

# Makroökonomische Effekte von nachwachsenden Rohstoffen

## Macroeconomic effects of renewable resources

Michael Nusser

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe

Patrick Sheridan

Justus-Liebig-Universität Gießen

Rainer Walz, Sven Wydra und Philipp Seydel

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe

### Zusammenfassung

Eine aktuelle Studie zeigt die makroökonomischen Effekte von nachwachsenden Rohstoffen (NAWARO) in Deutschland auf. Im Fokus der Untersuchungen stehen die direkten und indirekten Beschäftigungseffekte in den industriellen Verwendungsbereichen biogene Kraftstoffe, Energie/Strom aus Biomasse, Chemierohstoffe und Werkstoffe. Dabei werden auch die für die NAWARO-Industrieproduktion erforderlichen NAWARO-Angebotsmengen und der NAWARO-Flächenbedarf sowie die daran gekoppelten Arbeitsplatzeffekte in der deutschen Landwirtschaft analysiert. Vor allem wenn es Deutschland gelingt, in NAWARO-Marktsegmenten international eine Vorreitermarkt-Position einzunehmen und dabei die landwirtschaftlichen und industriellen Wertschöpfungsprozesse weitestgehend im Inland zu halten, zeigen sich erhebliche Beschäftigungspotenziale.

### Schlüsselwörter

nachwachsende Rohstoffe; neue Technologien; Beschäftigungspotenziale; Vorreitermärkte; Szenarien

### Abstract

The results of a current study point out the macroeconomic effects associated with the use and production of renewable resources (NAWARO) in Germany. It focuses on the direct and indirect employment effects in the NAWARO market segments biofuels, energy/electricity, chemical commodities and materials. Supply quantities of renewable resources and agricultural area in Germany required by the industrial production in the different market segments and associated employment effects in the German agricultural sector are also analyzed. Above all, if Germany succeeds to be a lead market in certain NAWARO market segments while retaining agricultural and industrial value chains in Germany considerable employment potentials emerge.

### Key words

renewable resources; new technologies; employment potentials; lead markets; scenarios

## 1. Ausgangssituation

Fossile Rohstoffe wie Erdöl, Erdgas und Kohle sind endlich. Die Syntheseleistung der Natur hingegen generiert jährlich über Photosynthese 170 -180 Mrd. Tonnen an nachwachsender Biomasse; davon werden derzeit nur 6 Mrd. Tonnen, d.h. weniger als 4 %, für die Ernährung sowie für energetische und stoffliche Zwecke genutzt (MEÓ et al., 2006). Die Steigerung des Einsatzes erneuerbarer Ressourcen in industriellen Produktionsprozessen ist daher zentral für eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung.

In bisher durchgeführten Studien und Projekten im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe wurden meist der Anbau und die technischen Voraussetzungen für die Nutzung und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe (NAWARO) in verschiedenen Anwendungsgebieten erforscht und weiterentwickelt. Die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen derartiger NAWARO-Strategien standen bislang in der Regel nicht im Fokus. Zwar gibt es eine Vielzahl von Veröffentlichungen, die sich mit den volkswirtschaftlichen Folgen der Klimapolitik beschäftigen, diese heben aber vor allem auf Einführung einer Ökosteuer oder des CO<sub>2</sub>-Emissionshandels ab. Einzelne Untersuchungen analysieren auch die Beschäftigungswirkungen erneuerbarer Energien, sowohl für Deutschland als auch international (vgl. u.a. die Überblicke in KAMMEN et al., 2004; STAIB et al., 2006; WALZ, 2006; ZEDDIES, 2006). Typischerweise spielen hier aber die nachwachsenden Rohstoffe nur eine untergeordnete Rolle, zumal zahlreiche ihrer stofflichen Verwendungsbereiche überhaupt nicht in die Betrachtung einbezogen werden. Die Ergebnisse des Projektes „Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen“<sup>1</sup> stellen einen umfassenden Überblick über die makroökonomischen Effekte (insbesondere Beschäftigungseffekte) von nachwachsenden Rohstoffen in energetischen und stofflichen Verwendungsbereichen bereit (NUSSER et al., 2007).

