öle, Stärke, Zucker)***	- 0,1	- 0,1
- Farben und Lacke	0,0	0,0
- Biogene Schmierstoffe	0,0	0,0
- Pythopharmaka	- 0,1	- 0,0
- Naturkosmetik	-0,0	- 0,1
4. Werkstoffe**	0,5	1,0
- Verpackungsprodukte	0,2	0,6
- Formteile/Faserverbundstoffe	0,3	0,4
- Textilien	0,0	0,0
- Dämmstoffe	0,0	0,0
- Baustoffe (Holz)	- **	- **
- Papier, Karton, Pappe (Holz)	- **	- **
- Möbel (Holz)	- **	- **
* Inklusive direkt Beschäftigte in der deutschen Landwirtschaft.		
** Holz Forstwirtschaft als NAWARO-Input wurde in der Studie nicht berücksichtigt.		
*** exkl. Basisstoffe Farben u. Lacke, biogene Schmierstoffe, Pythopharmaka, Kosmetika.		

Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

5.7 Modellergebnisse Sensitivitätsszenarien

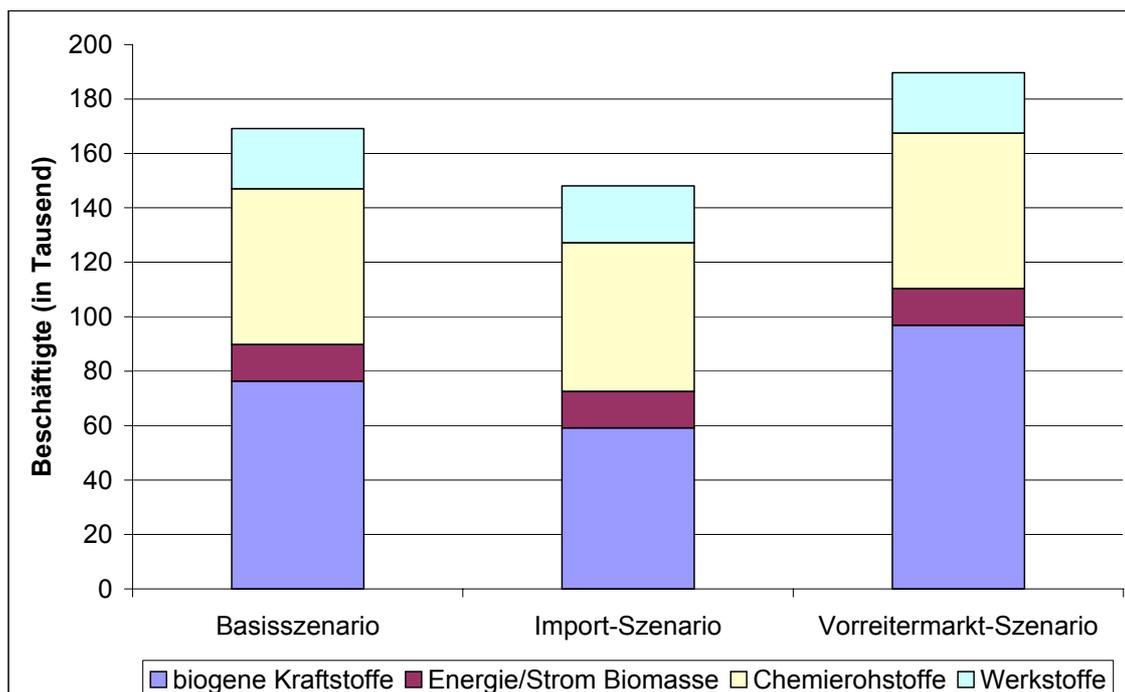
Zusätzlich zu den Basisszenarien wurden drei Sensitivitätsuntersuchungen für das Jahr 2020 durchgeführt, die den Einfluss wichtiger Parameter auf das Ergebnis verdeutlichen sollen. In den Sensitivitätsuntersuchungen werden zentrale relevante Parameter verändert, um die daraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Effekte aufzuzeigen. Dabei werden nicht alle Parameter auf einmal geändert, sondern für jedes Sensitivitätsszenario jeweils nur ein „Parameterbereich“ ceteris paribus verändert, um so „isolierte“ Wirkungen einzelner Parameteränderungen transparent darstellen zu können. Die untersuchten relevanten drei Parameterbereiche sind Importannahmen zu NAWARO-Pflanzen, höhere Preisannahmen von Agrarprodukten und Rohöl sowie Exportannahmen zu NAWARO-Endprodukten. Die zentralen Annahmen der Sensitivitätsszenarien, die jeweils eng mit dem Auftraggeber abgestimmt wurden, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Import-Szenario 2020:** Bei diesem Szenario wird unterstellt, dass ein freier Weltmarkt in 2020 dazu führt, dass NAWARO-Pflanzen bzw. Agrarprodukte, sofern transportwürdig, vollständig aus dem Ausland importiert werden. D. h., die Importquote vieler NAWARO-Pflanzen erhöht sich auf 100 %.
- **Hochpreis-Szenario für reale Öl- und Agrarpreise:** In diesem „sehr unwahrscheinlichen“ Hochpreisszenario wird ein realer Ölpreisanstieg (bezogen auf 2004) in 2020 auf 120 US\$/Barrel (+360 % gegenüber 2004) unterstellt, u. a. wegen politischer Unruhen und sehr starken Produktionszuwächsen in Asien und Osteuropa. Gleichzeitig werden steigende reale Agrarpreise in Höhe von durchschnittlich etwa 50 % bis 2020 angenommen. Die zentrale Intention des Szenarios ist es, eine Situation widerzuspiegeln, bei der die preisliche Wettbewerbsfähigkeit von NAWARO-Rohstoffen gegenüber dem Basisstoff Mineralöl stark zunimmt, so dass es zu geringeren Kompensationsanforderungen bei den negativen Impulsen kommt. Im Hochpreisszenario wurden daher ein konstantes Mengengerüst sowie keine Rückwirkungen auf die Produktionsstrukturen und Produktivitäten - und somit keine Veränderungen der Brutto-Beschäftigung – unterstellt. Damit wird in diesem Szenario auf die Veränderung der Netto-Beschäftigung abgehoben, die durch die veränderten Kompensationsanforderungen ausgelöst werden.
- **Vorreitermarkt-Szenario 2020:** Bei positiver NAWARO-Marktentwicklung in Deutschland bestehen Potenziale, dass Deutschland sich in einigen NAWARO-Bereichen zu einem Vorreitermarkt entwickelt („first mover advantage“) und deutsche Unternehmen zukünftig in größerem Umfang NAWARO-Güter (u. a. Technologien/Prozesse, Maschinen, Anlagen, Endprodukte) ins Ausland exportieren. Die Auswirkungen dieses Vorreitermarkt-Szenario auf die Netto-Beschäftigung werden für das Kraftstoffsegment BTL 2020 modelliert. Hier wird angenommen, dass Deutschland BT in einem Ausmaß exportiert, das in etwa die Hälfte des nicht-deutschen EU-Marktes an BTL-Produkten entspricht. Des Weiteren wird angenommen,

dass Deutschland BTL-spezifische Investitionsgüter exportiert. Diese Exporte entsprechen mengenmäßig in etwa der Hälfte der für den verbleibenden Kapazitätsaufbau von BTL Anlagen in der EU (außerhalb von Deutschland) erforderlichen Investitionsgüter.

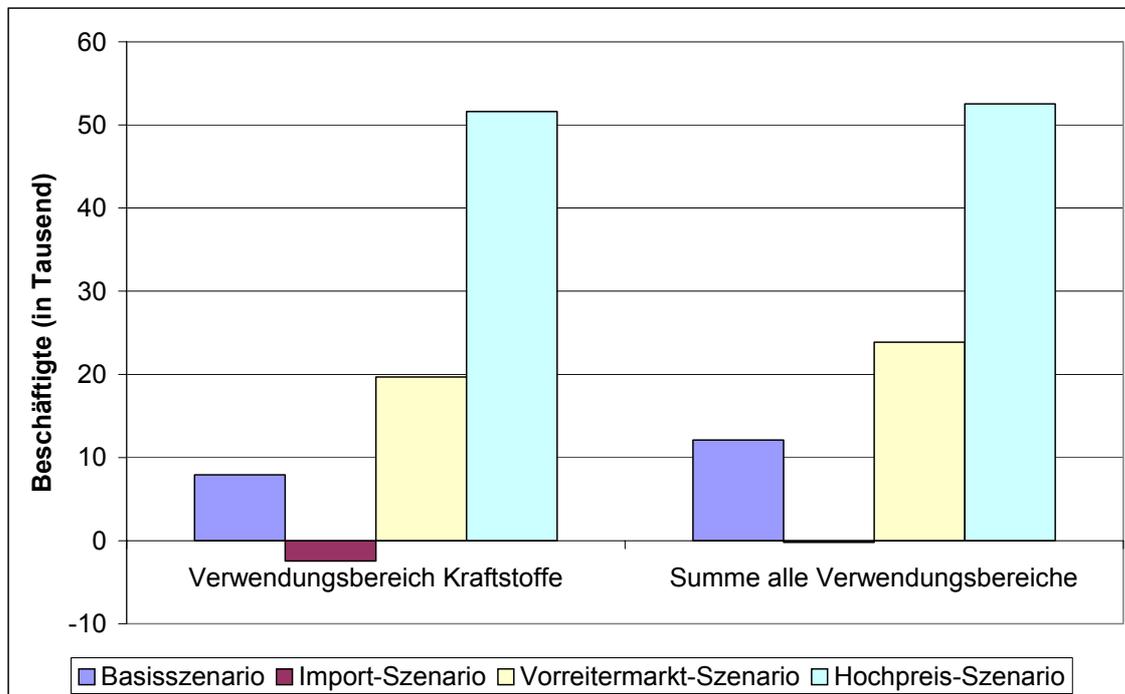
Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen auf die Brutto-Beschäftigung sind in Abbildung 5.17 zusammenfassend dargestellt. Mit etwa 148000. Beschäftigten fällt die Brutto-Beschäftigung im Importszenario erwartungsgemäß geringer aus als im Basiszenario. Insbesondere im Kraftstoffbereich kommt es zu deutlichen Reduktionen der Brutto-Beschäftigung, hervorgerufen vor allem durch die ausgelösten Änderungen beim Biodiesel und Ethanol. Im Vorreitermarktszenario hingegen fällt die Brutto-Beschäftigung mit knapp 190.000. Beschäftigten deutlich höher aus als im Basiszenario. Hintergrund hierfür sind die unterstellten Exporte an BTL-Produkten und BTL-spezifischen Investitionsgütern.

Abbildung 5.17: Überblick über die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zur Brutto-Beschäftigung



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Abbildung 5.18: Überblick über die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zur Netto-Beschäftigung



Quelle: Berechnungen Fraunhofer ISI 2006

Die Ergebnisse zu den Sensitivitätsanalysen für die Netto-Beschäftigungswirkungen sind in Abbildung 5.18 wiedergegeben. Im Importszenario liegen die Netto-Beschäftigungswirkungen in Summe etwa bei Null und damit unter denen des Basisszenarios. Hintergrund hierfür ist eine stärkere Hinwendung zu Importen von NAWAROs, die nun nicht im Inland sondern im Ausland beschäftigungswirksam werden. Im Hochpreisszenario liegt der Netto-Beschäftigungszuwachs in Summe mit 53.000 Beschäftigten deutlich über dem Basisszenario (ca. 12.100). Abbildung 5.18 zeigt im linken Teil (Kraftstoffsegment), dass hier vor allem die Veränderungen im Kraftstoffbereich zum Tragen kommen. Auf Grund der drastisch erhöhten Ölpreise verbessert sich die preisliche Wettbewerbsfähigkeit der NAWARO-Produkte, wodurch die - die Wirkungen der negativen Impulse dominierenden - Kompensations- und Budgeteffekte ihre Bedeutung verlieren. Gleichzeitig führen die erhöhten Rohölpreise zu einem erheblichen Wertanstieg der durch NAWAROs vermiedenen Mineralölimporte, so dass die Importsubstitution wesentlich höher ausfällt.

Für das Vorreitermarktszenario ist ebenfalls ein höherer Netto-Beschäftigungszuwachs zu vermerken. Mit knapp 24.000 zusätzlich Beschäftigten fällt er in etwa doppelt so hoch aus wie im Basisszenario. Dieses Szenario ist für die Politikgestaltung von höchster Bedeutung, zeigt es doch das erhebliche Potenzial auf, das durch eine Kom-

bination von Technologieförderung einerseits mit nachfrageorientierter Innovationspolitik andererseits erreicht werden kann. Gerade der in den Sensitivitätsanalysen untersuchte BTL-Bereich scheint ein besonders gut geeigneter Kandidat für die Erreichung einer Vorreitermarkt-Stellung zu sein, bestehen hier doch gute Chancen zur Etablierung eines schwer ins Ausland transferierbaren Leistungsverbands, der technologische Leistungsfähigkeit auf der Angebotsseite in ausdifferenzierte Produktionsstrukturen integrieren und mit einer gegenüber Innovationen aufgeschlossenen und frühzeitige Lerneffekte begünstigenden Nachfrage kombinieren kann. Vor dem Hintergrund der hohen internationalen Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Investitionsgütergewerbes bieten sich auch die Investitionsgüter für die NAWARO-Umwandlungsanlagen als Bereich zur Etablierung einer Vorreiter-Marktstellung an. Sensitivitätsanalysen hierzu zeigen auf, dass pro 100 Mio. Euro an zusätzlicher Nachfrage nach deutschen Investitionsgütern für NAWARO-Maschinen und NAWARO-Anlagen in etwa 1.500 zusätzliche Arbeitsplätze in Deutschland geschaffen bzw. gesichert werden können.

5.8 Außenhandelseffekte und Exportpotenziale von NAWARO-Technologien und NAWARO-Produkten

5.8.1 Beschränkung in der Datenverfügbarkeit und verwendete Außenhandelsindikatoren

Hinsichtlich der Umsetzung von FuE-Erkenntnissen in international wettbewerbsfähige NAWARO-Produkte und NAWARO-Prozesse stellt sich die Frage, in welchem Umfang die in Deutschland ansässigen Unternehmen ihre „einheimischen“ Technologien und die daran gekoppelten Produkte und Prozesse im Ausland absetzen können (Exportstärke). Eine direkte Exportpotenzialschätzung für NAWARO-Technologien, -Prozesse und -Produkte in den einzelnen Verwendungsbereichen war nicht Gegenstand dieser Studie. Auf Grund der derzeitigen Datenlage ist eine derartige Schätzung mit erheblichem Aufwand verbunden, unter anderem deswegen, weil weder Studien noch statistisches Datenmaterial über die weltweiten Märkte der einzelnen NAWARO-Verwendungsbereiche existieren. Amtliche Statistiken über Produktgruppen können hier nur bedingt weiterhelfen, da häufig nicht nach der Rohstoffbasis der einzelnen Produkte unterschieden wird. NAWARO stellen für die jeweiligen Produkte meist eine Produktionsalternative zu fossilen Rohstoffen dar und werden somit häufig nicht explizit in den Statistiken ausgewiesen.

Zudem wären genaue Analysen der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der relevanten industriellen Akteure für die jeweiligen NAWARO-spezifischen Teilbereiche erforderlich. Hierbei existieren Wechselwirkungen zwischen dem Export und der Wettbewerbsfähigkeit selbst, die untersucht werden müssten. So können z. B. der

heimische Anbau und/oder die industrielle Weiterverarbeitung von NAWARO direkt von den NAWARO-Exporten der Anwenderbranchen profitieren. Beispielsweise steigt bei zunehmenden Exporten von Fahrzeugen die Nachfrage nach Formteilen für Interieur, sowohl aus fossilen Rohstoffen, aber auch aus NAWARO. Durch die erhöhte Produktion könnten dann Größendegressionseffekte genutzt und Kostenvorteile erzielt werden, was wiederum die internationale preisliche Wettbewerbsfähigkeit erhöht. Dies könnte dann wiederum in Abhängigkeit von der „globalen“ Preiselastizität zu steigenden Exporten führen.

Dennoch sind über verschiedene Patent- und Außenhandelsindikatoren in den jeweiligen NAWARO-spezifischen Anwenderbranchen annäherungsweise Einschätzungen über die Exportpotenziale von NAWARO-Technologien und NAWARO-Produkten möglich. Schließlich sind viele Unternehmen sowohl mit konventionellen Technologien und Produkten als auch mit neuen NAWARO-Technologien und NAWARO-Produkten auf den internationalen Märkten tätig (vgl. u. a. Nusser et al. 2007). Die notwendigen Strukturen für erfolgreiche Aktivitäten auf dem Weltmarkt (z. B. Marketing- und Vertriebsstrukturen im Zielland) sind daher bei einer starken Exportstellung bereits heute aufgebaut und können beispielsweise für die zukünftige Vermarktung von NAWARO-Produkten genutzt werden.

Folgende Außenhandelsindikatoren, die im Folgenden kurz erläutert werden, werden verwendet, um mögliche zukünftige Exportpotenziale einschätzen zu können:

- Anteil am Welthandel der OECD23-Länder,
- Exportquote (Anteil Export am gesamten Umsatz),
- Export-Import-Quoten,
- RCA-Werte ((Revealed Comparative Advantage).

Der Anteil am Welthandel der OECD23-Länder sowie die Exportquote sind Indikatoren, um die Exportorientierung einer Volkswirtschaft bzw. einzelner Wirtschaftssektoren zu messen. Zu beachten ist hierbei, dass der Indikator der Welthandelsanteile unter Umständen wenig über die technologische Position von Volkswirtschaften aussagt (Legler 2006). Beispielsweise wird in großflächigen Ländern wie z. B. in den USA viel eher zwischen einzelnen Regionen gehandelt als in kleinen Ländern. Für kleine Länder haben internationale Absatzmärkte auf Grund des geringen Volumens der Binnennachfrage häufig eine deutlich höhere Bedeutung.

Neben der Betrachtung der Exporte ist die zusätzliche Betrachtung der Importe für die Bewertung der Außenhandelsposition Deutschlands wichtig. Ein geeigneter Indikator hierfür ist die Export-Importquote. Dieser Indikator gibt an, in welchem Umfang Unternehmen vom Standort Deutschland aus auf dem Weltmarkt Fuß gefasst haben, und in

welchem Umfang Unternehmen am Standort Deutschland Importe verhindern konnten. Werte größer 1 zeigen einen Handelsüberschuss, d. h., dass die Exporte die Importe übersteigen und deuten darauf hin, dass Wertschöpfungsprozesse im Inland durchgeführt und beschäftigungswirksam werden. Allerdings ist für die Beschäftigungswirkung neben dem Handelsüberschuss vor allem auch das absolute Niveau der inländischen Produktion entscheidend. Eine hohe Export-Import-Quote ist daher nicht gleichbedeutend mit einer hohen inländischen Produktion.

Neben der Betrachtung von Außenhandelsniveaus und -überschüssen ist die Spezialisierung ein wichtiger Indikator für die Bewertung der Außenhandelsposition. Auf Grund der Konkurrenz um Produktionsfaktoren kann ein Land meist nicht in allen Sektoren im internationalen Wettbewerb führend sein, sondern muss sich auf bestimmte Wirtschaftssektoren spezialisieren (Gehrke et al. 2007). Um die Spezialisierung eines Wirtschaftssektors im internationalen Wettbewerb zu bewerten, wird in der Literatur meist der RCA-Indikator¹⁰ (Revealed Comparative Advantage) verwendet. Der RCA (Revealed Comparative Advantage)-Wert einer Branche ist eine Messziffer für die offenbaren relativen Vorteile eines Landes in diesem Sektor sowohl auf der Ausfuhr- als auch auf der Einfuhrseite. Der RCA-Wert zeigt, inwieweit die Ausfuhr-Einfuhr-Relation eines Landes in der Branche von seiner Ausfuhr-Einfuhr-Relation insgesamt abweicht. Der Indikator nimmt einen positiven Wert an, wenn in der betreffenden Branche die Ausfuhr-Einfuhr-Relation überdurchschnittlich hoch ist.