## 2. Wirkungsmechanismen, Untersuchungsdesign und Methodik

**Wirkungsmechanismen:** Maßnahmen zur Steigerung des NAWARO-Einsatzes lösen vielfältige Anpassungsreaktionen bei den einzelnen Unternehmen und privaten Haushalten aus. Durch die Summe dieser Anpassungsreaktionen und die hierdurch wiederum ausgelösten Folgewirkungen kommt es dann zu Veränderungen der Wirtschaftsstrukturen und der gesamtwirtschaftlichen Zielgrößen. Die Gesamtwirkung auf die Beschäftigung ergibt sich aus dem Zusammenspiel unterschiedlicher Wirkungsmechanismen (u.a. Preis-, Kosten-, Nachfrage- und Innovationseffekte)

<sup>1</sup> Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, vertreten durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (FKZ 02 NR 085).

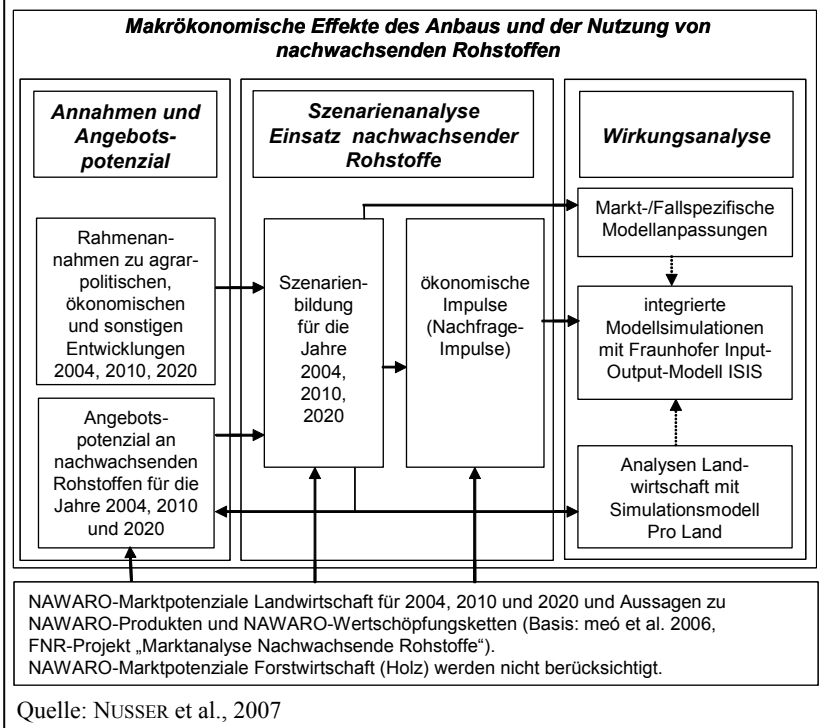
(vgl. z.B. WALZ, 2001; WALZ, 2004; WALZ, 2006; ZEDDIES, 2006). Es ist daher nicht möglich, die gesamtwirtschaftlichen Effekte aus einer isolierten Betrachtung weniger Teileffekte abzuleiten, zumal zahlreiche Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Wirkungsmechanismen bestehen.

Bei den in diesem Beitrag im Mittelpunkt stehenden Strategien zur Steigerung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe handelt es sich primär um den Einsatz neuer Techniken gekoppelt mit einer Substitution von fossilen Energieträgern bzw. Werkstoffen durch nachwachsende Rohstoffe. Die Wirkungsmechanismen, die die Diskussion der Klimapolitik und der Einführung der ökologischen Steuerreform maßgeblich bestimmten, insbesondere Veränderungen der relativen Preise zwischen Energie und Arbeit inklusive Veränderungen in der Zusatzbelastung (excess burden) der Besteuerung, weisen im vorliegenden Fall eine geringere Relevanz auf. Ähnliches gilt hinsichtlich wichtiger Parameter für die Einkommenskreislauffekte, wie Veränderungen in der Sparneigung, des Zinses, der Geldpolitik oder den Annahmen bezüglich des Verhaltens der Tarifparteien. Insgesamt spielen sich die durch den Einsatz nachwachsender Rohstoffe ausgelösten Wirkungen auf einer mesoökonomischen Ebene ab, bei der die stärker technikbezogenen Wirkungsmechanismen dominieren. Dies hat auch erhebliche Konsequenzen für den Modellierungsansatz: An Stelle eines aggregierten makroökonomischen Modells ist ein Modellierungsansatz erforderlich, der – aufbauend auf technologiebasierten Analysen – die sektoralen Strukturwirkungen der Umlenkung von Nachfrageströmen inklusive der damit verbundenen indirekten Effekte auf die Vorleistungsketten analysiert. Da die einzelnen Sektoren eine unterschiedliche Arbeitsintensität und Importneigung aufweisen, kommt es zu gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen auf die Beschäftigung. Des Weiteren dürfen Kosten- und Budgeteffekte nicht vernachlässigt werden, da die Abdeckung höherer Kosten für die Anwender oder eine öffentliche Förderung Kompensationen an anderer Stelle erfordern. Schließlich sind unter den Innovationseffekten insbesondere die unter dem Schlagwort „first mover advantage“ oder „Etablierung eines Vorreitermarktes“ vorgebrachten Argumente einer Steigerung der Exporte von Technologien, die dem landwirtschaftlichen Anbau und der industriellen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen dienen, anzuführen.