Im nachfolgenden Abschnitt 5.8.2 stehen die Exportpotenzialschätzungen von NAWARO-Technologien im Fokus, die vor allem in den Verwendungsbereichen biogene Kraftstoffe und Energie/Strom aus Biomasse von großer Bedeutung sind. Die Analyse des Wirtschaftssektors Maschinenbau spielt hier eine zentrale Rolle.

Im abschließenden Abschnitt 5.8.3 stehen dann die Exportpotenzialschätzungen von NAWARO-Produkten im Fokus. Die Ausführungen konzentrieren sich auf die Verwendungsbereiche Chemierohstoffe und Werkstoffe; allerdings werden auch stets die Indikatoren für die Gesamtwirtschaft, das verarbeitende Gewerbe sowie Sektoren mit NAWARO-Bezug wie z. B. dem Maschinenbau oder Agrarsektor nachrichtlich ausgewiesen. Für diese NAWARO-Verwendungsbereiche werden dabei folgende Wirtschaftssektoren betrachtet: Bei den Chemierohstoffen lassen sich die Bereiche Farben und Lacke, biogene Schmierstoffe, Kosmetika, sowie Fette und Öle, Stärke und Cellulose dem Sektor „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ zuordnen. Phytopharmaka sind Teil des Sektors „Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen“.

¹⁰ $RCA_{ki} = 100 \tanh \ln [(AEQ_{ki}) / (\sum_i A_{ki} / \sum_i E_{ki})]$, wobei A den Export und E den Import, k das Land und i die Gütergruppe bezeichnen. AEQ bezeichnet die Export-Import-Quote (Grupp 1997).

Bei den Werkstoffen sind Leinen-Textilien Teil des Gesamtsektors „Textilgewerbe“, Verpackungsprodukte sind ein Segment des Sektors „Herstellung von Gummi und Kunststoffwaren“. Die Dämmstoffe setzen sich aus Teilssegmenten mehrerer Sektoren zusammen wie z. B. „Holzgewerbe“ (z. B. Holzdämmplatten) oder „Glasgewerbe, Herstellung von Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ und „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ (z. B. Dämmprodukte aus Mineral- und Glasfasern oder Polyurethan-Schaum oder Polystyrol-Schaum). Für die Faserverbundwerkstoffe und Formteile wird der Sektor „Herstellung von Kraftwagen und -teilen“ untersucht, da sehr wichtige Anwendungen im Bereich Automobilbau liegen (z. B. Innenverkleidung, Exterieur). Diese Sektoruntersuchungen werden durch Betrachtung spezifischer Warengruppen mit Bezug zu NAWARO-Produkten ergänzt¹¹; als Grundlage hierfür wurde das Warenverzeichnis der Außenhandelsstatistik (WA) verwendet, die Berechnungen wurden mit der Datenbank UN-Comtrade durchgeführt.

5.8.2 Exportpotenziale von NAWARO-Technologien bei biogenen Kraftstoffen und Energie/Strom aus Biomasse

Für die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe wurde für den aussichtsreichsten Fall BTL eine Quantifizierung in Szenarienrechnungen bereits im Vorreitermarkt-Szenario durchgeführt (vgl. Kapitel 5.7). Von Interesse ist darüber hinaus die Frage, wie die weltweiten Exportchancen deutscher Hersteller bei den Investitionsgütern für die Bereitstellung von Biofuels und Biogas einzuschätzen sind.

Im Unterschied zu vielen anderen Märkten sind die Investitionsgütermärkte stark durch einen Qualitätswettbewerb und die technologische Leistungsfähigkeit bestimmt, hinzu kommen die Existenz von im Export erfahrenen Akteuren und ihrer Einbindung in die entsprechenden Netzwerke sowie kontinuierliche Verbesserungsprozesse hinsichtlich der Qualität. Darüber hinaus müssen die jeweiligen Nachfrage- und Wettbewerbsbedingungen auf diesen Märkten betrachtet werden. Eine systematische und detaillierte Einschätzung dieser Faktoren erfordert eine eigenständige Untersuchung, die sicherlich einen lohnenswerten Gegenstand zukünftiger Forschungsarbeiten darstellt. An dieser Stelle kann daher nur auf erste Überlegungen hinsichtlich der technologischen Leistungsfähigkeit der deutschen Hersteller eingegangen werden. Insgesamt gesehen stellt der Investitionsgüterbereich eine Stärke der deutschen Industrie dar, und trägt in erheblichem Ausmaß zum Außenhandelserfolg Deutschlands

¹¹ Dabei sind je nach Verwendungsbereich die Außenhandelsgruppen unterschiedlich konkret den NAWARO zuordenbar. Während z. B. bei Textilien nach verschiedenen Rohstoffmaterialien unterschieden wird (z. B. Spinnstoffe, zu denen auch Flachs gehört) ist dies in anderen Bereichen deutlich schwieriger.

bei (vgl. hierzu auch den jüngsten Bericht zur Technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands (ZEW/NIW/ISI 2007)). So hält Deutschland beim Herzstück des Investitionsgütergewerbes, dem Maschinenbau, einen Welthandelsanteil von etwa 14 %, und erwirtschaftet hier über dem Durchschnitt liegende Exportüberschüsse. Ein ähnliches, wenn auch nicht ganz einheitliches Bild zeigt sich bei einigen für NAWARO besonders komplementären Investitionsgütern.

Für erste technologiespezifische Präzisierungen können zudem Patentanalysen und Auswertungen der Außenhandelsstatistik herangezogen werden. Methodisch sind bei diesen Daten folgende Aspekte zu bedenken: Die Patentanalysen knüpfen an den internationalen Patenten an. Damit wird eine Methode zur Abbildung der internationalen Patente herangezogen, die nicht auf einzelne Länder abzielt, sondern einen transnationalen Charakter aufweist. Die dermaßen identifizierten Patente zeigen also das Segment auf, in dem die Patentanmelder bereits eine internationale Perspektive einnehmen. Bei den Außenhandelsdaten werden die Daten der UN-COMTRADE analysiert. Es wurde jeweils die neuere Außenhandelsklassifikation des Harmonized System (HS) 2002 herangezogen, die gegenüber älteren Klassifikationen eine tiefere und daher zielgenauere Disaggregation erlaubt. Im Unterschied zu manchen älteren Analysen bezieht sich der Welthandel hierbei nicht nur auf die OECD-Staaten, sondern umfasst die ganze Welt. Während die Patentdaten eine technologiescharfe Eingrenzung durch Anwendung differenzierter Suchstrategien erlauben, ist dies bei den Außenhandelsdaten wesentlich schwieriger, da hier die jeweilige Klassifikation den äußeren Rahmen darstellt, an dem sich die Analyse orientieren muss. Daher können hier nur einige wichtige, bisher schon gehandelte Kernkomponenten bei den Biokraftstofftechnologien abgebildet werden, die aber nicht den ganzen Markt beschreiben können.¹²

Im Bereich Biogas-Technologien beträgt der Patentanteil Deutschlands in den letzten Jahren in etwa 20 %. Dieser Anteil liegt über dem durchschnittlichen Anteil Deutschlands bei allen Patentanmeldungen, so dass sich eine überdurchschnittliche Spezialisierung in diesem Technologiefeld ergibt. Im Bereich der Biokraftstoffe schwanken die Patentanteile zwischen 15 % und 20 %. Der Anteil ist damit durchschnittlich bis leicht überdurchschnittlich. Dennoch ist die Ausgangssituation insbesondere bei den BTL-Technologien als sehr gut zu bezeichnen: Bei den bisher entwickelten und in der Außenhandelsstatistik abgrenzbaren Kernkomponenten (z. B. Industrieöfen, industrielle Apparate, Trennverfahren, elektrische Generatoren und Konverter) hat Deutschland einen Weltmarktanteil von 10 % und mehr, erwirtschaftet einen massiven Außen-

¹² Vgl. DIW/ISI/Roland Berger 2007 sowie Legler et al. 2006. Die mit den Außenhandelsdaten mögliche Vorgehensweise wird daher auch als Potenzialansatz bezeichnet; vgl. hierzu die methodischen Ausführungen in Legler et al. 2006.

handelsüberschuss und besitzt in diesen Segmenten (gemessen durch den RCA) erhebliche Spezialisierungsvorteile¹³ (vgl. Tabelle 5.5).

Tabelle 5.5: Außenhandelsdaten zu wichtigen Teilbereichen des Investitionsgütergewerbes für das Jahr 2005

	Welthandelsanteil von Deutschland	Relative Comparative Advantage (RCA)
Maschinenbau gesamt	13,8	31
Anlagen zur Prozessierung von Gasen	4,5	40
Gasturbinen	11,6	-14
Industrieöfen	16,1	87
Industrielle Apparate, Trennungungsverfahren	21,3	57
Elektrische Generatoren und Konverter	10,9	49
Transformatoren	10,0	4

Quelle: Datenbank UN-COMTRADE, Berechnungen Fraunhofer ISI

5.8.3 Exportpotenziale von NAWARO-Produkten bei Chemierohstoffen und Werkstoffen

Die Untersuchungsergebnisse für die Verwendungsbereiche Chemierohstoffe und Werkstoffe zeichnen, gemessen anhand verschiedener Außenhandelsindikatoren, in Summe hohe bis sehr hohe Exportpotenziale. Im Detail heißt das konkret:

(1) Anteil am Welthandel

Die deutsche Industrie ist generell durch eine starke Exportorientierung gekennzeichnet. Deutschland ist weltweit eine führende Exportnation in vielen Wirtschaftssektoren und hat insgesamt einen Anteil von 16 % am Welthandel der OECD23-Länder (Tabelle 5.6).

Für die einzelnen NAWARO-Verwendungsbereiche zeichnet sich folgendes Bild:

¹³ Der Indikator nimmt einen positiven Wert an, wenn in der betreffenden Branche bzw. dem entsprechenden Teilsegment die Ausfuhr-Einfuhr-Relation überdurchschnittlich hoch ist. Der hier verwendete RCA ist normiert, und bewegt sich zwischen -100 und +100.

Chemierohstoffe

Deutschland nimmt in der chemischen und pharmazeutischen Industrie eine starke Weltmarktstellung ein. Die Welthandelsanteile liegen in diesen Sektoren mit 15,7 bzw. 11,9 % in den Jahren 2002/2003 allerdings unter dem gesamten Welthandelsanteil Deutschland im verarbeitenden Gewerbe (16,0%). Die Analyse von disaggregierten Warengruppen anhand der UN-Comtrade Datenbank bestätigt Deutschlands starke Stellung auf dem Weltmarkt. Im Chemiebereich ist insbesondere der Welthandelsanteil bei Farben und Lacke und bei Warengruppen mit Bezug zu Schmierstoffen hoch. Dagegen besitzt Deutschland in einzelnen Teilbereichen der organischen Chemie (z. B. Glykosiden, pflanzliche Alkaloide) nur geringe Welthandelsanteile. Die betrachteten europäischen Länder (Frankreich, Italien, UK) und Japan liegen bei den Welthandelsanteilen hinter Deutschland zurück, die USA liegt im Chemiebereich vor Deutschland.

Tabelle 5.6: Welthandelsanteile an OECD23-Länder, Durchschnitt für den Zeitraum 2004 und 2005

	Deutschland	USA	Japan	Frankreich	Italien	UK
Wirtschaftssektoren mit Bezug zu Chemierohstoffen						
Herstellung von (H.v.) chemischen Erzeugnissen (exkl. Pharma)	15,7%	17,7%	9,5%	9,1%	3,9%	7,4%
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	11,9%	10,5%	2,2%	9,8%	5,6%	9,7%
Wirtschaftssektoren mit Bezug zu Werkstoffen						
H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	20,6%	17,0%	4,9%	9,1%	8,9%	6,0%
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	23,8%	12,2%	17,1%	8,6%	3,7%	5,2%
Textilgewerbe	12,6%	10,1%	3,2%	8,8%	21,3%	5,1%
Holzgewerbe	10,7%	9,7%	0,2%	4,7%	3,4%	1,4%
Glasgewerbe, H.v. Keramik, Verarbeitung v. Steinen u. Erden	15,9%	10,8%	8,6%	8,9%	16,0%	5,0%
nachrichtlich:						
Gesamt	16,0%	16,6%	10,4%	7,8%	6,5%	6,9%
Verarbeitendes Gewerbe	16,6%	16,6%	11,0%	8,1%	6,8%	6,8%
Maschinenbau	21,4%	16,6%	13,3%	6,5%	12,0%	5,7%
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	5,1%	29,4%	0,4%	10,1%	4,0%	2,3%
Kokerei, Mineralölverarbeitung, Herstellung von Brutstoffen	10,8%	12,4%	1,6%	7,6%	6,0%	8,5%
Elektrizitäts-, Gas- und Wasserversorgung	7,6%	5,6%	0,0%	33,2%	0,3%	2,3%

Quelle: OECD, STAN Indicators database 2004, Release 05; Berechnungen Fraunhofer ISI

Fazit: Die Potenziale Deutschlands sind hoch, da die Unternehmen, die bisher konventionelle Technologien und eine fossile Rohstoffbasis einsetzen, auch bei NAWARO-Produkten aktiv sind (vgl. Nusser et al. 2007). Denn diese Unternehmen können ihre bereits existierenden globalen Marketing- und Vertriebsstrukturen und ihre internationalen Netzwerke zum globalen Vertrieb von NAWARO-Produkten nutzen.

Werkstoffe

Bei den Werkstoffen zeigt sich ein differenziertes Bild. Hohe Welthandelsanteile hat der Sektor Fahrzeugbau, der ein wichtiger Abnehmer von Faserverbundwerkstoffen und Formteilen ist, und der Sektor Gummi- und Kunststoffwaren, zu dem Verpackungen gehören. Der Welthandelsanteil mit Textilien ist mit 12,6 % etwas geringer. Disaggregierte Produktgruppen-Auswertungen mit der Datenbank UN-Comtrade bestätigen diese Ergebnisse. Es zeigt sich zudem eine führende Stellung Deutschlands bei Warengruppen mit Bezug zu Dämmstoffen auf dem Weltmarkt. Im internationalen Vergleich zeigt sich in allen Sektoren eine starke Weltmarktstellung Deutschlands.

Fazit: Deutschland hat ein hohes bis sehr hohes Exportpotenzial in vielen Sektoren, wobei die Potenziale in den Bereichen Textilien und Holz etwas geringer sind. Dies stellt eine gute Basis für Exporterfolge bei NAWARO-Werkstoffprodukten dar.

Maschinenbau und Agrarsektor

Deutschland hat im Maschinenbau sehr hohe Anteile am Welthandel, während sie bei der Land-, Forstwirtschaft und Fischerei gering sind (5,1 %). Eine Ausnahme zeigt sich bei der Betrachtung der Warengruppen Stärke und Inulin sowie Kleber von Weizen, die deutlich höhere Welthandelsanteile aufweisen. Im internationalen Vergleich haben die USA hohe Welthandelsanteile im Maschinenbau, vor allem aber in der Landwirtschaft.

(2) Exportquote

Neben den Welthandelsanteilen sind die Exportanteile am Umsatz ein wichtiger Indikator für die Exportstärke der Wirtschaftssektoren. Für die einzelnen NAWARO-Verwendungsbereiche zeichnet sich folgendes Bild (Tabelle 5.7):

Chemierohstoffe

Deutschland verzeichnet in der Chemie- und Pharmaindustrie eine sehr hohe Exportquote mit über 50 % Umsatzanteil. Auch bei NAWARO bestehen daher große Exportpotenziale, da die Unternehmen bereits im bedeutenden Maße für den Weltmarkt und dessen Bedürfnisse produzieren und etabliert sind. Die Exportpotenziale sind hier daher als hoch bis sehr hoch einzustufen.

Tabelle 5.7: Exportquote (Exportanteil am Umsatz), Durchschnitt für den Zeitraum 2004 und 2005

	Deutschland
Wirtschaftssektoren mit Bezug zu Chemierohstoffen	
Herstellung von chemischen Erzeugnissen (exkl. Pharma)	53,2%
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	53,8%
Wirtschaftssektoren mit Bezug zu Werkstoffen	
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	36,4%
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	58,6%
Textilgewerbe	40,0%
Holzgewerbe	24,1%
Glasgewerbe, Herstellung v. Keramik, Verarbeitung v. Steinen u. Erden	25,0%
nachrichtlich	
Verarbeitendes Gewerbe	40,4%
Maschinenbau	53,9%
Kokerei, Mineralölverarbeitung, Herstellung von Brutstoffen	5,5%

Quelle: Statistisches Bundesamt 2005/06, Fachserie 4, Reihe 4.1.1

Werkstoffe

Bei den Werkstoffen liegt nur bei der Herstellung von Kraftwagen und -teilen die Exportquote über dem Durchschnitt des Verarbeitenden Gewerbes (40,4 %) in den Jahren 2004/2005. Im Bereich Holz oder Glas beispielsweise liegt der Zielmarkt dagegen oftmals im Inland.

Fazit: Mit Ausnahme des Kraftwagenbereichs ist die Bedeutung des Exports am Umsatz und daher auch die Höhe der Exportpotenziale eher als durchschnittlich zu bewerten, obgleich die Ausführungen unter Punkt (1) eine gute internationale Wettbewerbsposition Deutschlands gezeigt haben.

(3) Export-Import-Quoten

Neben der Betrachtung der Exporte ist die zusätzliche Betrachtung der Importe für die Bewertung der Außenhandelsposition Deutschlands wichtig. Ein geeigneter Indikator hierfür ist die Export-Importquote. Die Ergebnisse zeigen, dass Deutschland in vielen Wirtschaftssektoren zu den Nettoexporteuren auf dem Weltmarkt gehört (Tabelle 5.8).

Tabelle 5.8: Export-Import-Quoten, Durchschnitt der Jahre 2002/03

	Deutsch-land	Frank-reich	Italien	Japan	UK	USA
Wirtschaftssektoren mit Bezug zu Chemierohstoffen						
Herstellung von (H.v.) chemischen Erzeugnissen (exkl. Pharma)	1,60	1,16	0,59	1,88	1,14	1,09
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	1,07	1,38	1,01	0,57	1,18	0,59
Wirtschaftssektoren mit Bezug zu Werkstoffen						
H.v. Gummi- und Kunststoffwaren	1,65	0,99	1,77	4,75	0,73	0,73
H.v. Kraftwagen und Kraftwagen-teilen	2,26	1,31	0,64	9,37	0,62	0,39
Textilgewerbe	0,66	0,68	1,89	0,20	0,35	0,18
Holzgewerbe	1,03	0,70	0,41	0,01	0,13	0,22
Glasgewerbe, H.v. Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden	1,40	0,97	3,11	1,52	0,73	0,41
nachrichtlich:						
Gesamt	1,25	1,00	1,02	1,23	0,78	0,57
Verarbeitendes Gewerbe	1,42	1,06	1,17	1,58	0,79	0,60
Maschinenbau	2,47	1,02	2,65	3,90	0,95	0,91
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	0,32	1,21	0,47	0,03	0,24	1,58
Kokerei, Mineralölverarbeitung, Herstellung von Brutstoffen	0,94	0,76	1,01	0,10	1,24	0,34
Elektrizitäts-, Gas- und Wasserver-sorgung	0,86	6,70	0,02	n.v.	0,75	0,40

Quelle: OECD, STAN Indicators database 2004, Release 05; Berechnungen Fraunhofer ISI

Für die einzelnen NAWARO-Verwendungsbereiche zeichnet sich folgendes Bild:

Chemierohstoffe

Sowohl die Pharmaindustrie, vor allem aber die Chemiebranche weisen mit einer Quote über 1 einen Überschuss auf. Auf disaggregierter Ebene zeigt sich bei Außenhandelswaren wie z. B. Farben und Lacke, Schmierstoffen sowie vieler Teilbereiche von Kosmetika ein Handelsüberschuss. Ein Handelsdefizit existiert bei einigen relevanten Außenhandelswaren der organischen Chemie sowie Teilbereiche wie z. B. Stärke (z. B. Peptone und ihre Derivate). Im internationalen Vergleich haben

auch Frankreich und das Vereinigte Königreich einen Handelsüberschuss in beiden Sektoren. Japan und USA haben nur bei der Chemie eine Export-Import-Quote über 1.

Fazit: Deutschland weist in den NAWARO-relevanten Chemierohstoff-Bereichen Exportüberschüsse auf, was auf hohe Exportpotenziale hinweist.

Werkstoffe

Deutschland hat in den meisten Wirtschaftssektoren eine Exportquote von deutlich über 1. Eine Ausnahme bildet der Textilsektor mit einer Quote von 0,66 in den Jahren 2004/05. Die Export-Import-Quoten der Warengruppen bestätigen weitestgehend diese Tendenz. Ausnahmen bilden einige Gruppen der Verpackungsprodukte mit Werten unter 1. Spielzeuge, die ein Anwendungsgebiet für Faserverbundwerkstoffe und Formteile sind, weisen ebenfalls ein Handelsdefizit aus. Eine positive Bilanz zeigt sich hingegen bei den Dämmstoff-Produktgruppen.

Fazit: Die Außenhandelsbilanz Deutschlands bei den Werkstoffen ist unterschiedlich, in einigen Bereichen ergeben sich jedoch gute Chancen für Außenhandelsüberschüsse.

Maschinenbau und Agrarsektor

Eine sehr hohe Export-Import-Quote mit 2,47 in den Jahren 2002/2003 weist der Maschinenbausektor auf. Im Sektor Land-, Forstwirtschaft und Fischerei sind die Importe dagegen dreimal höher als die Exporte (Quote: 0,32). Eine Ausnahme bilden auch hier die Warengruppen Stärke, Inulin sowie Kleber von Weizen mit Werten deutlich über 1.

Fazit: Der Maschinenbausektor weist eine sehr positive Handelsbilanz auf. Von dieser starken internationalen Stellung können, wie bereits in Abschnitt 5.8.2 beschrieben, die NAWARO-Anlagen/Investitionsgüter profitieren. Hier ergeben sich große bzw. möglicherweise sehr große Exportpotenziale.

(4) RCA-Werte

Neben der Betrachtung von Außenhandelsniveaus und -überschüssen ist die Spezialisierung ein wichtiger Indikator für die Bewertung der Außenhandelsposition. Auf Grund der Konkurrenz um Produktionsfaktoren kann ein Land meist nicht in allen Sektoren im internationalen Wettbewerb führend sein, sondern muss sich auf bestimmte Wirtschaftssektoren spezialisieren (Gehrke et al. 2007). Um die Spezialisierung eines Wirtschaftssektors im internationalen Wettbewerb zu bewerten, wird in der Literatur meist der RCA-Indikator verwendet (vgl. hierzu Abschnitt 5.8.1). Der Indikator nimmt einen positiven Wert an, wenn in der betreffenden Branche die Ausfuhr-Einfuhr-

Relation überdurchschnittlich hoch ist. Die Untersuchungen auf Basis des RCA-Indikators zeichnen folgendes Bild für die NAWARO-Verwendungsbereiche:

Chemierohstoffe

Deutschland weist im Chemiesektor insgesamt eine neutrale Spezialisierung (RCA-Wert nahe am Null-Wert) auf (Schrooten und König 2006). Im Pharmasektor ist der RCA-Wert hingegen negativ, d. h. die Export-Import-Relation liegt unter dem gesamtwirtschaftlichen Durchschnitt. Die disaggregierte Analyse von Warengruppen (Basis: UN-Comtrade) zeigt ein sehr differenziertes Bild: Einige Warengruppen haben sehr negative RCA-Werte (z. B. Antibiotika), andere Gruppen hingegen sehr positive Werte (z. B. Dextrine, modifizierte Stärken). Meist positive RCA-Werte haben Farben und Lacke und Schmierstoffe, negative Werte sind in der organischen Chemie zu finden.

Fazit: Deutschland hat bei bestimmten Produktgruppen gewisse komparative Vorteile und ein Spezialisierungsmuster im Bereich der Chemierohstoffe, aus der sich größere Exportpotenziale ergeben können. Dies gilt allerdings nicht für alle Teilbereiche.

Werkstoffe

Bei den Wirtschaftssektoren ist Deutschland auf Kraftwagen und -teile spezialisiert, negative RCA-Werte zeigen sich für den Textilsektor (Schrooten und König 2006). Bei der Analyse der Warengruppen (Basis: UN-Comtrade) zeigen sich komparative Nachteile bei den Textilien für fast alle relevanten Untergruppen. Gleiches gilt für Spielzeuge und für einige Bereiche von Verpackungsprodukten. Bei den Dämmstoffen sind die RCA-Werte im hohen positiven Bereich.

Fazit: Deutschland weist eine positive Spezialisierung bei Dämmstoffen und Kraftwagen und -teile auf, bei den anderen Teilbereichen bestehen keine komparativen Vorteile im internationalen Weltmarkt.

Maschinenbau und Agrarsektor

Der RCA-Wert im deutschen Maschinenbau ist seit vielen Jahren im hohen, positiven Bereich (Schrooten und König 2006). In der Landwirtschaft sind für viele Warengruppen die RCA-Werte negativ. Positive Ausnahmen bei den NAWARO-relevanten Gruppen sind Rohr- und Rübenzucker, Melassen aus der Gewinnung oder Raffination von Zucker sowie Stärke, Inulin sowie Kleber von Weizen.

Fazit: Deutschland ist stark im Maschinenbau spezialisiert und besitzt komparative Vorteile. Im Landwirtschaftsbereich trifft dies hingegen nur für einige Produktgruppen zu.

6 Modellergebnisse zu den Effekten in der Landwirtschaft

Für die NAWARO-Marktpotenziale und industriellen Nachfragemengen (Abschnitt 4.2.5, S. 83 ff.) wurde der Flächenbedarf in Deutschland unter Berücksichtigung der in Abschnitt 3.1.2.2 genannten Trends berechnet (Tabelle 6.1). Der ausgewiesene Flächenbedarf des Koppelprodukts Stroh stellt keinen zusätzlichen Flächenbedarf dar. Es wird unterstellt, dass Stroh zunächst auf den für die NAWARO-Produktion eingesetzten und anschließend auf den zur Nahrungserzeugung genutzten Getreideflächen gewonnen wird. Summiert über alle betrachteten NAWARO werden rund 1,8 Mio. ha zusätzlich zur 2004 beanspruchten Fläche benötigt. Basierend auf zu erwartenden technischen Fortschritten und einer 2005 stillgelegten Ackerfläche von knapp 1 Mio. ha kann davon ausgegangen werden, dass bis zum Jahr 2020 mindestens 3,6 Mio. ha nicht zur Biomasseproduktion benötigt werden und somit keine flächeninduzierten Angebotsrestriktionen auftreten.

Deshalb werden die Auswirkungen auf Beschäftigung, Arbeitseinkommen und Investitionen (Kapitalbedarf und Abschreibungen) für die erforderlichen NAWARO-Angebotsmengen (Tabelle 4.18, S. 85) der Basisszenarien 2004, 2010 und 2020 berechnet. Diese Angebotsmengen bzw. Mengenbedarfe wurden nicht mit dem Modell ProLand bestimmt, sondern stellen exogene Eingangsgrößen dar.

Die zum Biomasseanbau je Flächeneinheit benötigten Mengen der Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital und Boden variieren zwischen Landnutzungssystemen. Unter Landnutzungssystemen werden Kombinationen aus Kulturpflanzen und zugehörigen Verfahren der Außenwirtschaft verstanden. Innerhalb eines Landnutzungssystems beeinflussen Landschaftsstruktur und Ertrag den Mengenbedarf der genannten Produktionsfaktoren. Abnehmende Hof-Feld-Entfernung, zunehmende Schlaggröße, geringere Hangneigung und leichtere Bodenverhältnisse senken die benötigte Arbeitskraft je ha. Diese Zusammenhänge wurden bei den Berechnungen mit dem Modell ProLand berücksichtigt.

Die Prognose der Beschäftigungseffekte geht von ackerbaulichen Produktionsverfahren und zugehörigen Mengengerüsten aus. Der Arbeitskräftebedarf je ha liegt daher unter statistischen Durchschnittswerten für die Gesamtlandwirtschaft, in denen arbeitsintensive Viehhaltung und Sonderkulturen berücksichtigt werden. Von den gewählten Landnutzungssystemen weitgehend unabhängig sind der Arbeits- und Kapitalbedarf für Leitung und allgemeine Betriebsarbeiten. Diese schwanken in Abhängigkeit von Betriebstyp und -größe von 4,2 AKh je ha und Jahr bis 22,0 AKh je ha und Jahr (KTBL 2006). Sie tragen daher substantiell zum gesamten Arbeitszeitbedarf bei und

können sogar mehr Arbeitszeit in Anspruch nehmen als die unmittelbaren Produktionsaktivitäten.

Tabelle 6.1: NAWARO Mengen- und Flächenbedarf

NAWARO-Kulturpflanzen	Bedarf NAWARO-Angebotsmengen deutsche Landwirtschaft			Flächenbedarf in Deutschland			Direkte Arbeitsplätze deutsche Landwirtschaft		
	(in Tsd. Tonnen NAWARO)			(in Tausend ha)			(in Erwerbstätige)		
	2004	2010	2020	2004	2010	2020	2004	2010	2020
Roggen für Ethanol	7	941	892	1	144	119	11	1.232	905
Weizen gesamt	284	2.948	2.773	35	333	275	361	2.996	2.055
Ethanol	18	2.646	2.411	2	299	239	23	2.689	1.787
Chemierohstoffe	266	302	363	33	34	36	338	307	269
Energiegetreide gesamt (exkl. Biogas)	0	18	4.136	0	1	251	0	11	1.790
BTL	0	0	4.100	0	0	249	0	0	1.775
Strom	0	18	36	0	1	2	0	11	16
Stroh BTL	0	0	8.300	0	0	968,1	0	0	206
Energiegetreide Biogas	0	1.480	4.470	0	89	236	0	915	1.949
Silomais Energie/Strom	350	6.250	9.830	8	121	157	89	1.227	1.286
Pappel/Kurzumtriebsholz gesamt	0	36	7.173	0	1	188	0	10	1.463
BTL	0	0	7.100	0	0	186	0	0	1.448
Strom	0	36	73	0	1	2	0	10	15
Raps gesamt	2.981	3.865	5.732	877	1.023	1.240	9.362	9.488	9.485
Biodiesel/RME	2.632	3.500	5.300	775	926	1.147	8.266	8.592	8.771
Rapsöl Chemierohstoffe	231	241	291	68	64	63	725	591	481
Rüböl Chemierohstoffe	82	88	105	24	23	23	258	217	174
Strom	36	36	36	11	10	8	113	88	60
Zuckerrübe gesamt	1.341	4.220	10.192	20	60	122	233	590	979
Chemierohstoffe	1.341	2.767	7.609	20	39	91	233	387	731
Ethanol	0	1.453	2.582	0	21	31	0	203	248
Miscanthus gesamt	0	32	3.275	0	1	100	0	8	653
Ethanol	0	0	1.211	0	0	37	0	0	242
BTL	0	0	2.000	0	0	61	0	0	399
Strom	0	32	64	0	1	2	0	8	13
Flachs gesamt	116	224	265	10	18	19	92	162	143
Formteile/Faserverbundwerkstoffe	4	106	130	0,3	8	9	3	76	71
Leinen-Textilien	109	109	121	9,1	9	9	86	79	65
Dämmstoffe	4	9	14	0,3	1	1	3	7	7
Hanf gesamt	6	243	324	0,5	18	21	5	158	155
Formteile/Faserverbundwerkstoffe	0,6	211	261	0,04	16	17	0	137	125
Dämmstoffe	5,6	32	64	0,44	2	4	4	21	30
Stärkekartoffel Chemierohstoffe	1.600	1.818	2.182	32	34	35	354	377	315
Maiskörner Chemierohstoffe	101	115	138	11	11	11	97	88	86
Sonnenblumensamen Chemierohstoffe	51	62	74	20	23	25	193	214	190
Ölleinsamen Chemierohstoffe	40	44	53	14	15	16	135	137	122
Sonstige Samen Chemierohstoffe	42	48	55	20	22	23	193	205	175
Sonstige Öle Energie/Strom	17	17	17	6	6	5	58	55	41
Summe (exklusive Stroh)	6.937	22.361	51.580	1.053	1.919	2.843	11.184	17.873	21.794
Summe (inklusive Stroh)	6.937	22.361	59.880	1.053	1.919	3.417	11.184	17.873	22.000
Summe (inkl. Stroh u. Arzneipflanzen)	6.962	22.393	59.939	1.063	1.931	3.435	11.544	18.313	22.644
Verwendungsbereiche	Bedarf NAWARO-Angebotsmengen deutsche Landwirtschaft			Flächenbedarf in Deutschland			Direkte Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft		
	(in Tsd. Tonnen NAWARO)			(in Tausend ha)			(in Erwerbstätige)		
	2004	2010	2020	2004	2010	2020	2004	2010	2020
Biogene Kraftstoffe	2.658	8.540	33.896	778	1.390	2.643	8.301	12.716	15.780
Energie /Strom aus Biomasse	403	7.869	14.526	24	229	412	260	2.314	3.378
Chemierohstoffe	3.780	5.517	10.929	251	276	341	2.886	2.894	3.035
Werkstoffe	122	467	589	10	36	40	97	388	451
Summe (inkl. Stroh u. Arzneipflanzen)	6.962	22.393	59.993	1.063	1.931	3.435	11.544	18.313	22.644
Anteile (in %)									
Biogene Kraftstoffe	38%	38%	57%	74%	72%	77%	72%	69%	70%
Energie /Strom aus Biomasse	6%	35%	24%	2%	12%	12%	2%	13%	15%
Chemierohstoffe	54%	25%	18%	23%	14%	9%	25%	16%	13%
Werkstoffe	2%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	2%	2%
Summe (inkl. Stroh u. Arzneipflanzen)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Quelle: Eigene Darstellung, ProLand-Berechnungen (Daten f. Mengenbedarf: meo et al. 2006)

Die im Ergebnisbericht ausgewiesenen Beschäftigungseffekte (vgl. Tabelle 6.2) beinhalten deshalb sinkende, durchschnittliche Zeiten unter Trendfortschreibung zunehmender Betriebsgrößen. In Tabelle 6.3, Tabelle 6.4, Tabelle 6.6 und Tabelle 6.7 werden diese Zeiten nicht berücksichtigt, um die Unterschiede der Produktionsverfahren herauszustellen.

Das Modell ProLand unterscheidet Einkommenseffekte in der Landwirtschaft in die Entlohnung der Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital und Boden. Das dem Landnutzer zufallende Einkommen je ha besteht einerseits aus der Entlohnung des Faktors Arbeit, also dem Einkommen aus Arbeit (im Weiteren als Arbeitskosten bezeichnet) sowie der Differenz aus Bodenrente und Pachtzahlung, d. h. dem Einkommen aus Boden. Die Bodenrente als Differenz aus Leistungen und Kosten der Produktionsfaktoren „Arbeit“ und „Kapital“ ist der Betrag, den ein Landnutzungssystem für den Produktionsfaktor „Boden“ aufzuwenden vermag: In anderen Worten die Pacht, die ein Landnutzungssystem zahlen kann (Brinkmann 1922, Kuhlmann 2003). Ist der Landnutzer auch der Eigentümer, so erhöht sich das Einkommen um die Bodenrente. Ist der Landnutzer nicht der Eigentümer, fällt die Bodenrente vollständig oder anteilig dem Landeigentümer zu und das Einkommen erhöht sich um das Residuum. Das mit dem Produktionsfaktor „Arbeit“ erzielte Einkommen (Arbeitskosten) wird über Opportunitätskosten, d. h. einem Lohnansatz je AKh, den der Landnutzer bei alternativer Beschäftigung erzielen könnte, bestimmt. Die Entlohnung des Faktors „Kapital“ wird analog berechnet, hier jedoch aufgrund der Fragestellung nicht weitergeführt.

Die Bodenrente und somit die Ergebnisse des Modells ProLand unterscheiden sich von den häufig anzutreffenden Deckungsbeiträgen je AKh oder ha. Die Bodenrentenberechnung unterstellt feste, durch den Landnutzer geforderte Entlohnung des Faktors Arbeit sowie vollständig leistungsabhängige Maschinenkosten, d. h. keine unveränderlichen Kosten. Die Deckungsbeitragsrechnung berechnet die Differenz aus veränderlichen Leistungen und Kosten und teilt den resultierenden Deckungsbeitrag auf ha oder die benötigten AKh je ha auf. Unberücksichtigt bleiben unveränderliche Kosten. Im Gegensatz zur in ProLand gewählten Bodenrente stellt die Deckungsbeitragsrechnung daher keine Vollkostenrechnung dar. Dies kann dazu führen, dass positive Deckungsbeiträge je ha und AKh ausgewiesen werden, eine vollständige Entlohnung der Produktionsfaktoren jedoch nicht gewährleistet ist. Von Deckungsbeiträgen kann deshalb nicht ohne weiteres auf landwirtschaftliche Einkommensmöglichkeiten geschlossen werden. Aus den genannten Gründen werden die in Tabelle 6.3, Tabelle 6.4 und Tabelle 6.6 ausgewiesenen Deckungsbeiträge mit (über einen durchschnittlichen Fixkostenanteil bestimmten) unveränderlichen Maschinenkosten berechnet.

Die betrachteten Kulturpflanzen werden teilweise in mehreren Verwendungsbereichen eingesetzt, beispielsweise Zuckerrüben oder Pappeln. Daher erfolgt zunächst eine kurze, zusammenfassende Diskussion der Effekte gruppiert nach Kulturpflanzen. Dies ermöglicht die Hauptträger der NAWARO-Bereitstellung zu identifizieren. Anschließend werden die Auswirkungen nach Verwendungsbereichen diskutiert. Hierbei wird näher auf die relevanten Kulturpflanzen eingegangen.

6.1 Einkommens- und Beschäftigungseffekte in der deutschen Landwirtschaft – Kulturpflanzen

Tabelle 6.2 enthält die absoluten und relativen Effekte der inländischen NAWARO-Produktion in der deutschen Landwirtschaft für die Jahre 2004, 2010 und 2020 für die untersuchten Kulturen. Wie zu erwarten sind Kosten, Arbeitszeitbedarf und direkte Transferzahlungen der pflanzlichen Biomasseproduktion vornehmlich flächengebunden. Insgesamt sind 2020 rund 22.000 direkte Arbeitsplätze in der Landwirtschaft mit der NAWARO-Produktion verbunden. Die Beschäftigten erzielen damit ein Arbeitseinkommen von knapp unter 1 Mrd. Mio. €.

Wie Tabelle 6.1 zeigt, beansprucht die Rapsproduktion mit rund 1 Mio. ha in 2010 und 1,2 Mio. ha in 2020 etwa 44 % der benötigten NAWARO-Fläche und somit den höchsten Flächenanteil. Der Großteil der Einkommens- und Beschäftigungseffekte sowie der direkten Transferzahlungen sind mit Raps verbunden. Die relative Bedeutung nimmt zwar bis zum Jahr 2020 ab, dennoch bleibt er die dominierende Frucht. Fast die Hälfte der Arbeitsplätze und des Arbeitseinkommens sind an die Rapsproduktion gekoppelt, gefolgt von Energiegetreide mit zusammen unter einem Fünftel, Kurzumtriebspappeln und Silomais mit 7 bzw. 6 %.

Die Dominanz von Winterraps bezüglich Fläche und Effekten trotz vergleichsweise niedrigerer Mengen ist mit den Hektarerträgen des verwerteten Produkts zu erklären. Während aus einem Zuckerrübenenertrag von 60 t/ha rund 6450 l Ethanol erzeugt werden können, liefert Raps bei einem Ertrag von 4,5 t/ha nur rund 1550 l Öl. Die Treibstoffproduktion auf Rapsbasis ist daher mit mehr Anbaufläche, Beschäftigung, Investitionen und höheren direkten, flächengebundenen Transferzahlungen verbunden.