**Untersuchungsdesign** (Abbildung 1): Ausgehend von den agrarpolitischen, ökonomischen, technologischen und sonstigen Entwicklungstrends sowie industriellen Verwendungs- bzw. privaten Nachfragepotenzialen werden konsistente Basisszenarien für den NAWARO-Einsatz in 2004, 2010 und 2020 entwickelt. Mit Hilfe eines Input-Output-Modells und eines landwirtschaftlichen Simulationsmodells werden auf Basis der durch nachwachsende Rohstoffe induzierten ökonomischen Nachfrageimpulse makroökonomische Wirkungsanalysen durchgeführt.

Im Fokus der Untersuchungen stehen vor allem die Beschäftigungseffekte der industriellen Weiterverarbeitung

**Abbildung 1. Schematische Darstellung Untersuchungsdesign**



von NAWARO-Pflanzen in den Verwendungsbereichen biogene Kraftstoffe, Energie/Strom aus Biomasse, Chemierohstoffe (inkl. biogene Schmierstoffe) und Werkstoffe sowie die für diese NAWARO-Industrieproduktion erforderlichen NAWARO-Angebotsmengen und der NAWARO-Flächenbedarf sowie die Arbeitsplatzeffekte beim Anbau in der deutschen Landwirtschaft.

Die Ergebnisse berücksichtigen ausschließlich makroökonomische Effekte im Zusammenhang mit NAWARO aus der Landwirtschaft. Makroökonomische Wirkungsanalysen im Zusammenhang mit der Forstwirtschaft (z.B. Produktion von Holz) sowie den inländischen industriellen Wertschöpfungsprozessen, die mit Holz aus der Forstwirtschaft in Verbindung stehen (z.B. Wärme aus Holz im Bereich Energie/Strom oder die Herstellung von Werkstoffen wie z.B. Papier, Karton, Pappe, Möbel und Baustoffe aus Holz) waren nicht Bestandteil der Untersuchungen.

**Methodik:**<sup>2</sup> Das Modellgerüst für die Ermittlung der Beschäftigungseffekte 2004, 2010 und 2020 bildet ein statisches, offenes Input-Output-Modell des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung (ISIS-Modell).<sup>3</sup> Kern des ISIS-Modells ist eine Verflechtungsmatrix, die die deutsche Volkswirtschaft in 71 Wirtschaftssektoren und verschiedene Endnachfragesektoren (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 wurde mittels geeigneter statistischer Quellen eine Anpassung an die Jahre 2004, 2010 und 2020 vorgenommen: Der technische Wandel wurde z.B. berücksichtigt, indem die Arbeitskoeffizienten

<sup>2</sup> Eine ausführliche Beschreibung des methodischen Vorgehens findet sich in NUSSER et al., 2007 (Kap. 2 und Anhang).