Bis 2020 gestiegene erforderliche NAWARO-Angebotsmenge führen nicht immer zu mehr Beschäftigung gegenüber dem Jahr 2010. Durch die in Abschnitt 3.1.2.2 auf S. 48 genannten Trends wird weniger Fläche und Arbeit je Tonne Rohstoff benötigt. Unter Berücksichtigung allgemeiner Betriebs- und Verwaltungsarbeiten steigt die durchschnittliche, von einer AK bewirtschaftete Fläche auf rund 155 ha.

Während im Jahr 2004 vor allem Raps, Stärkekartoffeln und Zuckerrüben als nachwachsende Rohstoffe genutzt wurden, finden bis 2020 Verschiebungen zu bisher nicht oder kaum genutzten Kulturpflanzen bzw. Produkten statt, die ihren Mengen- und Flächenanteil deutlich ausbauen. Von den bereits genutzten Pflanzen nehmen Zuckerrübe, Silomais und Weizen relativ am stärksten zu. Raps und Stärkekartoffeln verzeichnen nur einen unterproportionalen Nachfrageanstieg.

Tabelle 6.2: Einkommens- und Beschäftigungseffekte in der deutschen Landwirtschaft nach Kulturpflanzen

	NAWARO-Bedarf (in Tsd. Tonnen NAWARO)		Flächenbedarf (in Tausend ha)		Direkte Arbeitsplätze (in Erwerbstätige)		Arbeitskosten (in Millionen €)		AFA (in Millionen €)		Kapitalbedarf (in Millionen €)		flächengeb. Transfers (in Millionen €)	
	2004	2010	2004	2010	2004	2010	2004	2010	2004	2010	2004	2010	2004	2010
Roggen	7	941	1	144	11	1.232	905	0	15	13	0	40	0	47
Weizen	284	2.948	35	333	361	2.996	2.055	0	44	42	11	118	14	109
Stroh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	317
Energiegetreidepflanzen	0	18	0	1	0	11	1.790	0	0	35	0	1	90	0
Energiegetreidepflanzen Biotgas	0	1.480	0	89	0	915	1.949	0	14	42	0	36	0	29
Silomais	350	6.250	8	121	89	1.227	1.266	3	34	55	5	88	3	40
Kurzumtriebspappel	0	36	0	1	0	10	1.463	0	0	18	0	0	48	0
Raps	2.981	3.865	877	1.023	9.362	9.488	9.485	317	356	421	274	354	512	347
Zuckerrübe	1.341	4.220	20	60	233	590	979	8	22	43	4	25	60	20
Miscanthus	0	32	0	1	0	8	653	0	0	16	0	42	0	33
Flachs	116	224	10	18	19	92	162	3	1	2	3	6	3	6
Faserhanf	6	243	0	18	5	158	155	0	3	3	0	7	0	6
Stärkekartoffel	1.600	1.818	32	34	354	377	315	14	17	19	23	46	52	63
Körnermais	101	115	11	11	97	88	86	3	3	3	6	7	8	4
Körnersonnenblume	51	62	20	23	25	193	214	7	8	4	7	9	10	7
Öllein	40	44	14	15	16	135	137	14	2	2	5	5	7	5
Sonstige Ölsaaten (u.a. Mohn)	42	48	20	22	23	193	205	175	5	2	3	7	8	7
Sonstige Öle	17	17	6	6	58	55	41	8	1	1	2	2	2	2
Gesamtsumme (exklusive Stroh)	6.937	22.361	1.053	1.919	11.184	17.873	21.794	383	576	980	370	759	1.274	629
Gesamtsumme (inklusive Stroh)	6.937	22.361	1.053	1.919	11.184	17.873	22.000	383	576	989	370	759	1.355	629
Roggen	0%	4%	0%	7%	0%	7%	4%	0%	0%	3%	0%	5%	3%	0%
Weizen	4%	13%	3%	17%	3%	17%	9%	1%	15%	8%	3%	16%	8%	3%
Stroh	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Energiegetreidepflanzen	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	0%	7%	0%	0%	7%	0%
Energiegetreidepflanzen Biotgas	0%	7%	0%	5%	0%	5%	9%	0%	0%	8%	0%	5%	8%	0%
Silomais	5%	28%	1%	6%	1%	7%	6%	1%	12%	11%	1%	12%	11%	6%
Pappel/Kurzumtriebsholz	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Raps	43%	17%	83%	53%	84%	53%	43%	83%	73%	46%	74%	47%	38%	53%
Zuckerrübe	19%	19%	2%	3%	2%	3%	4%	2%	3%	4%	1%	3%	4%	3%
Miscanthus	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Flachs	2%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Faserhanf	0%	1%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	1%	1%	0%	1%	1%	1%
Stärkekartoffel	23%	8%	4%	3%	2%	1%	4%	2%	7%	4%	13%	7%	5%	3%
Körnermais	1%	1%	0%	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	0%
Körnersonnenblume	1%	0%	2%	1%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	1%
Öllein	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%	4%	2%	1%	1%	1%	1%	1%
Sonstige Ölsaaten (u.a. Mohn)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	2%	1%	2%	1%	1%
Sonstige Öle	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Gesamtsumme (exklusive Stroh)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	99%	100%	100%	94%	100%
Gesamtsumme (inklusive Stroh)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datenherkunft: ProLand-Berechnungen)

Zuckerrüben werden den größten Mengenanteil bereitstellen. Es folgen Silomais, Stroh und Pappeln. In der Rangfolge der Flächenanteile steht das Koppelprodukt Stroh mit 574.000 ha an erster Stelle, gefolgt von Energiegetreidepflanzen. Stroh hat bezogen auf die Menge den geringsten Arbeitskraftbedarf. Dies liegt an der hochmechanisierten Werbung und der Zurechnung aller Arbeitszeiten bis auf die Strohbergung zum Produktionsverfahren des Hauptprodukts. Pappeln und Miscanthus benötigen auf Grund der hohen Biomasseerträge je Hektar relativ weniger Anbaufläche. Die Beschäftigungseffekte in Relation zur bereitgestellten Menge sind dementsprechend geringer. Zunehmende Anteile an der im NAWARO-Anbau nachgefragten Arbeitskraft verzeichnen vor allem Silomais, Energiegetreidepflanzen, Pappeln und Weizen.

Die bezüglich der Mengen und Flächen weniger bedeutsamen Kulturen wie Öllein, Körnersonnenblume und sonstige Ölsaaten und Öle wirken überproportional auf Beschäftigung und Arbeitseinkommen ein. Dies liegt vor allem an relativ niedrigeren Hektarerträgen. Die genannten Kulturen beanspruchen zur Produktion von etwa 337.000 t Produkt rund 80.000 ha LF und sind dennoch für über 600 Arbeitsplätze verantwortlich.

Zusammenfassend lässt sich feststellen:

- Zuckerrüben, Silomais, Stroh, Pappeln und Raps sind die fünf wichtigsten Kulturpflanzen/Produkte bezogen auf die Produktmengen,
- Raps, Stroh, Energiegetreidepflanzen für Biogas/BTL und Weizen sind die fünf wichtigsten Kulturpflanzen/Produkte bezogen auf den Flächenbedarf,
- Raps, Energiegetreidepflanzen für Biogas/BTL, Weizen und Pappeln sind die fünf wichtigsten Kulturpflanzen/Produkte bezogen auf die Beschäftigungseffekte.

Deckungsbeiträge, Bodenrenten, Arbeitskosten und Arbeitszeitbedarfe

Die Arbeitskosten je ha stellen das mit der Produktion verbundene landwirtschaftliche Einkommen je ha aus Arbeit dar. Die Höhe schwankt zwischen 9 €/ha und 124 €/ha, wodurch sich die unterschiedlichen Faktoransprüche der Kulturpflanzen ausdrücken. Stärkekartoffeln benötigen am meisten Arbeitszeit, Stroh am wenigsten. Die Arbeitskosten der Mehrzahl der Kulturpflanzen streuen um 70 €/ha. Stroh hat die niedrigsten Arbeitskosten je ha, weil ihm als Koppelprodukt nur die Bergungskosten, nicht jedoch andere Produktionskosten angelastet werden. Zu beachten gilt, dass alle Landnutzungssysteme Arbeit, gemessen in €/AKh, gleich entgelten. Eine landwirtschaftliche Arbeitskraft kann dementsprechend eine größere Fläche mit Winterweizen als mit Ethanolrüben bewirtschaften und erzielt so ein konstantes Gesamteinkommen aus Arbeit.

Die Bodenrente je ha variiert zwischen Kulturpflanzen (Tabelle 6.3). Die Reihenfolge der Kulturpflanzen hängt davon ab, ob nach Bodenrente oder Deckungsbeitrag sortiert wird. So liegen Stärkekartoffeln in der Sortierung nach Deckungsbeitrag an erster Stelle, fallen jedoch hinter Winterraps und Winterweizen zurück, wenn nach Bodenrente sortiert wird. Hier zeigt sich, dass der Deckungsbeitrag zur Beurteilung von Einkommen und Wettbewerbsfähigkeit unter Berücksichtigung aller Kosten ungeeignet ist.

Tabelle 6.3: Durchschnittliche Deckungsbeiträge, Bodenrenten, Arbeitskosten und Arbeitszeitbedarfe für Deutschland im Basisszenario 2020

Kulturpflanze	Deckungsbeitrag (€/ha)	Bodenrente (€/ha)	Arbeitskosten (€/ha)	Arbeitszeitbedarf (AKh/ha)
Energiegetreidepflanzen	488 €	388 €	27 €	1,2
Ethanolrübe	802 €	443 €	85 €	3,8
Faserlein	677 €	408 €	67 €	3,0
Hanf	683 €	413 €	67 €	3,0
Körnermais	776 €	387 €	73 €	3,3
Kurzumtriebspappel	458 €	268 €	79 €	3,5
Miscanthus	678 €	464 €	22 €	1,0
Öllein	567 €	302 €	75 €	3,4
Roggen	562 €	333 €	57 €	2,5
Roggen Ganzpflanze	330 €	112 €	47 €	2,1
Silomais	1.007 €	512 €	95 €	4,3
Sonnenblume	306 €	29 €	76 €	3,4
Stärkekartoffel	1.080 €	324 €	124 €	5,6
Stroh	312 €	259 €	9 €	0,4
Weizen Ganzpflanze	326 €	102 €	47 €	2,1
Winterraps	896 €	629 €	76 €	3,4
Winterweizen	755 €	507 €	65 €	2,9

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: Berechnungen Modell ProLand 2006)

Zur Beurteilung der Einkommenseffekte im Sektor Landwirtschaft gibt Tabelle 6.4 die Deckungsbeiträge, Bodenrenten und Arbeitskosten nach Kulturpflanzen in Deutschland für die im Basisszenario 2020 unterstellten Nachfragemengen an. Den größten Anteil an den Einkommenseffekten gemessen über Bodenrente haben Winterraps mit rund 49 % und Stroh mit rund 16 %. Dies ergibt sich unmittelbar aus dem zur Bereitstellung der Nachfragemengen nötigen Flächenbedarf, der für diese beiden NAWARO

ebenfalls am höchsten ist (vgl. Tabelle 6.8). Die Anteile am Einkommen gemessen über Arbeitskosten stellen sich anders dar. Auf Grund des sehr geringen Arbeitszeitbedarfs je ha des Strohs liegt Raps mit rund 47 % Anteil weit vor allen anderen NAWARO, die sämtlich unterhalb von 10 % bleiben.

Tabelle 6.4 Deckungsbeiträge, Bodenrenten und Arbeitskosten (ohne Zeiten für Management und allgemeine Betriebsarbeiten) nach Kulturpflanzen für Deutschland im Basisszenario 2020

Kulturpflanze	Deckungsbeitrag (in Tsd. €)	Bodenrente (in Tsd. €)		Arbeitskosten (in Tsd. €)		
		%	%	%	%	
Energiegetreidepflanzen	122.401	5%	97.410	6%	6.878	3%
Ethanolrübe	97.944	4%	54.135	3%	10.329	5%
Faserlein	13.052	1%	7.867	0%	1.291	1%
Hanf	14.305	1%	8.649	1%	1.402	1%
Körnermais	8.890	0%	4.429	0%	837	0%
Kurzumtriebspappel	86.107	4%	50.484	3%	14.823	7%
Miscanthus	67.919	3%	46.459	3%	2.203	1%
Öllein	9.020	0%	4.806	0%	1.192	1%
Roggen	66.739	3%	39.522	2%	6.719	3%
Roggen Ganzpflanze	38.823	2%	13.195	1%	5.508	3%
Silomais	157.939	7%	80.253	5%	14.829	7%
Sonnenblume	7.509	0%	718	0%	1.862	1%
Stärkekartoffel	38.107	2%	11.442	1%	4.379	2%
Stroh	301.816	13%	250.980	16%	9.153	5%
Weizen Ganzpflanze	38.358	2%	12.017	1%	5.507	3%
Winterraps	1.110.792	47%	779.597	49%	93.633	47%
Winterweizen	207.820	9%	139.479	9%	17.886	9%
Deutschland	2.387.540	100%	1.601.444	100%	198.432	100%

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: Berechnungen Modell ProLand 2006)

Tabelle 6.5 fasst die landwirtschaftlichen Einkommen aus Arbeit (Arbeitskosten) und Beschäftigungsintensitäten unter Berücksichtigung der Zeiten für Management und allgemeine Betriebsarbeiten für Deutschland zusammen. Die durchschnittlichen Arbeitskosten je ha steigen von 60 €/ha auf 334 €/ha, die Gesamtarbeitskosten auf rund 948 Mio. €.

Tabelle 6.5: Arbeitskosten und Arbeitszeitbedarf einschließlich Zeiten für Management und allgemeine Betriebsarbeiten für Deutschland im Basisszenario 2020

Kulturpflanze	Arbeitskosten/ha	Arbeitszeitbedarf AKh/ha	Arbeitskosten (in Tsd. €)	%
Energiegetreidepflanzen	294 €	13,2	73.762 €	8%
Ethanolrübe	351 €	15,8	42.868 €	5%
Faserlein	333 €	15,0	6.429 €	1%
Hanf	333 €	15,0	6.985 €	1%
Körnermais	339 €	15,3	3.889 €	0%
Kurzumtriebspappel	345 €	15,5	64.942 €	7%
Miscanthus	288 €	13,0	28.880 €	3%
Ölein	341 €	15,4	5.429 €	1%
Roggen	323 €	14,5	38.367 €	4%
Roggen Ganzpflanze	313 €	14,1	36.880 €	4%
Silomais	361 €	16,3	56.612 €	6%
Sonnenblume	342 €	15,4	8.394 €	1%
Stärkekartoffel	390 €	17,6	13.780 €	1%
Stroh*	9 €	0,4	9.153 €	1%
Weizen Ganzpflanze	313 €	14,1	36.879 €	4%
Winterraps	342 €	15,4	423.972 €	45%
Winterweizen	331 €	14,9	91.188 €	10%
Deutschland	334 €	15,0	948.409 €	100%

* Koppelprodukt Stroh wurden keine Zeiten angerechnet

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: Berechnungen Modell ProLand 2006)

Tabelle 6.6 schlüsselt die Deckungsbeiträge weiter nach Kulturpflanzen und Bundesländern für das Basisszenario 2020 auf. Energiegetreidepflanzen und Stroh werden nicht regional differenziert ausgewiesen, da die Berechnungen für diese beiden NAWARO nur auf Deutschland-Ebene erfolgt sind. Klar ersichtlich werden Unterschiede in der Wettbewerbsfähigkeit der jeweiligen Kulturpflanzen zwischen den Bundesländern. Bei quotierten Märkten, wie Ethanolrüben, ist zu erwarten, dass sich die Produktion langfristig in die Regionen mit den höchsten Bodenrenten und damit verbundenen Deckungsbeiträgen verlagert.

Tabelle 6.6: Deckungsbeiträge in €/ha nach Kulturpflanzen und Bundesländern im Basisszenario 2020

Kulturpflanze	Baden-Württemberg	Bayern	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern
Ethanolrübe	864 €	1.004 €	651 €	645 €	804 €	854 €	846 €	731 €
Faserlein	583 €	635 €	616 €	617 €	707 €	740 €	634 €	711 €
Hanf	573 €	624 €	610 €	608 €	721 €	753 €	637 €	723 €
Körnermais	732 €	789 €	719 €	722 €	790 €	*	744 €	760 €
Kurzumtriebspappel	399 €	463 €	385 €	429 €	467 €	688 €	449 €	430 €
Miscanthus	708 €	821 €	464 €	459 €	719 €	753 €	764 €	603 €
Öllein	586 €	599 €	446 €	452 €	595 €	677 €	558 €	516 €
Roggen	493 €	536 €	501 €	501 €	583 €	616 €	531 €	585 €
Roggen Ganzpflanze	286 €	328 €	291 €	291 €	345 €	379 €	303 €	343 €
Silomais	1.052 €	1.195 €	726 €	719 €	1.062 €	1.097 €	1.129 €	905 €
Sonnenblume	327 €	316 €	*	393 €	287 €	309 €	307 €	261 €
Stärkekartoffel	*	1.209 €	827 €	898 €	1.079 €	1.421 €	*	895 €
Weizen Ganzpflanze	282 €	327 €	258 €	259 €	355 €	414 €	304 €	330 €
Winterraps	896 €	895 €	851 €	776 €	878 €	941 €	878 €	1.025 €
Winterweizen	672 €	731 €	568 €	570 €	859 €	979 €	750 €	749 €

* Kulturpflanze stand in Bundesland nicht zur Auswahl oder erzielte keine positiven Bodenrenten

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: Berechnungen Modell ProLand 2006)

Tabelle (Fortsetzung): Deckungsbeiträge in €/ha nach Kulturpflanzen und Bundesländern im Basisszenario 2020

Kulturpflanze	Nieder- sachsen	Nordrhein- Westfalen	Rheinland- Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen- Anhalt	Schleswig- Holstein	Thüringen	Deutsch- land
Ethanolrübe	796 €	834 €	814 €	*	814 €	730 €	829 €	814 €	802 €
Faserlein	696 €	782 €	582 €	583 €	667 €	666 €	815 €	793 €	677 €
Hanf	706 €	814 €	579 €	583 €	657 €	658 €	851 €	826 €	683 €
Körnermais	821 €	858 €	702 €	*	841 €	823 €	*	787 €	776 €
Kurzumtriebspappel	451 €	481 €	360 €	264 €	525 €	607 €	426 €	499 €	458 €
Miscanthus	722 €	802 €	713 €	661 €	695 €	584 €	620 €	763 €	678 €
Öllein	592 €	648 €	523 €	599 €	557 €	521 €	660 €	546 €	567 €
Roggen	574 €	655 €	488 €	483 €	553 €	551 €	681 €	657 €	562 €
Roggen Ganz- pflanze	341 €	385 €	271 €	261 €	344 €	339 €	405 €	365 €	330 €
Silomais	1.067 €	1.168 €	1.067 €	1.002 €	1.021 €	873 €	914 €	1.114 €	1.007 €
Sonnenblume	295 €	347 €	*	*	290 €	289 €	284 €	276 €	306 €
Stärkekartoffel	1.140 €	*	*	*	*	1.170 €	*	*	1.080 €
Weizen Ganz- pflanze	355 €	382 €	266 €	246 €	337 €	343 €	414 €	339 €	326 €
Winterraps	896 €	930 €	802 €	687 €	922 €	912 €	1.054 €	990 €	896 €
Winterweizen	856 €	902 €	656 €	627 €	706 €	754 €	978 €	728 €	755 €

* Kulturpflanze stand in Bundesland nicht zur Auswahl oder erzielte keine positiven Bodenrenten

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: Berechnungen Modell ProLand 2006)

Beschäftigungsintensitäten

Die Berechnungen berücksichtigen langfristige Trends der Faktorintensitäten je ha LF (vgl. Abschnitt 3.1.2.2): Ausgehend von der derzeit verfügbaren, aber noch nicht in vollem Umfang eingesetzten Agrartechnologie und angesichts weiteren technischen Fortschritts und Strukturwandels kann eine Fortsetzung der Trends bis zum Jahr 2020 angenommen werden. Dementsprechend werden im Jahr 2020 nur rund 52 % der im Jahr 2004 Beschäftigten benötigt, um die gleiche Landfläche zu bewirtschaften.

Zur Beurteilung unterschiedlicher Landnutzungssysteme hinsichtlich ihrer Beschäftigungswirkung gibt Tabelle 6.7 die verfahrensspezifischen Arbeitszeitbedarfe in Stunden je ha und Jahr gegliedert nach Kulturpflanzen und Bundesländern für das Basisszenario 2020 an. Energiegetreidepflanzen und Stroh werden nicht regional differenziert ausgewiesen, da die Berechnungen für diese beiden NAWARO nur auf Deutschland-Ebene erfolgt sind. Die eingangs genannten Faktoren Landschaftsstruktur und Ertrag führen zu Differenzen zwischen den Bundesländern, mit höheren Arbeitszeitbedarfen in den alten Bundesländern und niedrigeren in den neuen. Die Unterschiede innerhalb der Bundesländer sind allerdings zwischen den meisten Kulturpflanzen relativ gering. Angesichts des Verhältnisses der mit den Produktionsaktivitäten verbundenen Arbeitszeitbedarfe zu denen für allgemeine Betriebsarbeiten und Management (vgl. Tabelle 6.3 und Tabelle 6.5 sowie Abschnitt 6) erscheinen sowohl Werte als auch Differenzen von geringerer Bedeutung.

Tabelle 6.7: Arbeitszeitbedarf in AKh/ha nach Kulturpflanzen und Bundesländern im Basisszenario 2020

Kulturpflanze	Baden-Württemberg	Bayern	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern
Ethanolrübe	4,5	4,0	3,7	3,5	3,8	3,7	4,2	3,5
Faserlein	3,8	3,3	2,8	2,6	3,0	2,9	3,4	2,6
Hanf	3,8	3,3	2,8	2,6	3,0	2,9	3,4	2,6
Körnermais	3,9	3,5	3,1	3,0	3,2	*	3,6	3,0
Kurzumtriebspappel	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Miscanthus	1,2	1,1	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	0,8
Öllein	4,0	3,6	3,2	3,0	3,3	3,3	3,7	3,0
Roggen	3,7	3,3	2,1	2,0	2,2	2,2	3,4	1,9
Roggen Ganzpflanze	2,6	2,3	2,0	1,8	2,1	2,0	2,3	1,8
Silomais	4,7	4,4	4,1	4,0	4,2	4,2	4,5	4,0
Sonnenblume	4,3	3,8	*	3,1	3,5	3,4	3,9	3,0
Stärkekartoffel	*	6,3	5,5	5,2	5,8	5,7	*	5,1
Weizen Ganzpflanze	2,6	2,3	2,0	1,8	2,1	2,0	2,3	1,8
Winterraps	4,1	3,6	3,2	3,0	3,4	3,3	3,7	3,0
Winterweizen	3,8	3,4	2,1	2,0	3,2	3,2	3,5	2,2
Deutschland	3,3	3,1	2,5	2,5	2,7	2,7	3,0	2,4

* Kulturpflanze stand in Bundesland nicht zur Auswahl

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: Berechnungen Modell ProLand 2006)

Tabelle (Fortsetzung): Arbeitszeitbedarf in AKh/ha nach Kulturpflanzen und Bundesländern im Basisszenario 2020

Kulturpflanze	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen	Deutschland
Faserlein	2,9	3,0	3,8	3,5	2,7	2,6	2,8	2,7	3,0
Hanf	2,9	3,0	3,8	3,5	2,7	2,6	2,8	2,7	3,0
Körnermais	3,2	3,3	3,9	*	3,0	3,0	*	3,1	3,3
Miscanthus	1,0	1,0	1,2	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0
Mulchen	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Öllein	3,3	3,4	4,0	3,8	3,1	3,0	3,2	3,1	3,4
Kurzumtriebspappel	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Roggen	2,2	2,4	3,7	3,5	2,0	2,0	2,1	2,0	2,5
Roggen Ganzpflanze	2,1	2,1	2,6	2,4	1,9	1,9	2,0	1,9	2,1
Silomais	4,2	4,3	4,7	4,6	4,1	4,0	4,1	4,1	4,3
Sonnenblume	3,4	3,5	4,4	4,1	3,1	3,1	3,3	3,2	3,5
Stärkekartoffel	5,8	*	*	*	*	5,2	*	*	5,6
Weizen Ganzpflanze	2,1	2,1	2,6	2,4	1,9	1,9	2,0	1,9	2,1
Winterraps	3,3	3,4	4,1	3,8	3,1	3,1	3,2	3,1	3,4
Winterweizen	3,1	3,2	3,8	3,6	2,1	2,4	3,1	2,2	2,9
Deutschland	2,9	2,8	3,5	3,2	2,5	2,6	2,7	2,6	2,9

* Kulturpflanze stand in Bundesland nicht zur Auswahl

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: Berechnungen Modell ProLand 2006)

Fiskalische Effekte in der Landwirtschaft (Transferzahlungen)

Die zum jetzigen Zeitpunkt in Umsetzung befindliche Förder- und Agrarpolitik, insbesondere entkoppelte, flächengebundene Transferzahlungen und Cross Compliance, wurde weitestgehend über 2013 hinaus fortgeschrieben (BMELV, 2006). Transferzahlungen wurden gemäß den Projektionen des Bundesministeriums regionspezifisch verrechnet. Förderprogramme unterhalb der Bundesebene wurden nicht berücksichtigt, auch wenn diese lokal signifikanten Einfluss auf die Anbauentscheidungen haben können. Durch die Entkopplung von der Produktion, die Bindung an die Fläche und der geschilderten Abnahme der Bedeutung der Energiepflanzenprämie (vergleiche Abschnitt 4.3.2) sind die direkten Transferzahlungen weitgehend unabhängig vom gewählten NAWARO. Tabelle 6.8 fasst Flächenbedarf und Transferzahlungen für Deutschland zusammen. Stroh wird als Koppelprodukt keine Transferzahlungen zugerechnet. Raps dominiert mit 1,24 Mio. ha Anbaufläche und einem daraus resultierenden Anteil von 44 % der direkten Transferzahlungen.

Tabelle 6.8: Flächenbedarf, Arbeitsplätze und Transferzahlungen für Deutschland im Basisszenario 2020

Kulturpflanze	Flächenbedarf (Tsd. ha)	Transferzahlungen (Tsd. €)	%
Energiegetreidepflanzen	251	82 €	9%
Energiegetreidepflanzen Biogas	236	77 €	8%
Ethanolrübe	122	40 €	4%
Faserhanf	21	7 €	1%
Flachs	19	6 €	1%
Körnermais	11	4 €	0%
Körnersonnenblume	25	8 €	1%
Kurzumtriebspappel	188	62 €	7%
Miscanthus	100	33 €	4%
Öllein	16	5 €	1%
Raps	1.240	407 €	44%
Roggen	119	39 €	4%
Silomais	157	51 €	6%
Sonstige Öle	5	2 €	0%
Sonstige Ölsaaten (u.a. Mohn)	23	7 €	1%
Stärkekartoffel	35	12 €	1%
Stroh	968	317 €	-
Weizen	275	90 €	10%
Gesamtsumme (exklusive Stroh)	2.843	932 €	100%
Gesamtsumme (inklusive Stroh)	3.417	1.250 €	-

Quelle: Eigene Darstellung (Datenquelle: meo et al. 2006 ProLand Berechnungen)

Nach der Betrachtung der Kulturpflanzen folgt im nächsten Abschnitt die Analyse der Bedeutung der Verwendungsbereiche.

6.2 Einkommens- und Beschäftigungseffekte in der deutschen Landwirtschaft – Verwendungsbereiche

Aus Tabelle 6.1 geht hervor, dass die Verwendungsbereiche biogene Kraftstoffe und Biomasse zur Energieerzeugung im Jahr 2020 den größten Flächenanteil beanspruchen werden. Auf Grund der zu Beginn des vorigen Abschnitts erläuterten Bindung der Effekte an die genutzte Fläche sind die beiden genannten Verwendungsbereiche auch die Haupttreiber landwirtschaftlicher Einkommen und Beschäftigung. Tabelle 6.9 gibt eine Übersicht der absoluten und relativen Wirkungen und Transferzahlungen gruppiert nach Verwendungsbereich.

Der Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe dominiert alle betrachteten Effekte. Der Bereich Energie/Strom verzeichnet bei allen Effekten den größten relativen Zuwachs, während der Bereich Chemierohstoffe an relativer Bedeutung abnimmt. Wurde 2004 noch rund ein Viertel der NAWARO-Fläche von diesem Bereich beansprucht, sinkt der Wert bis 2020 auf unter 10 %. Werkstoffe sind zu keinem Zeitpunkt bedeutsam, da sie bei keinem Effekt mehr als 2 % Anteil haben.

Obwohl sich die Gesamtfläche mehr als verdreifacht, nimmt die Beschäftigung auf Grund der in Abschnitt 3.1.2.2 genannten Trends (z.B. bzgl. des technischen Fortschritts) unterproportional um rund 97 % zu. AfA mit rund 320 %, Kapitalbedarf mit rund 330 % sowie direkte, flächengebundene Transfers mit etwa 200 % steigen wesentlich stärker. Dies ist in der abnehmenden Arbeits- und zunehmenden Kapitalintensität der Produktion sowie der flächengebundenen Transferpolitik begründet.

Tabelle 6.9: Einkommens- und Beschäftigungseffekte in der deutschen Landwirtschaft nach Verwendungsbereichen

		Biogene Kraftstoffe		Energie /Strom		Chemierohstoffe		Werkstoffe		Gesamt
Flächen- bedarf (Tausend ha)	2004	778	74%	24	2%	241	23%	10	1%	1.053
	2010	1.390	72%	229	12%	264	14%	36	2%	1.919
	2020	2.643	77%	412	12%	323	9%	40	1%	3.417
Direkte Arbeits- plätze	2004	8.301	74%	260	2%	2.526	23%	97	1%	11.184
	2010	12.716	71%	2.314	13%	2.469	14%	373	2%	17.873
	2020	15.780	72%	3.378	15%	2.332	11%	510	2%	22.000
Arbeits- kosten (Millionen €)	2004	281	73%	14	4%	85	22%	4	1%	383
	2010	381	66%	92	16%	90	16%	12	2%	576
	2020	701	78%	156	17%	108	12%	13	1%	902
AfA (Millionen €)	2004	91	65%	4	3%	45	32%	1	1%	141
	2010	178	62%	50	17%	52	18%	6	2%	286
	2020	336	57%	101	17%	70	12%	12	2%	592
Kapitalbedarf (Millionen €)	2004	242	68%	10	3%	103	29%	3	1%	359
	2010	476	63%	131	17%	139	18%	12	2%	759
	2020	884	65%	264	19%	193	14%	16	1%	1.355
flächengeb. Transfers (Millionen €)	2004	308	75%	9	2%	91	22%	4	1%	412
	2010	456	72%	75	12%	87	14%	12	2%	629
	2020	996	80%	135	11%	106	8%	13	1%	1.250

Quelle: Eigene Darstellung, ProLand-Berechnungen (Daten f. Mengenbedarf: meo et al. 2006)

Im weiteren Verlauf werden die Effekte in den einzelnen Verwendungsbereichen näher analysiert und den jeweiligen Kulturpflanzen zugeordnet. Auf Grund der starken Korrelation aller Effekte mit der bewirtschafteten Fläche weist Tabelle 6.10 zur besseren Übersichtlichkeit nur die Flächenanteile und die damit verbundenen direkten Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft aus.

Tabelle 6.10: Flächenbedarf und Arbeitsplätze nach Verwendungsbereichen und Kulturpflanzen

	Mengenbedarf			Flächenbedarf			Direkte Arbeitsplätze							
	2004		2010		2020		2004		2010		2020			
	Tsd. t	%	Tsd. t	%	Tsd. ha	%	Tsd. ha	%	Voll-AK	%	Voll-AK	%		
Biogene Kraftstoffe	2.658	38%	8.540	38%	33.896	57%	778	74%	8.301	74%	12.716	71%	15.780	72%
Roggen	7	0%	941	11%	892	3%	1	0%	11	0%	1.232	10%	905	6%
Weizen	18	1%	2.646	31%	2.411	7%	2	0%	23	0%	2.689	21%	1.787	11%
Stroh	0	0%	0	0%	8.300	24%	0	0%	0	0%	0	0%	206	1%
Getreideganzpflanzen	0	0%	0	0%	4.100	12%	0	0%	0	0%	0	0%	1.775	11%
Kurzumtriebspappel	0	0%	0	0%	7.100	21%	0	0%	0	0%	0	0%	1.448	9%
Raps	2.632	99%	3.500	41%	5.300	16%	775	100%	8.266	100%	8.592	68%	8.771	56%
Zuckerrübe	0	0%	1.453	17%	2.582	8%	0	0%	0	0%	203	2%	248	2%
Miscanthus	0	0%	0	0%	3.211	9%	0	0%	0	0%	98	4%	641	4%
Energie /Strom	403	6%	7.869	35%	14.526	24%	24	2%	260	2%	2.314	13%	3.378	15%
Getreideganzpflanzen	0	0%	18	0%	36	0%	0	0%	0	0%	11	0%	16	0%
Getreideganzpflanzen Biogas	0	0%	1.480	19%	4.470	31%	0	0%	89	39%	236	57%	1.949	58%
Silomais	350	87%	6.250	79%	9.830	68%	8	31%	121	53%	157	38%	1.286	38%
Kurzumtriebspappel	0	0%	36	0%	73	1%	0	0%	1	0%	2	0%	15	0%
Raps	36	9%	36	0%	36	0%	11	44%	10	4%	8	2%	60	2%
Miscanthus	0	0%	32	0%	64	0%	0	0%	1	0%	2	0%	13	0%
sonstige Öle	17	4%	17	0%	17	0%	6	25%	6	3%	5	1%	41	1%
Chemierohstoffe	3.755	54%	5.485	25%	10.870	18%	241	23%	2.526	23%	2.522	14%	2.543	12%
Weizen	266	7%	302	6%	363	3%	33	14%	34	13%	36	11%	269	11%
Raps/Rübsen	313	8%	329	6%	396	4%	92	38%	87	33%	86	27%	655	26%
Zuckerrübe	1.341	36%	2.767	50%	7.609	70%	20	8%	39	15%	91	28%	731	29%
Stärkekartoffel	1.600	43%	1.818	33%	2.182	20%	32	13%	34	13%	35	11%	315	12%
Körnermais	101	3%	115	2%	138	1%	11	5%	11	4%	11	4%	86	3%
Körner Sonnenblume	51	1%	62	1%	74	1%	20	8%	23	9%	25	8%	190	7%
Öllein	40	1%	44	1%	53	0%	14	6%	15	5%	16	5%	122	5%
Sonstige Ölsaaten (u.a. Mohn)	42	1%	48	1%	55	1%	20	8%	22	8%	23	7%	175	7%
Werkstoffe	122	2%	467	2%	589	1%	10	1%	97	1%	40	1%	298	1%
Faserlein	116	95%	224	48%	265	45%	10	95%	18	50%	19	48%	143	48%
Faserhanf	6	5%	243	52%	324	55%	0	5%	18	50%	21	52%	155	52%
Gesamtsumme	6.937	100%	22.361	100%	59.880	100%	1.053	100%	1.918	100%	3.417	100%	22.000	100%

Quelle: Eigene Darstellung, ProLand-Berechnungen (Daten f. Mengenbedarf: meo et al. 2006)

6.2.1 Biogene Kraftstoffe

Biogene Kraftstoffe sind für mehr als zwei Drittel aller Effekte verantwortlich. Die zur Erzeugung eingesetzte Fläche nimmt um rund 1,9 Mio. ha oder 240 % zu. Damit verbunden ist ein unterproportionaler Anstieg der Beschäftigtenzahl um etwa 7500 oder 90 % auf rund 16.000. Mit 996 Mio. € oder 80 % fließt der Hauptteil der direkten, flächengebundenen Transferzahlungen in diesen Bereich. Daraus errechnen sich durchschnittliche Zahlungen je Arbeitsplatz von rund 63.000 €.

Bezogen auf Fläche und Arbeit bleibt Raps mit einem Flächenanteil von 43 % und einem Beschäftigtenanteil von 56 % im Jahr 2020 die bedeutendste Kulturpflanze und erhält daher auch die meisten Transferzahlungen. Stroh nimmt mit 22 % des Flächenanspruches den zweiten Rang ein, ist aber auf Grund seiner Eigenschaft als Koppelprodukt mit hochmechanisierter Werbung nur für 1 % der Beschäftigung verantwortlich. Zudem werden ihm keine flächengebundenen Transferzahlungen zugeschrieben, obwohl dies möglich wäre. Die relative Bedeutung von Weizen und Roggen an der Biokraftstofferzeugung nimmt bis 2020 hinsichtlich Menge, Fläche und Beschäftigung ab. Miscanthus, Pappeln oder Ethanolrüben haben auf Grund der relativ hohen Hektarerträge einen zum Frischmasseanteil unterproportionalen Flächen- und Beschäftigtenanteil. Mit anderen Worten: Die Bereitstellung von Kraftstoffen über Raps benötigt mehr Fläche und Beschäftigte als über die drei zuletzt genannten Kulturen.

Bezüglich der Menge werden Stroh und Pappelhackschnitzel bis 2020 die wichtigsten Produkte sein. Rechnet man alle Getreideprodukte, d. h. Ganzpflanzen, Stroh und Körner, zusammen, wird fast die Hälfte der benötigten Mengen abgedeckt. Gemeinsam mit Pappeln erhöht sich der Anteil auf über zwei Drittel. Der Bereich biogener Kraftstoffe verzeichnet also gegenüber 2004 eine Zunahme der relativen Nachfragemengen von Getreide und Pappeln und eine Abnahme von Raps.

Zusammenfassend lässt sich schließen:

- Der Bereich erhält 80 % aller direkten Transferzahlungen,
- die durchschnittlichen, direkten Transferzahlungen je Arbeitsplatz von 63.000 € sind die höchsten aller Verwendungsbereiche,
- durch Getreideprodukte werden fast die Hälfte, einschließlich Pappeln zwei Drittel der benötigten Mengen bereitgestellt,
- der Rapsanteil an den NAWARO-Angebotsmengen reduziert sich auf 16 %,
- Raps wird weiterhin hinsichtlich Fläche und Beschäftigung mit 43 % bzw. 56 % Anteil dominieren,
- bisher nicht genutzte Produkte tragen nicht wesentlich zur Beschäftigung bei.

6.2.2 Energie/Strom aus Biomasse

Der Bereich Energie/Strom aus Biomasse ist über alle Effekte der zweitwichtigste Verwendungsbereich. Während die relative Bedeutung des Bereichs im Jahr 2004 nur im niedrigen, einstelligen Prozentbereich lag, nimmt seine Bedeutung bis 2020 hinsichtlich Flächenbedarf um rund 390.000 ha auf 12 % und hinsichtlich Arbeitsplätzen um etwa 3.100 auf 15 % zu. Auffallend sind der im Vergleich zur bereitgestellten Menge geringe Flächenbedarf und der daraus resultierende relativ niedrigere Beschäftigungseffekt. Die durchschnittlichen Zahlungen je Arbeitsplatz betragen rund 40.000 €.

Dieser Bereich wird von zwei Kulturpflanzen dominiert, wobei auch hier eine Zunahme der relativen NAWARO-Angebotsmengen von Getreide zu verzeichnen ist. Alle weiteren Kulturpflanzen spielen in diesem Bereich keine nennenswerte Rolle. In 2004 dominiert Silomais alle betrachteten Effekte, verliert diese Rolle jedoch bis 2020 an Getreideganzpflanzen. Er stellt zwar mit rund 68 % Anteil immer noch die größten Mengen bereit, nimmt aber nur noch 38 % der Fläche in Anspruch, was an den höheren Biomasseerträgen je Hektar liegt. Die Biomassebereitstellung je Tonne mittels Getreideganzpflanzen benötigt also mehr Fläche, Arbeit und Transferzahlungen als über Silomais.