<sup>3</sup> Vgl. u.a. WALZ et al., 2004.

im ISIS-Modell entsprechend dem zu erwartendem Produktivitätsfortschritt fortgeschrieben wurden. 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. Basierend auf technologischen Abschätzungen wurden die Inputkoeffizienten der NAWARO-Marktsegmente (vgl. Tabelle 1) für die Projektionsanalysen entsprechend dem projizierten technischen Wandel auf die Jahre 2010 und 2020 angepasst. Zur Bestimmung der direkten Beschäftigung beim NAWARO-Anbau in der deutschen Landwirtschaft wurden spezifische Beschäftigungsfaktoren gebildet, denen ackerbauliche Produktionsverfahren zugrunde gelegt wurden. Um die direkte Beschäftigung in der industriellen Weiterverarbeitung von NAWARO-Pflanzen (Betrieb von Anlagen zur Umwandlung bzw. Verarbeitung, Transport von und Handel mit NAWARO) zu untersuchen, wurden die NAWARO-Wertschöpfungsketten in den verschiedenen (Teil-)Verwendungsbereichen nachgezeichnet.

Die indirekte vorgelagerte Beschäftigung umfasst die Effekte aus der Bereitstellung von Vorleistungen für den NAWARO-Anbau und die industrielle Weiterverarbeitung der NAWARO-Pflanzen. Hierzu wurden für alle Teilsegmente der vier Verwendungsbereiche (vgl. Tabelle 1) die jeweiligen Vorleistungsstrukturen der Verarbeitungsprozesse technologisch abgeleitet und in Form von spezifischen Submodulen in das ISIS-Modell integriert. Um die Beschäftigung zu bestimmen, die aus Investitionen in Anlagen zur industriellen Verarbeitung von NAWARO-Pflanzen oder aus Investitionen für den landwirtschaftlichen NAWARO-Anbau resultiert, wurden für die untersuchten NAWARO-Marktsegmente die Investitionsvolumina berechnet, die zum erforderlichen Kapazitätsaufbau (u.a. für landwirtschaftliche NAWARO-Anlagen sowie NAWARO-Anlagen zur industriellen Weiterverarbeitung) für 2004, 2010 und 2020 erforderlich sind. Die hierzu erforderlichen Investitionskennziffern stammen entweder aus MEÓ et al. (2006), der ProBas-Datenbank, weiteren Technikdatenbanken oder der Fachliteratur (vgl. hierzu ausführlich NUSSER et al., 2007). Bei den Investitionsvolumen wurde z.B. die Kostendegression berücksichtigt, die sich nach der Methode der Kosten-Degressionskurve ergeben. Hierbei wurde auf Angaben von ÖKO et al. (2004) zurückgegriffen. Die so abgeleiteten Investitionsvolumina wurden in jährliche Investitionsströme aufgeteilt und dann den für sie relevanten Zulieferersektoren (z.B. Anlagen- und Maschinenbau, Mess-/Steuerungs-/Regelungstechnik) zugeordnet. Dann wurden die investitionsinduzierten Beschäftigungszahlen bestimmt, indem die ökonomischen Investitionsimpulse je NAWARO-Marktsegment sektorspezifisch in das ISIS-Modell eingegeben wurden. Zur Herleitung des Angebotspotenzials von NAWARO-Pflanzen wurde das agrarökonomische Simulationsmodell 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, Ma-

schinenkosten 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. Das Simulationsmodell besteht aus drei Modulen: Einer Geodatenbank, einer Datenbank mit Landnutzungssystemen sowie einem Codemodul. 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 NAWARO-Produktion ergänzt: Diese umfassen sowohl neue Nutzpflanzen (z.B. Hanf, Miscanthus, Pappeln) zur Biomasseproduktion, als auch Modifikationen der Systeme zur Nahrungsmittelproduktion. Die Mengengerüste der Produktionsverfahren basieren auf KTBL-Daten (KTBL, 2002-2005), wobei Varianten gebildet wurden (z.B. Klein- und Großmechanisierung). Technischer und züchterischer Fortschritt wurde in den Szenarien 2010 und 2020 berücksichtigt (KUHLMANN, 2006). Die Nutzpflanzen zur NAWARO-Produktion wurden zulässigen Fruchtfolgen zugeordnet. In den für dieses Projekt durchgeführten Berechnungen wurden Forstwirtschaft und Gründlandverfahren auf Grund der Projektfragestellungen 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 Erträge, die von einer Nutzpflanze bis zum Wirksamwerden eines durch den Landnutzer nicht kontrollierbaren Wachstumsfaktors erreicht werden. Sie werden 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 spezifische Leistungen und Kosten für jede zulässige Kombination aus Kulturpflanze, Verfahren der Außenwirtschaft und Veredelungsverfahren ermittelt und jedem Flächenelement die bodenrentenmaximale Kombination zugewiesen.