Zusammenfassend lässt sich schließen:

- Der Bereich erhält 11 % aller direkten Transferzahlungen,
- Silomais hat zu allen Zeitpunkten den größten Mengenanteil,
- Getreideganzpflanzen dominieren hinsichtlich Fläche und Beschäftigung,
- weitere Kulturpflanzen haben keine nennenswerte Bedeutung,
- bisher nicht genutzte Produkte tragen wesentlich zur Beschäftigung bei.

6.2.3 Chemierohstoffe (inkl. Schmierstoffe)

Die Bedeutung des Bereichs nimmt von 2004 bis 2020 sowohl hinsichtlich Menge und Fläche als auch bezüglich der Einkommens- und Beschäftigungseffekte deutlich ab. Im Jahr 2004 wurden noch 54 % aller NAWARO in diesem Bereich eingesetzt, im Jahr 2020 sind es nur noch 18 %. Nahezu genauso stark nehmen der Flächenanteil von 23 % auf 9 % und der Beschäftigtenanteil auf 12 % ab. Die benötigten Gesamtmengen und zugehörige Gesamtflächen steigen zwar von 2004 bis 2020 um knapp 7 Mio. t bzw. 80.000 ha, auf Grund technischer Fortschritte bleibt die Beschäftigtenzahl jedoch nahezu konstant. Die durchschnittlichen, direkten Transferzahlungen je Arbeitsplatz betragen rund 45.000 €.

Die Mengen des Bereichs Chemierohstoffe werden, wie Energie/Strom, von zwei Kulturpflanzen dominiert: Zuckerrüben und Stärkekartoffeln. Allerdings sind mit diesen Mengen im Vergleich zu anderen Bereichen breiter gestreute Flächenbedarfe und damit Beschäftigungs- und Einkommenseffekte verbunden. Raps verzeichnet ebenso hohe Flächenanteile wie Zuckerrüben, Weizen ist gleichbedeutend mit Stärkekartoffeln. Nischenprodukte wie Öllein oder sonstige Ölsaaten sind mit 5 % bzw. 7 % beteiligt. Diese breitere Streuung setzt sich folglich auch in den Beschäftigungswirkungen fort. So sind die mengenmäßig unbedeutenden Kulturen Öllein und sonstige Ölsaaten für 5 % bzw. 7 % der Beschäftigung verantwortlich. Diese Aufteilung ist eine Besonderheit dieses Bereichs und könnte an der schlechten Substituierbarkeit der jeweiligen Produkte liegen. Zudem wird, im Gegensatz zum Bereich biogene Kraftstoffe mit Rapsmethylester, keine Verwendung eines an eine bestimmte Kulturpflanze gekoppelten Produkts gesetzlich vorgeschrieben.

Zusammenfassend lässt sich schließen:

- Die relative Bedeutung des Bereichs nimmt bis 2020 trotz steigender Mengen und Flächen ab,
- Zuckerrüben und Stärkekartoffeln dominieren zu allen Zeitpunkten die Nachfragemengen,
- Nischenkulturen sind in Summe für höhere Beschäftigungseffekte verantwortlich als Stärkekartoffeln,
- Flächenbedarf und Beschäftigung sind gleichmäßiger auf die beteiligten Kulturpflanzen verteilt als in den Bereichen Kraftstoffe und Energie.

6.2.4 Werkstoffe

Der Bereich Werkstoffe spielt in keiner der betrachteten Kategorien absolut oder relativ eine Rolle. Er wird in dieser Studie mit den zwei Kulturpflanzen Hanf und Lein berücksichtigt, auf die sich die Effekte nahezu gleich verteilen.

Die nachgefragten Mengen verfünffachen sich von 2004 bis 2020, die hierzu benötigten Flächen vervierfachen sich um 30.000 ha auf 40.000 ha. Die Beschäftigung verdreifacht sich auf 300 Arbeitsplätze. Trotz dieser hohen Wachstumsraten bleibt die Bedeutung insgesamt mit 1 % bis 2 % über alle Effekte sehr gering. Die durchschnittlichen, direkten Transferzahlungen je Arbeitsplatz betragen rund 26.000 €.

Zusammenfassend lässt sich schließen:

- Die relative Bedeutung des Bereichs bleibt bis 2020 trotz steigender Mengen und Flächen nahezu konstant,
- die Effekte verteilen sich gleichmäßig auf Lein und Hanf,
- die direkten Transferzahlungen je Arbeitsplatz von 26.000 € sind die geringsten aller Verwendungsbereiche.

6.3 Gesamtbewertung über alle Verwendungsbereiche

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Bedarf an NAWARO-Angebotsmengen aus der deutschen Landwirtschaft und Flächenbedarf in Deutschland:** Insgesamt werden in den Basisszenarien in 2004 ca. 7, in 2010 rund 22,4 und im Jahr 2020 etwa 60 Mio. t NAWARO aus der deutschen Landwirtschaft benötigt. Daran gekoppelt ist ein Flächenbedarf in Deutschland in Höhe von rund 1 Mio. ha in 2004, ca. 1,9 Mio. ha in 2010 sowie rund 3,4 Mio. ha in 2020. Bei konstanten Produktionsmengen (Basisjahr 2004) inländischer Agrarprodukte zur Futter- bzw. Nahrungsv Verwendung werden auf Grund von technischem Fortschritt bis 2010 rund 0,84 Mio. ha Ackerfläche, bis 2020 rund 2,74 Mio. ha AF nicht mehr benötigt. Zusätzlich waren 2004 etwa 0,96 Mio. ha AF stillgelegt. Insgesamt stehen daher 2010 rund 1,8 Mio. ha AF und 2020 rund 3,7 Mio. ha AF für die zielkonfliktfreie NAWARO-Produktion zur Verfügung, weshalb es in den Basisszenarien zu keiner absoluten Flächenkonkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion kommt.
- **Direkte Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft:** Insgesamt sind in den Basisszenarien in 2004 ca. 11.000, in 2010 rund 18.000 und im Jahr 2020 22.000 direkte Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft mit den industriellen NAWARO-Marktpotenzialen in Deutschland bzw. den oben genannten erforderlichen NAWARO-Angebotsmengen verbunden. Die Gesamtbeschäftigtenzahl in der deutschen Landwirtschaft wird bis zum Jahr 2020 dennoch sinken, da die zu er-

wartenden Produktivitätsfortschritte nicht durch zusätzliche Nachfrage nach inländischen NAWARO kompensiert sondern nur gedämpft werden.

- **Effekte nach Verwendungsbereichen:** Rund 70 bis 75 % des Flächenbedarfs und der direkten Arbeitsplätze in der NAWARO Produktion der deutschen Landwirtschaft sind mit dem Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe verknüpft. Etwa 10 bis 15 % sind in 2010 und 2020 mit dem Verwendungsbereich Energie/Strom aus Biomasse verbunden, nachdem es in 2004 lediglich 2 % sind. Der Verwendungsbereich Chemierohstoffe verliert relativ an Bedeutung und zwar von 23 % in 2004 auf 14 % in 2010 und 12 % in 2020. Der Verwendungsbereich Werkstoffe spielt mit 1 bis 2 % im gesamten Betrachtungszeitraum aus Sicht der deutschen Landwirtschaft eine untergeordnete Rolle.
- **Effekte nach NAWARO-Pflanzen:** Zuckerrüben, Silomais, Stroh, Pappeln und Raps sind die fünf wichtigsten Kulturpflanzen/Produkte bezogen auf die Produktmengen. Raps, Stroh, Energiegetreidepflanzen für Biogas/BTL und Weizen sind die fünf wichtigsten Kulturpflanzen/Produkte bezogen auf den Flächenbedarf. Raps, Energiegetreidepflanzen für Biogas/BTL, Weizen und Pappeln sind die fünf wichtigsten Kulturpflanzen/Produkte bezogen auf die Beschäftigungseffekte.

7 Anhang

7.1 Anhang 1: Modellbeschreibung des Fraunhofer Input-Output-Modells ISIS

Zur Analyse der Auswirkungen von ökonomischen/technologischen Veränderungen und den damit verbundenen (Nachfrage-)Impulsen auf die verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit (Strukturwandel, Produktion, Arbeitsplätze, Qualifikationsstruktur und Arbeitsbedingungen, Regionalwirkungen, Umweltwirkungen) wurde am Fraunhofer ISI das Modell **ISIS** (Integrated **S**ustainability Assessment **S**ystem) entwickelt.

Das Fraunhofer ISIS-Modell wird unter anderem zur Ermittlung von Beschäftigungseffekten in vorgelagerten Sektoren eingesetzt. Das Modellgerüst für die Ermittlung vorgelagerter Beschäftigungseffekte bildet ein Input-Output-Modell für die Bundesrepublik Deutschland, das die Güterströme zwischen den Wirtschaftssektoren vollständig abbildet. Das im Fraunhofer ISI verwendete Input-Output-Modell (IO-Modell) basiert auf den derzeit aktuellen Input-Output-Tabellen (IO-Tabellen) des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2002 und ist der Gruppe der statischen, offenen Leontief-Modelle zuzuordnen.

In den verwendeten IO-Tabellen wird die deutsche Volkswirtschaft in 71 Wirtschaftssektoren und verschiedene Endnachfragesektoren unterteilt (s. Schema für eine Übersicht der 71 Wirtschaftssektoren). Kern des Input-Output-Modells ist die Verflechtungsmatrix, die die Güterverflechtung zwischen 71 Produktions- und Dienstleistungssektoren abbildet.

Die Zeilen der Tabelle enthalten die Lieferungen von Waren und Dienstleistungen zwischen den Produktions- und Dienstleistungssektoren (Zwischennachfrage) sowie von diesen an die Endnachfragesektoren. Betrachtet man die Tabelle spaltenweise, so erkennt man, welche Vorleistungsgüter die Sektoren aus den anderen Sektoren benötigen, um ihre jeweiligen Produkte herzustellen. Erkennbar wird ebenfalls der Bedarf an so genannten primären Inputs, der – abzüglich der Importvorleistungen – der Bruttowertschöpfung der Sektoren entspricht. Diese setzt sich aus den Abschreibungen, der Differenz aus Produktionssteuern und Subventionen, dem Einkommen aus Unternehmertätigkeit und Vermögen sowie dem Einkommen aus unselbständiger Arbeit zusammen.

Schema einer Input-Output-Tabelle (inkl. Arbeitskoeffizienten)

		Produktion und Dienstleistung	Endnachfrage				Brutto- produktions- Wert
		Sektoren 1 – 71	Privater Verbrauch	Staats- Verbrauch	Investitio- nen	Aus- fuhr	
Produktion und Dienst- leistung	Sektoren 1 – 71	Verflechtungsmatrix: Lieferungen von Gütern und Dienstleistungen zwischen den Sektoren (Zwischennachfrage) (Mio. €)					
	Importvorleistungen						
Bruttowert- schöpfung	Abschrei- bungen						
	Kapital-/ Unt.-eink.						
	Arbeits- eink.						
Bruttoproduktions- wert							

Beschäftigungs- koeffizienten	Arbeitsvolumen pro Mio. €
----------------------------------	---------------------------

Zur methodischen Erläuterung des Input-Output-Modells seien folgende Abkürzungen festgelegt:

- $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n$ Indices für Produktionssektoren, mit $n = 71$
 $k = 1, \dots, m$ Index für Endnachfrageaggregate, mit $m = 6$
 x_i Produktionswert für Sektor i
 $X = (x_i)$ Vektor der sektoralen Produktionswerte
 $y_{i,k}$ Nachfrage nach Gut i durch Endnachfrageaggregat k
 $Y = (y_i) = \left(\sum_{k=1}^m y_{i,k} \right)$ Vektor der gesamten Endnachfrage nach Gut i
 $Z = (z_{i,j})$ Matrix der intersektoralen Güterströme
 $A = (a_{i,j}) = Z\hat{X}^{-1}$ Verflechtungsmatrix normiert auf Produktionswerte, deren Elemente $a_{i,j}$ angeben, wie viele Werteinheiten des Gutes i zur Produktion einer Werteinheit von Gut j benötigt werden. Dabei stellt \hat{X} eine Diagonalmatrix mit den sektoralen Produktionswerten als Hauptdiagonalelemente dar.

Da sich der Produktionswert jedes Sektors aus der Summe der Lieferungen an Zwischen- und Endnachfrage zusammensetzt, gilt:

$$X = AX + Y.$$

Der Zusammenhang zwischen Endnachfrage und Produktion lässt sich in diesem statischen Input-Output-Modell dann wie folgt formulieren:

$$X = (I - A)^{-1} * Y.$$

Der Ausdruck $(I - A)^{-1}$ wird auch als Leontief-Inverse C bezeichnet. Jedes Element c_{ij} dieser Matrix gibt die Produktion wieder, die direkt und indirekt (auf vorgelagerten Produktionsebenen) in Sektor i erforderlich ist, um eine Einheit von Gut j für die Endnachfrage bereitzustellen. Mit diesem Zusammenhang lassen sich also die Produktionseffekte einer beliebigen Nachfrage nach Gütern ermitteln.

Neue Technologien, bestimmte wirtschaftliche Aktivitäten (z. B. Bau eines Technologieparks) sowie Teilsegmente von Sektoren (z. B. international forschende Arzneimittelhersteller) können in das IO-Modell eingefügt werden, indem analog zu den übrigen Sektoren der IO-Tabelle inputseitig die (Vorleistungs-)Güterbezüge von anderen Sektoren (einschließlich Importen) und die Bestandteile der Bruttowertschöpfung sowie outputseitig die Lieferungen an die übrigen Sektoren und die Endnachfrage quantifiziert werden.

Im Fraunhofer Modell ISIS wurde das Standard IO-Modell um weitere Module ergänzt, so dass eine Analyse der Auswirkungen der unterschiedlichen ökonomischen Impulse vor allem auf das Beschäftigungsniveau, auf die Qualifikationsstruktur und Arbeitsbedingungen, auf die Regionalstruktur, sowie auf die Umwelt in einem konsistenten Modellrahmen erfolgen kann. Für die vorliegende Studie ist insbesondere das Beschäftigungsmodul relevant.

Unterstellt man, dass zwischen dem sektoralen Beschäftigungsniveau und dem sektoralen Produktionsniveau näherungsweise ein linearer Zusammenhang besteht, ergeben sich folgende Beschäftigungseffekte:

$$L = I * X.$$

Dabei steht I für die sektoralen Beschäftigungskoeffizienten I_i (angegeben als Erwerbstätige pro Einheit Bruttoproduktionswert). Je höher die Beschäftigungsintensitäten der Sektoren sind (z. B. in Dienstleistungssektoren), desto höher sind die indirekten Beschäftigungseffekte, wenn starke Verflechtungen mit diesen Sektoren existieren.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde das Fraunhofer ISIS-Modell wie folgt in das Untersuchungsdesign eingebunden und angepasst:

- Um das Modell an die Spezifika der NAWARO-Teilsegmente anzupassen, wurden spezifische NAWARO-Sektoren neu gebildet. Das Ausgaben- und Investitionsverhalten dieser Branchensegmente wurde u. a. mittels spezifischer Vorleistungsvektoren input- und outputseitig abbildet. Dieser neu gebildeten „NAWARO-Sektoren“ wurde in das Fraunhofer ISIS-Modell integriert.
- Wesentliche Datengrundlage für die Modellierung der Vorleistungsvektoren waren die ProBas-Datenbank, Datenbanken und Fachserien des Statistischen Bundesamtes, Experteninterviews, techno-ökonomische Studien sowie die FNR-Marktstudie „Marktanalyse nachwachsender Rohstoffe“ (meó et al. 2006) und Gespräche mit den Autoren dieser Studie. Auf dieser Basis wurde das Ausgaben- und Investitionsverhalten mit Bezug zu den 71 Wirtschaftssektoren simuliert.
- Neben den laufenden Ausgaben, die entsprechend den modellierten Vorleistungsverflechtungen Folgewirkungen in allen Sektoren induzieren, wurden die Investitionen gesondert modelliert, da sie schwerpunktmäßig mit anderen Sektoren verflochten sind als die laufenden Ausgaben.
- Die im Fraunhofer ISIS-Modell verwendeten Beschäftigungskoeffizienten für das Jahr 2004, 2010 und 2020 basieren auf Produktivitätsannahmen, die in der EU-Studie „Impact of Technological and Structural Change on Employment: Prospective Analysis 2020. Background Report“ entwickelt wurden:
<http://www.jrc.es/home/pages/detail.cfm?prs=969>

Sektorgliederung des Fraunhofer Input-Output-Modells (ISIS) in der disaggregierten Version (71 Wirtschaftssektoren)

Nr.	Sektorbezeichnung
1-3	Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Fischerei und Fischzucht
1	Landwirtschaft
2	Forstwirtschaft
3	Fischerei und Fischzucht
4-42	Produzierendes Gewerbe (inklusive Verarbeitendes Gewerbe sowie Energie und Wasserversorgung, exklusive Baugewerbe)
	Gewinnung von ...
4	Kohle und Torf
5	Erdöl, Erdgas (inkl. diesbezüglicher Dienstleistungen)
6	Uran- und Thoriumerzen
7	Erzen
8	Steinen und Erden, sonstigen Bergbauerzeugnissen
9-39	Verarbeitendes Gewerbe
	Herstellung von ...
9	Nahrungs- und Futtermitteln
10	Getränken
11	Tabakwaren
12	Textilien
13	Bekleidung
14	Leder und Lederwaren
15	Holz und Holzzeugnissen
16	Holzstoff, Zellstoff, Papier, Karton und Pappe
17	Papier-, Karton- und Pappwaren
18	Verlagserzeugnissen
19	Druckerzeugnissen, bespielte Ton-, Bild- und Datenträgern
20	Kokereierzeugnisse., Mineralölerzeugnisse, Spalt- und Brutstoffen
21	pharmazeutischen Erzeugnissen
22	chemischen Erzeugnissen
23	Gummiwaren
24	Kunststoffwaren
25	Glas und Glaswaren
26	Keramik, bearbeiteten Steinen und Erden
27	Roheisen, Stahl, Rohre und Halbzeug daraus
28	NE-Metallen (u. a. Edelmetalle, Aluminium, Zink, Kupfer) und erste Bearbeitung
29	Gießereierzeugnissen
30	Metallerzeugnissen
31	Maschinen
32	Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen
33	Geräten der Elektrizitätserzeugung und -verteilung, u. Ä.

Nr.	Sektorbezeichnung
34	Erzeugnissen der Rundfunk-, Fernseh- und Nachrichtentechnik
35	Erzeugnissen der Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
36	Kraftwagen und Kraftwagenteilen
37	Sonstigen Fahrzeugen (Wasser-, Schienen-, Luftfahrzeuge u. a.)
38	Möbeln, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte, Spielwaren u. Ä.
39	Sekundärrohstoffen
40	Erzeugung und Verteilung von Elektrizität und Fernwärme
41	Erzeugung und Verteilung von Gasen
42	Gewinnung und Verteilung von Wasser
43-44	Baugewerbe
43	Vorbereitende Baustellenarbeiten, Hoch- und Tiefbauarbeiten
44	Bauinstallations- und sonstige Bauarbeiten
45-71	Dienstleistungssektoren
45	Handelsleistungen mit Kfz; Reparatur an Kfz; Tankleistungen
46	Handelsvermittlungs- und Großhandelsleistungen
47	Einzelhandelsleistungen; Reparatur an Gebrauchsgütern
48	Beherbergungs- und Gaststätten-Dienstleistungen
49	Eisenbahn- Dienstleistungen
50	Sonstige Landverkehrsleistungen, Transportleistungen in Rohrfernleitungen
51	Schiffahrtsleistungen
52	Luftfahrtleistungen
53	Dienstleistungen bezüglich Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr
54	Nachrichtenübermittlungs- Dienstleistungen
55	Dienstleistungen der Kreditinstitute
56	Dienstleistungen der Versicherungen (oh. Sozialversicherung)
57	Dienstleistungen des Kredit- und Versicherungshilfsgewerbes
58	Dienstleistungen des Grundstücks- und Wohnungswesens
59	Dienstleistungen der Vermietung beweglicher Sachen (oh. Personal)
60	Dienstleistungen der Datenverarbeitung und von Datenbanken
61	Forschungs- und Entwicklungsleistungen
62	Unternehmensnahe/-bezogene Dienstleistungen
63	Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung, Verteidigung
64	Dienstleistungen der Sozialversicherung
65	Erziehungs- u. Unterrichts- Dienstleistungen
66	Dienstleistungen des Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesens
67	Abwasser-, Abfallbeseitigungs- u. sonst. Entsorgungsleistungen
68	Dienstleistungen von Interessenvertretungen, Kirchen u. Ä.
69	Kultur-, Sport- und Unterhaltungs-Dienstleistungen
70	Sonstige Dienstleistungen
71	Dienstleistungen privater Haushalte

7.2 Anhang 2: Modellbeschreibung des agrarökonomischen Modells ProLand der Universität Gießen

1) Modellbeschreibung (Weinmann et al. 2006)

Introduction and problem statement

Developments in the European Union's Common Agricultural Policy (CAP) over the past decade reflect the increasing importance of multiple, non-commodity landscape outputs, e. g. species habitats or drinking water. Also, society becomes increasingly aware of landscape's essential role in individual and societal well-being and people's quality of life. The discussion on multifunctionality combines these aspects by acknowledging the fact that landscapes may have multiple commodity and non-commodity outputs and may contribute to several of society's objectives at once. In this context, the European Council initiated a landscape convention making the preservation of the rural environment one of CAP's key concepts.

CAP strongly influences agriculture and forestry as it directly affects the comparative advantage of land use systems. Associated with changes of profitability are changes of land use and, consequently, multiple landscape functions linked to land use. Environmental changes, for example, almost always trace back to land use changes. Therefore, it is essential for political decision makers to obtain reliable estimates of the economic effects of specific agricultural policy measures, associated land use changes and their allocation in space.

Equilibrium models are a common methodology to gain information on the spatial distribution of land use systems. They are based on the assumption that a region can be divided into punctiform, homogeneous demand and producer sub-regions. The spatial distribution of agricultural land use is then calculated based on economic efficiency criteria. A major problem of these approaches is disaggregating the calculated shares of land use systems to land users' individual decision units, especially for landscapes of up to 1000 square kilometres with heterogeneous production conditions. The spatial scale and level of detail at which information on land use changes is required varies with the investigated function. For example, biodiversity and associated indicators such as α - and β -diversity, are influenced by changes at multiple scales, ranging from individual patches to regions. Therefore, „instead of trying to put the spatial dimension of landscapes and environment into inherently dimensionless economic models, one should try to come from spatial distribution and merge spatial units to decision units in order to impose spatial on economic relations”. In addition to changes between land use categories, e. g. from grassland to arable farming, different land use systems affect

environmental quality as they influence abiotic and biotic aspects both directly and indirectly. Agricultural and forestal land use models need to address these issues and provide sufficiently detailed results.

Approaches based on aggregate farms which examine production programmes using linear or non-linear programming need primary information on size, type, organisation, ownership and especially location of agricultural land with a particular land use programme. Even if these data are available, conflicts arise when a comparative static modelling approach is employed. Farm sizes and field ownership are dynamic, hence restrictions concerning labour, capital, machinery and other production capacities resulting from particular farm structures are valid only in the short term. This applies also to current land use patterns. The actual land use pattern, e.g. derived from satellite images, is just a snapshot of dynamic long-term processes. To a large extent, the situation captured is sub-optimal with respect to an objective function, mainly due to the land users' time consuming adaptation and learning processes. Accordingly, land use predictions as a function of current land use are only valid in the short term. A long-term prognosis has to consider these adaptation and learning processes. This, however, is a challenging problem, mainly caused by the spatial and temporal variability of risk behaviour and opportunity costs of labour. Therefore, assuming a spatially and temporally invariant land user with risk neutral behaviour may be considered the best possible approximation.

This paper presents the bio-economic land use model ProLand which can be employed as a decision support system (DSS) for policy makers. The emphasis is on the methodology of ProLand, as it differs from the approaches discussed above. An application elaborates the long term agricultural and forestal land use patterns at the plot scale in a less favoured region in Hesse, Germany, given coupled (Agenda 2000) and fully decoupled (CAP Reform) Pillar One payments. Differences in land use between both results are discussed.

The land use model ProLand

The land use model ProLand is developed at the collaborative research center SFB 299 „Land Use Options For Peripheral Regions” of the Justus Liebig University, Gießen. At the center, researchers from multiple disciplines investigate land use options for less favoured regions, their major objective being the development of transferable models and strategies which may support politicians and other stake holders in their decision processes. The resulting ITE²M (Integrated Tool for Economic and Ecological Modelling) is a network of models covering economic, abiotic, and biotic aspects with high spatial resolution. ITE²M allows the evaluation of multifunctional

landscapes with actual and simulated land use patterns, based on scenarios addressing different political, socio-economic, and natural conditions.

ProLand, the land use model of ITE²M, is employed in a deterministic, comparative static mode. It divides regions into economic decision units without relying on specific farm structures. A decision unit can be a grid cell or a vector element of discretionary size such as an individual field. ProLand calculates the ground rent maximizing land use system and economic key indicators for every decision unit. Spatial information is associated with all elements of the output vector.

The model can be used as an economic laboratory to analyse the effects of changes in political, technological, socio-economic, and natural conditions. In addition to land use maps, the model also generates key indicators describing a region's economic performance. As all results are spatially explicit they can easily be aggregated in common GIS or database management systems. Also, they can be combined with ecological as well as hydrological indicators provided by respective models.

A relational database for land use systems and land use activities

Land is used through land use systems. Using the entity-relationship data model, agricultural and silvicultural land use systems consist, at the primary level, of the entity sets „crops”, „field operations”, „animal husbandry”, and their relations. These entities are described using biological and technological attributes, specific to each entity. Land use systems are determined by political, socio-economic, natural, and technological conditions as well as their relations. A land use system at the secondary level is thus extended by these entity sets and the relations between all sets. Consequently, a comprehensive description of a specific agricultural or silvicultural land use system requires data on all entity sets and relations.

The following example of dairy cow keeping illustrates this approach. A description of the corresponding land use system requires data on what fodder crops are grown (entity set „crops”), how these crops are produced (entity set „field operations”), and how the animals are kept (entity set „animal husbandry”). To comprehensively describe the system, additional data are required, e.g. factor and product prices, transfer payments, interest rates, wage rates, and production quotas.

A land use activity is a predefined production process including all sub-processes in crop and animal production like e.g. seedbed preparation, plant protection or milking. Two land use activities differ at least in one aspect. For example, wheat production with and without ploughing are two different land use activities, as are wheat production processes with different machinery configurations.

Land use activities are grouped into land use systems within the three categories arable farming, grassland farming, or forest management. For example, an arable farming land use system consists of different land use activities like e.g. wheat, barley and rapeseed production in a crop rotation. A grassland system may consist of combined grazing and silage making. A similar approach was developed to simulate forest management. Land use activities within the category are defined for individual tree species. A silvicultural land use system can be the cultivation of a single tree species as well as a set of different tree species in a mixed forest.

This structure is used for all agricultural and forestal production processes. Animal husbandry includes all land-dependent production processes like dairying and feeder cattle. Pork, egg, and poultry production are assumed to be spatially independent and therefore without effect on regional land use patterns. They are not modelled yet.

ProLand's land use systems database reflects the biological, socio-economic and political attributes of agricultural production. Spatially explicit land use modelling requires additional site specific information on natural, structural and political attributes that influence the costs and benefits of land use systems. A geodatabase with data on natural and political conditions, as well as landscape structure, satisfies these requirements. Attributes include, among others, plant available water and temperature as non-controllable growth factors, site specific transfer payments, slope, and field size.

The spatial resolution varies with the type of information stored. While information on natural conditions is derived from 25 m by 25 m grid cells, field polygons are stored with their actual shape and size. Associating the grid-based data with the field polygons creates subunits with homogeneous natural conditions within the decision units. During the simulation process, each subunit is estimated and one land use system is selected for the entire field polygon (compare equation 2).

The relational databases and the direct link to a geographical information system (GIS) enable ProLand to simulate spatially variant interventions in land structure, market policy, and land use restrictions. The land use systems available for simulation can be specified in each scenario. This allows to estimate, for example, opportunity costs of land use restrictions, like conservation programmes, for selected sub-regions.

The aforementioned approach has several advantages: It allows to store information without data redundancy, provides a means to integrate virtually all land use systems including energy farming, as well as conservation measures, and makes it possible to generate scenarios as dependent on e.g. prices, policy instruments, and technological change.

Objective function and simulation procedure

The model assumes ground rent maximizing behaviour of land users. Ground rent is an appropriate and useful approach to measure the potential economic performance of land use systems. It is defined as revenues minus costs including opportunity costs for capital and labour in monetary units per area unit (compare equation 2). It represents the remuneration for the land employed in agricultural or silvicultural production. Each decision unit (pos) is assigned the land use system with the highest ground rent according to equation (1).

$$(1) \text{ GR}_{\max, \text{pos}} = \text{Max} \left\{ \text{GR}_{\text{cl}_1, \text{pos}}, \dots, \text{GR}_{\text{cl}_n, \text{pos}}, \text{GR}_{\text{pa}_1, \text{pos}}, \dots, \text{GR}_{\text{pa}_k, \text{pos}}, \text{GR}_{\text{fo}_1, \text{pos}}, \dots, \text{GR}_{\text{fo}_l, \text{pos}} \right\}$$

where

pos = decision unit

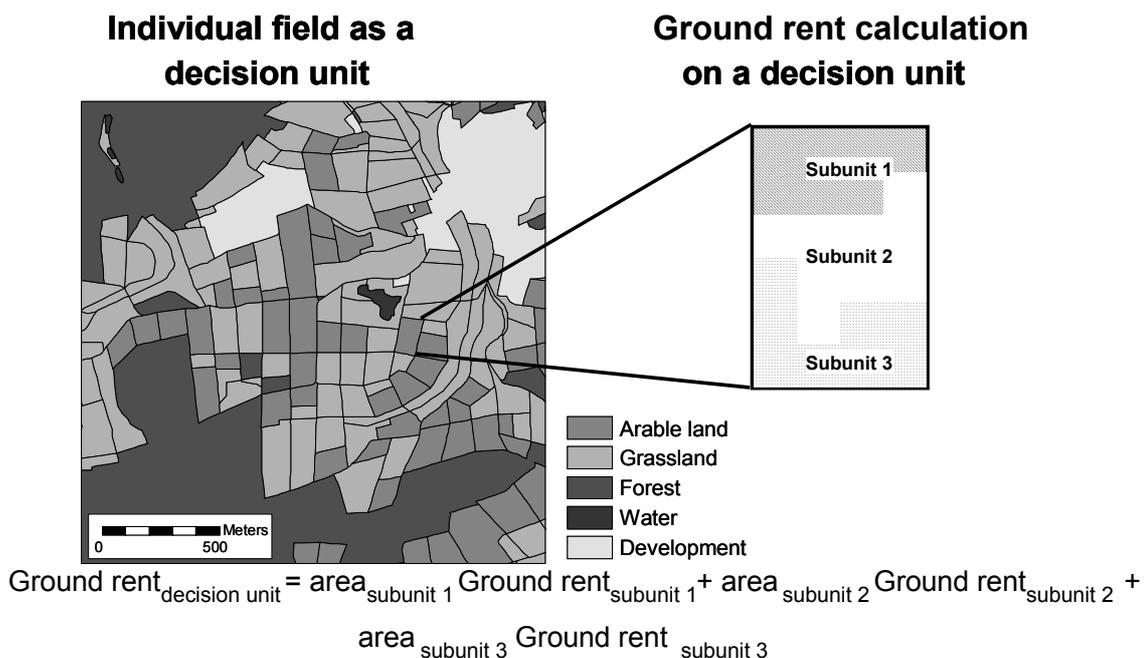
$\text{GR}_{\text{cl}_1, \text{pos}}, \dots, \text{GR}_{\text{cl}_n, \text{pos}}$ = ground rent of land use systems arable land

$\text{GR}_{\text{pa}_1, \text{pos}}, \dots, \text{GR}_{\text{pa}_k, \text{pos}}$ = ground rent of land use systems grassland

$\text{GR}_{\text{fo}_1, \text{pos}}, \dots, \text{GR}_{\text{fo}_l, \text{pos}}$ = ground rent of land use systems forestry

A decision unit can exhibit varying natural conditions, which influence productivity and consequently, the ground rent. Therefore, a land use activity's ground rent is calculated on subunits with homogeneous natural conditions.

Individual fields as decision units



The area-weighted sum of the subunits' ground rents yields the ground rent $GR_{i, \text{pos}}$ on a decision unit (compare equation 2).

$$(2)$$

$$GR_{i, \text{pos}} = \sum_{f=1}^n a_{\text{pos}, f} (R_{i, \text{pos}, f} - C_{i, \text{pos}, f})$$

$$GR_{i, \text{pos}} = \sum_{f=1}^n a_{\text{pos}, f} \left(\left(\sum_k p_{i, k} y_{i, \text{pos}, f} + \sum_l S_{i, l, \text{pos}, f} + \sum_m S_{i, m} y_{i, \text{pos}, f} \right) - \left(\left(\sum_n c y_{i, n} p y_n \right) y_{i, \text{pos}, f} - \sum_p c a_{i, p, \text{pos}, f} p a_p \right) \right)$$

where

$GR_{i, \text{pos}}$ = ground rent (GR) for land use activity i on decision unit pos expressed in €/ha,

$a_{\text{pos}, f}$ = area share of subunit f ($f = 1, \dots, n$) of decision unit pos expressed in percent,

$R_{i, \text{pos}, f}$ = the revenue of land use activity i on subunit f of decision unit pos expressed in €/ha,

$C_{i, \text{pos}, f}$ = production costs for land use activity i on subunit f of decision unit pos expressed in €/ha,

$p_{i, k}$ = farm-gate product prices for the k -th yield component of land use activity i expressed in €/dt,

$y_{i, \text{pos}, f}$ = the maximum realisable yield of the land use activity i on subunit f of decision unit pos expressed in dt/ha,

$S_{i, l, \text{pos}, f}$ = l -th area payment for subunit f of decision unit pos for the land use activity i expressed in €/ha,

$S_{i, m}$ = m -th yield dependent subsidy of land use activity i in €/ha,

$c y_{i, n}$ = coefficient determining the consumption of the yield dependent production factor n of land use activity i expressed in quantity unit per yield unit,

$p y_n$ = price of the yield dependent production factor n expressed in € per quantity unit,

$c a_{i, p, \text{pos}, f}$ = coefficient determining the consumption of the area dependent production factor p of land use activity i on subunit f of decision unit pos expressed in quantity units per hectare,

$p a_p$ = price of the area dependent production factor p expressed in € per quantity unit.

First, the site-specific maximum realisable yield for every land use activity is estimated. Two important assumptions in the estimation are that (i) land users are able to reach the estimated crop yield in the long term and (ii) all controllable production factors do not restrict the attainment of the maximum realisable yield. The maximum realisable yield $y_{i, \text{pos}, f}$ on subunit f of decision unit pos is calculated using linear-limitational yield functions. The functions describe the influence of the non-controllable growth factors annual precipitation, usable field capacity, and annual temperature sum on crop yield. The yield is either limited by plant available water or temperature sum. Thus, maximum realisable yields are endogenous variables and dependent on the site specific values of the non-controllable growth factors.

The revenue $R_{i, \text{pos}, f}$ of land use activity i on subunit f of decision unit pos is the product of the maximum realisable yield $y_{i, \text{pos}, f}$ on subunit f of decision unit pos and the corresponding farm-gate product prices $p_{i, k}$. Self-produced fodder is valued by calculating the revenues for the animal products less their production costs (except fodder costs). Subsidies and premiums, separated into area dependent $s_{i, l, \text{pos}, f}$ and yield dependent components $s_{i, m}$, are added.

Production costs are calculated in the second step. Each land use activity has a predefined input-output structure. Production costs $C_{i, \text{pos}, a}$ of land use activity i on subunit f of decision unit pos consist of yield and area dependent cost components. The area dependent input-output coefficients are adjusted to site-specific conditions using correction factors for field size, slope, and soil composition. Factor requirements of livestock keeping activities are simulated for every livestock unit. Using annual fodder requirements and the maximum realisable yield allows to transfer factor consumption in the livestock keeping activities to the spatial unit under consideration.

Model structure

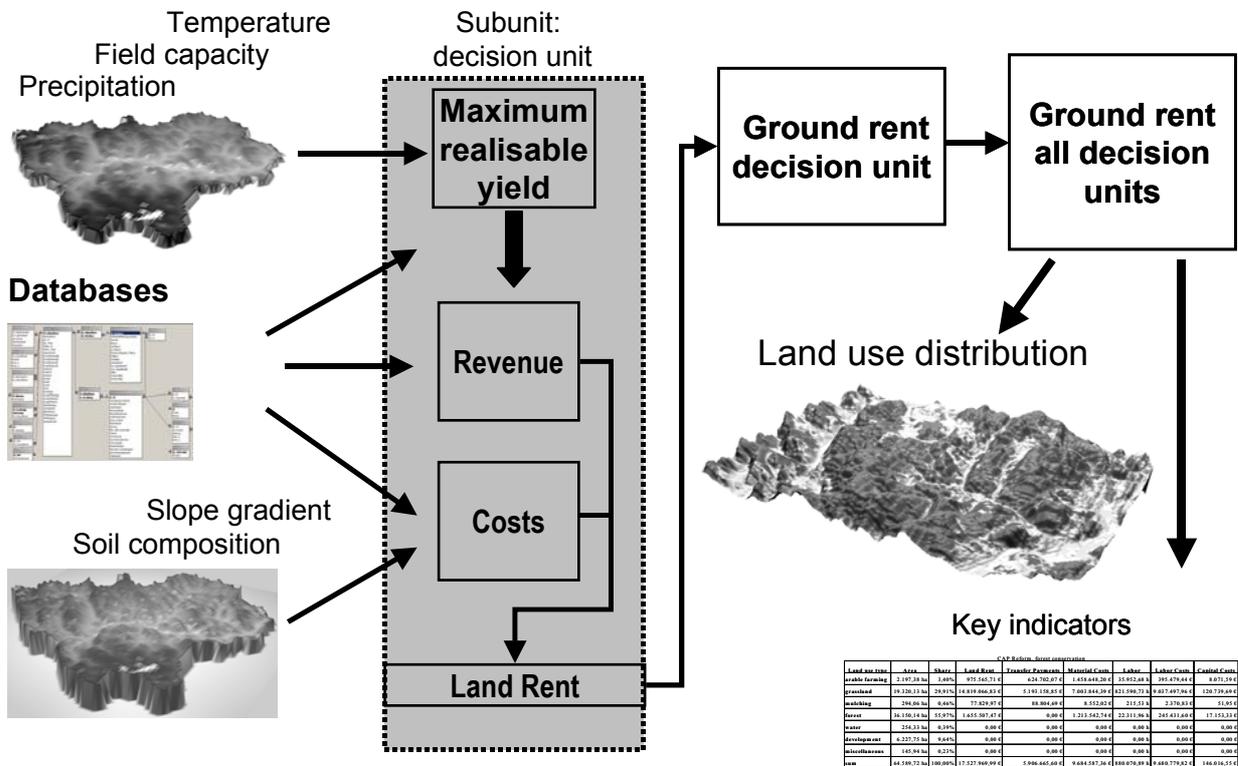


Figure „Model structure“ illustrates the necessary steps to predict land use based on ground rent calculated according to equation 2.

Methodological particularities

Calculating ground rent according to equation (2) requires all production factors to be based on one spatial unit. This implies that all production factors are mobile, fully divisible and infinitely available at given prices. All machinery is assumed to be employed at 100 % of the depreciation threshold. Consequently, depreciations are performance-related and depend solely on cultivated area.