Die Mehrzahl ackerbaulicher Landnutzungssysteme zur Erzeugung von NAWARO und Nahrungsmitteln wurden integriert. Ebenso wurden aktuelle technologische und agrarpolitische Entwicklungen, wie z.B. Cross-Compliance, Zuckermarktreform oder entkoppelte Transferzahlungen 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.

**Tabelle 1. Ökonomische Eckdaten der Basisszenarien 2004, 2010 und 2020**

	NAWARO-Marktpotenzial (in Mio. €)			Inländische NAWARO- Pflanzen (Rohstoff)	Pflanzenaufteiler			Importanteil NAWARO-End-/ Zwischenprodukt und Importanteil NAWARO-Pflanze		
	2004	2010	2020		2004	2010	2020	2004	2010	2020
<b>Biogene Kraftstoffe</b>										
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%
<b>Energie / Strom aus Biomasse</b>										
Strom sonstige NAWARO (exkl. Holz)	4,5	9,5	14,5	Stroh/Energiepflanzen - KUP - Miscanthus	1/3	1/3	1/3	---	0%	0%
	0,0	5,0	10,0	Rapsöl und sonstige Öle	2/3	Raps	1/3	20%	30%	30%
	4,5	4,5	4,5							
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%
<b>Chemierohstoffe</b>										
Fette/Öle, Stärke, Zucker, Cellulose	1000	1205	1590							
Fette/Öle	435	500	600	Rapsamen (Rapsöl)	---	---	---	5%	15%	15%
	60	70	84	Sonnenblumensamen	---	---	---	50%	50%	50%
	25	30	36	Flachs-/Ölleinsamen	---	---	---	50%	50%	50%
	45	50	60	Rapsamen/Rüben (Rüböl)	---	---	---	5%	15%	15%
	25	30	36	(Palmkern-/Kokosnussöl)	---	---	---	100%	100%	100%
	185	215	260	(Sojaöl)	---	---	---	100%	100%	100%
	35	40	48	(Palmöl)	---	---	---	100%	100%	100%
	25	25	30	Sonstige (u.a. Mohn, Leindotter)	---	---	---	65%	65%	65%
	35	40	46							
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%	5%	2%	2%
				Zuckerrohr	5%	2%	2%	---	---	---
Cellulose	250	300	350	100% Import NAWARO-Input bzw. Holz aus Forstwirtschaft (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%	0%	0%	0%
								5%	15%	15%
Farben und Lacke	600	675	800	Ann.: Export = Import						
Bindemittel	200	225	300	---						
Additive	20	23	30	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".						
Lösemittel	15	12	10	---						
Druckfarben	350	400	450	---						
Färberpflanzen	15	18	22	---						
Kosmetik und Pharma	2700	3500	6400	Ann. Phytopharmaka/ Kosmetik:						
Phytopharmaka	2200	2800	5000	a) Export = Import						
Naturkosmetik	500	700	1400	u.a. Pfefferminze, Knoblauch, Kamille, Baldrian, Fenchel, Zitronenmelisse, Johanniskraut, Gingseng						
				b) Importquote Arzneipflanzen						
				85% 90% 90%						
<b>Werkstoffe</b>										
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/Pflanztüpfe	0	18	100	0% 0% 0%						
Formteile/Faserverbundstoffe (inkl. Holz)	507	1015	1252	0% 0% 0%						
Interieur	506	900	1050	Holz wird nicht berücksichtigt						
Exterieur und Struktur	1,4	80	160	Holzfasern (Holz aus Forstwirtschaft)	28%	30%	30%	100%	100%	100%
Gehäuse	0	24	30	Rezyklierte Baumwolle-/Cottonfasern	51%	22%	22%	92%	0%	0%
Spielwaren, Sport, Freizeit	0	11	12	Hanf/Ganzpflanze	2%	30%	30%	92%	0%	0%
				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)						
Technische Textilien	25	21	18	100% 100% 100%						
Cellulosefasern	570	570	650	100% Import NAWARO-Input bzw. Holz aus Forstwirtschaft (wird daher nicht berücksichtigt).						
Dämmstoffe (exkl. Cellulosefasern)	88	200	300	0% 0% 0%						
				Holz wird nicht berücksichtigt						
				Holz aus Forstwirtschaft	48%	45%	45%	50%	50%	50%
				Hanf Ganzpflanze	6%	15%	20%	75%	75%	75%
				Flachs Ganzpflanze	3%	10%	10%	100%	100%	100%
				Cellulose (Holz bzw. Import)	32%	25%	20%	100%	100%	100%
				Schafwolle	4%	2%	2%	100%	100%	100%
				Sonstige	7%	3%	3%	100%	100%	100%

KUP = Kurzumtriebsholz

Quelle: NUSSER et al., 2007 (Datenbasis: u.a. MEO et al. (2006), eigene Berechnungen).

### 3. Modellergebnisse Basisszenarien 2004, 2010, 2020

**(1) Szenarienannahmen:** Datengrundlage für die ökonomischen NAWARO-Nachfrageimpulse sind Ergebnisse der von der FNR parallel vergebenen Studie „Marktanalyse nachwachsender Rohstoffe“ (MEÖ et al., 2006; Abstimmungsgespräche mit Autoren dieser Studie). Die Annahmen zu den quantitativen Eckdaten der Basisszenarien 2004, 2010 und 2020 in den vier Verwendungsbereichen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Für alle Märkte gilt: Steigende Rohölpreise<sup>4</sup> erhöhen die preisliche Wettbewerbsfähigkeit von NAWARO und würden dadurch die NAWARO-Marktpotenziale erhöhen. Die Agrarproduktpreise im Rahmen der agrarökonomischen ProLand-Modellberechnungen basieren unter anderem auf Prognosen von FAPRI (2006) und OECD (2005) (vgl. hierzu NUSSER et al., 2007).

a) Im **Verwendungsbereich biogene Kraftstoffe** werden bei Bioethanol und Biodiesel (RME) die politisch vorgegebenen Beimischungsziele, genauer 5,75 % (Energiegehalt) Biokraftstoffe bis 2010, erreicht. Zudem bestehen Steuererleichterungen bzw. eine forcierte Politik zur Einsatzsteigerung durch Quotenfestlegungen weiter fort. Aufgrund einer starken internationalen Konkurrenz (z.B. aus Brasilien) und sich öffnender Märkte bis 2020 werden Importquoten von 40 % unterstellt. Bei BTL gelten langfristig Steuervergünstigungen bzw. technologiespezifische Teilquoten, relevante technische und techno-ökonomische 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.

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

c) Im **Verwendungsbereich Chemierohstoffe** erschweren bei Fetten, Ölen und Stärke gewachsene, kapitalintensive Verbundstrukturen eine schnelle Diffusion von NAWARO-Produkten, weshalb mit einem „graduellen“ realen NAWARO-Marktwachstum von 2 bis 3 % p.a. gerechnet wird. Bei Zucker wird auf Grund der zunehmenden Bedeutung biotechnologischer Produkte ein reales Wachstum von 10 bis 15 % p. a. angenommen. Aus Kostengründen nicht wettbewerbsfähige Inlandsprodukte, wie z.B. Cellulose, werden ebenso wie spezifische, in Deutschland aus klimati-

schon Gründen nicht angebaute NAWARO (z.B. Kokosnussöl) importiert. In den reifen Märkten Farben und Lacke ist das Wachstum an die Wirtschaftsentwicklung geknüpft; daher wird ein Wachstum von ca. 2 % p.a. unterstellt. Die Nutzung biologisch abbaubarer Schmierstoffe wird häufig in besonderen Branchensegmenten gefordert (z.B. biogene Hydrauliköle im Wasserbau). Die Potenziale sind bisher nicht ausgeschöpft, weshalb bis 2010 ein Wachstum um 5 % p.a. angenommen wird, danach bleibt das Marktvolumen konstant. 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“, Prävention und Selbstmedikation. Im Segment Naturkosmetik wird ein Wachstum von 6-7 % p.a. unterstellt. Positive Treiber sind u. a. die Orientierung hin zu „grünen“ natürlichen Kosmetikprodukten sowie das wachsende Gesundheits-, Schönheits- und Fitnessbewusstsein von Frauen und Männern. Bei den relativ arbeitsintensiv zu erzeugenden Heil- und Arzneipflanzen für Phytopharmaka- und Kosmetikprodukte werden sehr hohe Importe von 85-90 % unterstellt.