Assuming total factor mobility seems adequate considering that (i) making use of private contractors is rather the rule than the exception, (ii) alternative income opportunities outside agriculture, e.g. in tourism or landscape conservation, are available on an hourly basis in most rural areas, (iii) mobility retarding factors, like traditions, personal preferences, and commuting costs, are incorporated in the opportunity costs of labour, and finally (iv) total factor mobility may justly be assumed for long run considerations anyway.

Transportation costs are incorporated assuming average farm to field distances and farm-gate prices for production factors and marketable products.

2) Modellbeschreibung (Deutsch)

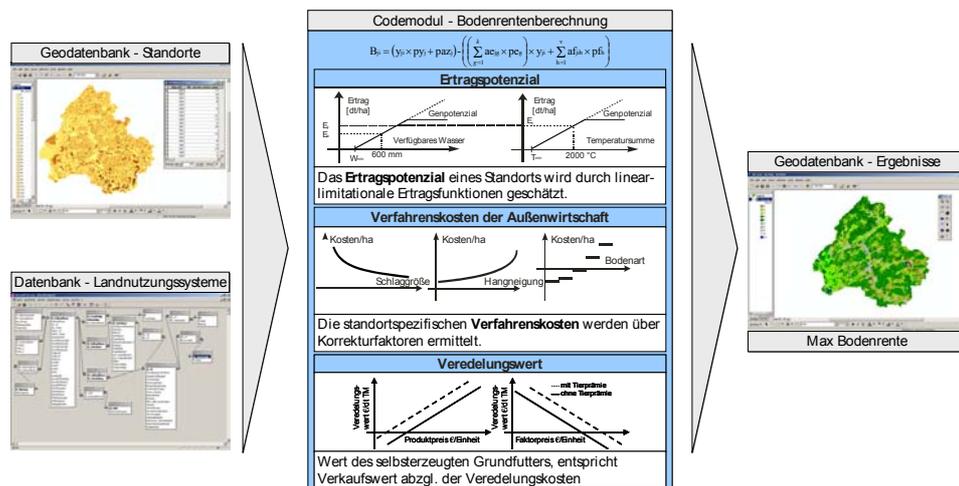
GIS-basierte Landnutzungsmodellierung mit ProLand

ProLand ist ein deterministisches, komparativ-statisches, GIS-basiertes Computermodell, das die Simulation der expliziten räumlichen Verteilung von Landnutzungssystemen ermöglicht [KMW02]. ProLand basiert auf dem Softwarepaket „Mathematica®“ [W99], diversen Datendateien und in Einzeldateien abgelegten Rasterdaten. Weitere Entwicklungsstufen sollten die Datenbasis standardisieren, die analytischen Möglichkeiten von GIS ausnutzen und die Anwenderfreundlichkeit verbessern. Diese Arbeit stellt das weiterentwickelte ProLand und die informationstechnische Umsetzung vor.

Aufbau von ProLand

Hauptbestandteile sind drei Module: Eine Geodatenbank, eine Datenbank mit Landnutzungssystemen sowie ein Codemodul. ProLand verknüpft Landnutzungssysteme und sozioökonomische Parameter mit den Standortinformationen in der Geodatenbank. Das Codemodul berechnet das bodenrentenmaximale Landnutzungssystem für jede räumliche Einheit. Die Geodatenbank erfasst kosten- und leistungsrelevante Standortparameter hinsichtlich Boden, Klima, Topographie und Landschaftsstruktur. Die nächste Abbildung illustriert die Bestandteile des Simulationsmodells ProLand.

Bestandteile des Simulationsmodells ProLand



Landnutzungssysteme werden durch Kulturpflanze, Fruchtfolge und dazugehörige Veredelungs- und Außenwirtschaftsverfahren anhand biologisch-technischer Parameter definiert. Die Datenbank „Landnutzungssysteme“ spiegelt die sozioökonomischen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen der Produktion wider. Diese Struktur ermöglicht die Szenarienbildung in den Bereichen Markt, technischer Fortschritt und Agrarpolitik.

Mit der GIS-Software ArcView® [E02] können neben der szenarienbezogenen Landnutzungsverteilung auch ökonomische Kennzahlen aus der Geodatenbank abgefragt werden und als Karten, Tabellen oder Grafiken visualisiert werden

Die Geodatenbank

Die Geodatenbank verwaltet kosten- und leistungsrelevante Standortinformationen. Die kleinste räumliche Einheit stellt ein Polygon dar, welches in jedem integrierten Parameter homogen ist. Dieses Datenformat reduziert das Datenvolumen gegenüber Rasterkarten ohne den Verlust von räumlich-expliciten Informationen.

Als leistungsrelevante Parameter gehen Informationen über Boden und Klima in die Kalkulationen ein. Die aus den Standortinformationen abgeleiteten Parameter pflanzenverfügbares Wasser und durchschnittliche jährliche Temperatursumme gehören zu den nicht-kontrollierbaren Wachstumsfaktoren und determinieren den Ertrag der Kulturpflanzen.

Als kostenrelevante Parameter gehen Informationen über Schlaggröße und Hangneigung in die Kalkulationen ein. Größere Schläge bewirken vor allem eine Minderung des Arbeitszeitbedarfes pro Flächeneinheit. Die Hangneigung begrenzt die Mechanisierbarkeit der Landnutzungssysteme und lässt die Kosten ab einer gewissen Grenze überproportional steigen.

Landnutzungssysteme

Die Datenbank Landnutzungssysteme speichert Informationen zu den Kulturpflanzen, Verfahren der Außenwirtschaft und Veredelungsverfahren. Beziehungen verknüpfen die Kulturpflanzen mit den Verfahren der Außen- und Veredelungswirtschaft sowie den Fruchtfolgen.

Kulturpflanzen sind samt ihrer biologischen Eigenschaften bezogen auf die Ertragsbildung in Abhängigkeit der nicht kontrollierbaren Wachstumsfaktoren hinterlegt. Die Ansprüche der Pflanzen an Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel werden in Abhängigkeit des geschätzten Ertrages anhand kulturartenspezifischer Kennzahlen ermittelt.

Die Verfahren der Außenwirtschaft werden durch die Parameter Arbeitszeitbedarf, Maschinenkosten und Kapitalbedarf charakterisiert. Für jeden Verfahrenstyp sind Korrekturfaktoren hinterlegt, welche den Zusammenhang zwischen den naturräumlich-agrarstrukturellen Standortgegebenheiten Hangneigung und Schlaggröße und den Verfahrenskosten herstellen.

Die Tabelle "Veredelungsverfahren" enthält alle Kennzahlen, die zur Berechnung des Veredelungswertes des eingesetzten Grundfutters nötig sind. Der Veredelungswert des Grundfutters stellt bei nicht marktgängigen Agrarprodukten, das Äquivalent zum Marktpreis der Verkaufsfrüchte dar. Da der Veredelungswert den Verkaufswert des selbst erzeugten Verbrauchsgutes abzüglich anfallender Veredelungskosten darstellt, sind die Veredelungsverfahren durch ihre Ansprüche an den Faktorverbrauch charakterisiert.

Um die Szenarienbildung zu vereinfachen, sind Faktor- und Produktpreise sowie staatliche Transferzahlungen in gesonderten Tabellen hinterlegt und mit der jeweiligen Kulturpflanze oder dem entsprechenden Veredelungsverfahren verknüpft.

Das Visual Basic for Applications® Codemodul

Das Codemodul stellt die Berechnungskomponente des Simulationsmodells dar. Der Datenzugriff erfolgt über ActiveX Data Objects® [M04a], was den Austausch des zu Grunde liegenden Datenbanksystems ohne Codeanpassungen ermöglicht.

Die Berechnungen werden durch dezidierte Funktionen durchgeführt: Zunächst schätzt das Codemodul die Ertragspotenziale des Standorts für die hinterlegten Kulturpflanzen durch linear-limitationale Ertragsfunktionen. Ausgehend von definierten Fruchtfolgen werden anschließend die spezifischen Leistungen und Kosten für jede zulässige Kombination aus Kulturpflanze, Verfahren der Außenwirtschaft und Veredelungsverfahren ermittelt. Nun wird die Bodenrente für jedes Raumelement in der Geodatenbank berechnet. Aus der so ermittelten standortbezogenen Bodenrente für jede der zulässigen Kombinationen wird abschließend dem Standort das bodenrentenmaximale Landnutzungssystem zugewiesen.

Integration in ArcView® und Access®

Der Einsatz von Visual Basic for Applications® [M99b] (VBA) gewährleistet eine einfache Integration. Ein Formular stellt die ProLand Funktionen bereit, ohne dass der Nutzer die gewohnten Benutzeroberflächen verlassen muss. VBA ermöglicht den Zugriff auf benötigte Funktionen. Gemeinsam mit dem Codemodul ist es in einem so genannten „template“ für ArcView® Karten integriert.

Wie aus Abschnitt 0 und 0 ersichtlich, können Veränderungen an der Datenbasis der Landnutzungssysteme mit Access® [M99a] durchgeführt werden. Die in den Berechnungen des Codemoduls verwendeten Daten werden über eine SQL Abfrage bereitgestellt. Durch Verwendung unterschiedlicher SQL Abfragen können Szenarien einfach konstruiert und untersucht werden.

ArcView[®] ermöglicht umfassende Analysen. Beispielsweise können Subregionen anhand ihrer Attribute selektiert werden, etwa bestimmter naturräumlicher Eigenschaften. Der so erstellte Ausschnitt wird in der Geodatenbank gespeichert und durch das Codemodul verarbeitet. Ergebnisse unterschiedlicher Szenarien oder Subregionen können als so genannte „layer“ in die Standortkarten eingefügt werden.

Zusammenfassung

Im modular aufgebauten Simulationsmodell ProLand sind kosten- und leistungsrelevante Standortinformationen, agrar- und forstwirtschaftliche Landnutzungssysteme und Funktionen zur Bestimmung der räumlich expliziten, bodenrentemaximierenden Landnutzungsverteilung zusammengefasst. Die enge Verknüpfung von Daten, Berechnung und Visualisierung vereinfacht nicht nur die Simulation von Landnutzungsverteilungen, sondern erlaubt weitergehende Aussagen und Untersuchungen, die bisher nicht möglich waren. Der Einsatz von Standardtechnologien erleichtert die Arbeit mit dem Simulationsmodell, der modulare Aufbau ermöglicht den Austausch einzelner Komponenten.

[E02] ESRI, Inc. (2002) ArcView 8.3;

[KMW02] F. Kuhlmann, D. Möller, B. Weinmann (2002) Modellierung der Landnutzung – Regionshöfe oder Raster-Landschaft? In: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 80 (3), 2002, pp. 351-392

[M99a] Microsoft Corporation (1999) Access 2000

[M99b] Microsoft Corporation (2004) Visual Basic for Applications 6.0

[M04] Microsoft Corporation (2004) ActiveX Data Objects 2.8

[W99] Wolfram Research, Inc. (1999) Mathematica 4.0

8 Literatur

- Batelle/Dornier/ISI (1976): Szenarien Chemische Technik. Studie im Auftrag des BMBF. Batelle-Bericht, Frankfurt
- BBR, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2006): Raumordnungsbericht
- Biogas-Union (2005): Persönliche telefonische Mitteilung, 03.08.2005
- BLE, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2005): Statistiken über Flächennutzung auf Stilllegungsflächen und Flächen mit Energiepflanzenprämie, per E-Mail, 5.2005
- BMELV, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2005a): Meilensteine der Agrarpolitik, Umsetzung der europäischen Agrarreform, Ausgabe 2005, Herausgeber: BMVEL
- BMELV, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Kuhlmann, H. (2005c): Mündliche Mitteilung Juni 2005
- BMELV, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2005d): Gülzower Fachgespräche, Band 17: Energetische Nutzung von Stroh, Ganzpflanzengetreide und weiterer halmgutartiger Biomasse, Broschüre, herausgegeben durch Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow
- BMELV, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2006): Die EU-Agrarreform – Umsetzung in Deutschland
- BMELV, Honecker, H. (2005b): Mündliche Mitteilung Juni 2005
- BMVEL, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2005a): Basisdaten Biogas Deutschland, Broschüre, herausgegeben durch Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow
- BMVEL, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2005b): Gülzower Fachgespräche, Band 17: Energetische Nutzung von Stroh, Ganzpflanzengetreide und weiterer halmgutartiger Biomasse, Broschüre, herausgegeben durch Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow
- BMVEL, Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2005c): Meilensteine der Agrarpolitik, Umsetzung der europäischen Agrarreform, Ausgabe 2005, Herausgeber: BMVEL
- Brinkmann, T. (1922): Grundriss der Sozialökonomik, VII. Abteilung. J. C. B. Mohr, Tübingen

- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2005): Statistiken über Flächennutzung auf Stilllegungsflächen und Flächen mit Energiepflanzenprämie, per E-Mail, 5.2005
- CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2006): Indicadores Semanais de Álcool para Estado de São Paulo, im Internet verfügbar unter <http://www.cepea.esalq.usp.br/xls/Sahicosemanal.xls>
- Destatis, Statistisches Bundesamt (2006): Fachserie 3 Reihe 3.2.1 Land- und Forstwirtschaft, Fischerei
- DIW/ISI/Roland Berger Strategy (2007): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Weitergehende Untersuchungen zu Umwelt und Innovationen, BMU/UBA-Reihe Umwelt, Innovation, Beschäftigung Nr. 01/07, Berlin
- Dosch (2006): persönliche Auskunft, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
- EIA (2006): Annual Energy Outlook 2006, Washington, D.C.
- EU (2006): Prospects for agricultural markets and income 2006-2013
- EWI, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (2006): Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und –nachfrage
- EWI/Prognos (2005): Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030. Energiewirtschaftliche Referenzprognose im Auftrag des BMWA, Köln/Basel 2005
- FAPRI, Food and Agricultural Policy Research Institute (2006): U.S. and World Agricultural Outlook 2006
- FNR, Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V. (2004): Handreichung Biogas
- FNR, Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V. (2006): Datensammlung Bioenergie
- FNR, Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow (2004): Trockenfermentation –Evaluierung des Forschungs- und Entwicklungsbedarfs, Gülzower Fachgespräche: Band 23, Herausgeber: Fachagentur nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow
- Gausemeier, J. et al. (1997): Szenariotechnik. In: Westphalen, R. v. (Hrsg.), Technikfolgenabschätzung, 3. Auflage, München, S. 203-221

-
- Gehrke, B.; Krawczyk, O.; Legler, H. (2007): Forschungs- und wissensintensive Wirtschaftszweige in Deutschland: Außenhandel, Spezialisierung, Beschäftigung und Qualifikationserfordernisse, Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 17-2007
- Godet, M. (2000): The Art of Scenarios and Strategic Planning: Tools and Pitfalls. In: Technological Forecasting and Social Change, Vol. 65, 2000, Nr. 1, S. 23-30
- Goldhofer, H., Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006): persönliche Auskunft basierend auf ILB Prognosemodell zur ZMO-Reform
- Grupp, H. (1997): Messung und Erklärung des Technischen Wandels: Grundzüge einer empirischen Innovationsökonomik; Heidelberg
- Henke, J. M. (2005): Biokraftstoffe – Eine weltwirtschaftliche Perspektive. Kieler Arbeitspapier Nr. 1236
- Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2002): Hess. Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege, Gesetz- und Verordnungsblatt 1996 S. 145 bzw. 2002 S. 614
- Hofmann, M. (1998): Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb. Merkblatt 11, Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden
- IEA (2005): World Energy Outlook 2005, Paris.
- Isermeyer, F., Zimmer, Y. (2006): Thesen zur Bioenergie-Politik in Deutschland
- Jochem, E. (1988): Technikfolgenabschätzung am Beispiel der Solarenergienutzung. Peter Lang Verlag, Frankfurt/Bern/New York/Paris
- Jouvenel, H. D. (2000): A Brief Methodological Guide to Scenario Building. In: Technological Forecasting and Social Change, Vol. 65, 2000, Nr. 1, S. 37-48
- Kahn H., Bruce-Briggs B. (1972): Things to Come. The MacMillan Company, New York
- Kuhlmann, F. (2003): Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft. DLG Verlag, Frankfurt
- Kuhlmann, F. (2006): Regulierung für die Landnutzung. In: Neue Landwirtschaft, H. 7/2006. S. 16-20

- Kuhlmann, F., D. Möller und B. Weinmann (2002): Modellierung der Landnutzung: Regionshöfe oder Raster-Landschaft? In: Berichte über Landwirtschaft 80 (3): 351-392.
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) (2002-2006): Betriebsplanung Landwirtschaft, verschiedene Jahrgänge
- Legler, H. et al. (2006): Wirtschaftsfaktor Umweltschutz: Leistungsfähigkeit der deutschen Umwelt- und Klimaschutzwirtschaft im internationalen Vergleich, UBA-Texte 16/06
- meó et al. (2006): Marktanalyse nachwachsender Rohstoffe. Projekt für die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe FNR, Köln
- Nitsch, J., Staiß, F., Wenzel, B., Fishedick, M. (2005): Ausbau Erneuerbarer Energien im Stromsektor bis zum Jahr 2020, Vergütungszahlungen und Differenzkosten durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart, Wuppertal, Dezember 2005
- Nordzucker (2006): Akzente, Sonderausgabe Bioethanol
- Nusser, M.; Hüsing, B.; Wydra, S. (2007): Potenzialanalyse der industriellen, weißen Biotechnologie, Endbericht Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Innovations- und Technikanalyse (ITA)
- Oanda (2006): FXHistory: historical currency exchange rates. Im Internet verfügbar unter <http://www.oanda.com/convert/fxhistory>
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development (2006): Agricultural Policies in OECD Countries: At a Glance - 2006 Edition
- OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development (2005): Agricultural Outlook 2005-2014
- Öko (Fritsche, U.) et al. (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse, Darmstadt, Mai 2004
- Rösch, C., Stelzer, V., Raab, K. (2004): Perspektiven einer nachhaltigen Grünlandnutzung zur Energieerzeugung, Tagung Hohenheim 14.10.2004
- Schmitz, N. (2003): Bioethanol in Deutschland. In: Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Gülzow: FNR

-
- Schrooten, M.; König, P. (2006): Exportnation Deutschland – Zukunftsfähigkeit sichern, DIW-Wochenbericht 41/2006, S.545-551
- Schwartz, P. (1991): The Art of the Long View. Currency and Doubleday, New York, 1991
- Sheridan, P., Schroers, J. O. (2004): GIS-basierte Landnutzungsmodellierung mit ProLand. Lecture Notes in Informatics (LNI) - Proceedings, 25. GIL, Jahrestagung, 2004, Volume P-49: 347-350
- Shoemaker, P.J.H. (1995): Scenario Planning: A Tool for Strategic Thinking. In: Sloan Management Review, Vol. 36, 1995, Nr. 4, S. 25-40
- Südzucker (2006a): Angebot zum Anbau von Ethanolrüben. . Im Internet verfügbar unter <http://www.bisz.suedzucker.de/>
- Südzucker (2006b): Bezahlungssystem bei Südzucker 2006. Im Internet verfügbar unter <http://vsz.de/dzz/0602/bezahlungssystem-bei-sz.htm>
- Südzucker (2006c): Hilfe zur Kalkulation der Erlöse aus Ethanolrüben, im Internet verfügbar unter http://www.bisz.suedzucker.de/... Ethanol_Rueben_Rechner.pdf
- VDI, Verein Deutscher Ingenieure (1991): VDI-Richtlinie 3780. Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen. Düsseldorf
- Weinmann, B. (2002): Mathematische Konzeption und Implementierung eines Modells zur Simulation regionaler Landnutzungsprogramme, Dissertation, Justus-Liebig-Universität Giessen, Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Sonderheft 174 der Agrarwirtschaft-Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Marktforschung und Agrarpolitik
- Weinmann, B., Schroers, J. O., Sheridan, P. (2006): Simulating the effects of decoupled transfer payments using the land use model ProLand. In: Agrarwirtschaft 55 (5/6)
- Wortel, Emslandstärke (2006): telefonische Auskunft
- ZEW/NIW/ISI: Bericht zur technologischen Lesitungsfähigkeit Deutschlands 2007, BMBF, Bonn/Berlin