d) Im **Verwendungsbereich Werkstoffe** wird die zunehmende Substitution von Verpackungsprodukten aus Glas, Metall, Papier und Pappe durch Kunststoffe, vor allem bei kurzlebigen Produkten (z.B. Obstverpackungen), weiter anhalten. Es wird ein reales Wachstum von 15-20 % p. a. unterstellt. Faserverbundwerkstoffe und Formteile können im Automobilbau zu höherwertigeren, leichteren und höher belastbaren Konstruktionen führen. Ein reales Wachstum von rund 10 % ab 2010 ist realistisch, wobei bis 2010 ein noch höheres Wachstum unterstellt wird. Wichtige Treiber sind u.a. (umwelt)politische Zielsetzungen (z.B. 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. Die Märkte für Bekleidung und Textilien stagnieren, daher wird für den relevanten Leinen-Bereich 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 von 98 % unterstellt. In Deutschland sind 26 Mio. Wohneinheiten energetisch sanierungsbedürftig. Bei Altbausanierungen eignet sich die Einblas-technik mit NAWARO gut. Daher wird bei NAWARO-Dämmprodukten, Verbraucheraufklärung vorausgesetzt, ein reales Wachstum bis 2010 von 15 % p.a. und ca. 5 % ab 2010 unterstellt.

**(2) 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 NAWARO-Endprodukten, und
- **indirekte und investitionsinduzierte Beschäftigungseffekte:** Durch Ausgaben für Vorleistungsinputs (u.a. FuE- und Ingenieursdienstleistungen) und Investitionstätigkeiten (u.a. Bau von Gebäuden oder Anlagen) sind die NAWARO-Branchensegmente über Lieferverflechtungen mit

<sup>4</sup> Bei den Energiepreisen können bei langfristigen Preisprojektionen nur die fundamentalen Trends Eingang finden, nicht aber vorübergehend starke Preisabweichungen nach oben oder nach unten. Im Rahmen der Studie wurden die Energiepreise unter Bezugnahme von Studienwerten von EWI (Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln)/Prognos und des World Energy Outlook 2005 und 2006 der International Energy Agency (IEA) angenommen (vgl. hierzu NUSSER et al., 2007). Hierbei wurde ein realer Ölpreis von 40 US-\$/barrel für 2010 und 45 US-\$/barrel für 2020 unterstellt. In einem Sensitivitätsszenario wurde ein höherer Ölpreis angenommen (vgl. Abschnitt 5).



vorgelagerten Zulieferersektoren verbunden. Dadurch entstehen indirekte und (investitions-)induzierte Beschäftigungseffekte.

Für die in Tabelle 1 unterstellten NAWARO-Marktpotenziale, Pflanzenaufteiler und Importannahmen sind die Beschäftigungseffekte in Tabelle 2 dargestellt. Bei den Erwerbstätigen handelt es sich um Erwerbstätige in Vollzeitäquivalenten (FTE):

- **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, was ein Zuwachs von +54 % gegenüber 2010 und +123 % gegenüber 2004 bedeutet. Hiervon entfallen 45 % auf biogene Kraftstoffe (76 300), 34 % auf Chemierohstoffe (57 400), 13 % auf Werkstoffe (22 300) und 8 % auf 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 erheblich unterschätzt. In 2004 induziert jeder der 35 100 direkten NAWARO-Arbeitsplätze weitere ca. 1,2, d.h. insgesamt 41 100 Arbeitsplätze in vorgelagerten Zulieferersektoren. Die Multiplikatorwerte (indirekt/direkt) liegen 2010 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. Trans-

**Tabelle 2. Zusammenfassung direkte, indirekte/induzierte Brutto-Beschäftigungswirkungen Basisszenarien 2004, 2010, 2020**

	Direkte Brutto-Erwerbstätige * (in Tsd., Zuwachs 2020/04 in %)				Indirekte/induzierte Erwerbstätige (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
<b>NAWARO insgesamt (Summe 1-4)</b>	<b>35,1</b>	<b>48,1</b>	<b>62,4</b>	<b>77 %</b>	<b>41,1</b>	<b>62,4</b>	<b>107,2</b>	<b>161 %</b>	<b>76,3</b>	<b>110,4</b>	<b>169,6</b>	<b>123 %</b>
<b>1. Biogene Kraftstoffe</b>	<b>9,1</b>	<b>14,4</b>	<b>20,5</b>	<b>125 %</b>	<b>9,3</b>	<b>19,8</b>	<b>55,8</b>	<b>501 %</b>	<b>18,4</b>	<b>34,2</b>	<b>76,3</b>	<b>315 %</b>
- 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	+++
<b>2. Energie/Strom aus Biomasse **</b>	<b>0,8</b>	<b>4,1</b>	<b>5,9</b>	<b>638 %</b>	<b>4,1</b>	<b>9,1</b>	<b>7,6</b>	<b>88 %</b>	<b>4,9</b>	<b>13,2</b>	<b>13,5</b>	<b>178 %</b>
- 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 %
<b>3. Chemierohstoffe</b>	<b>18,8</b>	<b>19,7</b>	<b>24,6</b>	<b>30 %</b>	<b>22,4</b>	<b>24,6</b>	<b>32,9</b>	<b>47 %</b>	<b>41,2</b>	<b>44,4</b>	<b>57,4</b>	<b>39 %</b>
- 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 %
- Phytopharmaka	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 %
<b>4. Werkstoffe **</b>	<b>6,3</b>	<b>9,8</b>	<b>11,5</b>	<b>80 %</b>	<b>5,4</b>	<b>8,8</b>	<b>10,8</b>	<b>104 %</b>	<b>11,7</b>	<b>18,6</b>	<b>22,3</b>	<b>91 %</b>
- 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 (vgl. Tab. 3 und 4)

+++ = sehr hohe prozentuale Zuwächse bei geringem Ausgangsniveau

\*\* 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, Phytopharmaka, Kosmetika (Werte sind in die jeweiligen Teilsegmente integriert)

Quelle: NUSSER et al., 2007 (Berechnungen Fraunhofer ISI 2006; Rundungsfehler möglich)

port 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 % die Nebenprodukte Gülle und Reste verwendet werden, weshalb die direkten Effekte gering sind. Die Multiplikatorenwerte für die Teilssegmente liegen meist zwischen 0,8-1,1 (z.B. Werkstoff-Segmente, Phytopharmaka) und um 2,0 (z.B. Chemierohstoffsegmente).

**(3) Effekte in der deutschen Landwirtschaft:** Die direkten Landwirtschaftsarbeitsplätze<sup>5</sup> sind bereits in den direkten Erwerbstätigen in Tabelle 2 enthalten, werden jedoch an dieser Stelle gesondert ausgewiesen, differenziert nach den vier Verwendungsbereichen (Tabelle 3) sowie nach Pflanzen (Tabelle 4). Zudem wurden auf Basis der quantitativen Szenarioannahmen (vgl. Tabelle 1) auch der Bedarf an NAWARO-Angebotsmengen aus der deutschen Landwirtschaft sowie (mit dem ProLand-Modell) der erforderliche Flächenbedarf in Deutschland ermittelt. Die Ergebnisse zeichnen für die deutsche Landwirtschaft folgendes Bild:

sowie gleichbleibende Im- und Exporte, so werden auf Grund von technischem Fortschritt bis 2010 rund 0,84 Mio. ha Ackerfläche und bis 2020 rund 2,74 Mio. ha Ackerfläche nicht mehr benötigt.<sup>6</sup> 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 NAWARO-Produktion zur Verfügung. In den Basisszenarien kommt es somit zu keiner absoluten Flächenkonkurrenz mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion; d.h. der NAWARO-Anbau konkurriert nicht mit der als konstant angenommenen Nahrungs- und Futtermittelproduktion.<sup>7</sup>

**Direkte Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft:** Insgesamt sind in 2004 ca. 11 550, 2010 rund 18 300 und 2020 22 650 direkte Arbeitsplätze in der deutschen Landwirtschaft mit den industriellen NAWARO-Marktpotenzialen (Tabelle 3 und 4) verbunden. Sie stellen die Brutto-Beschäftigten dar, welche zur Produktion der in Tabelle 3 und 4 angegebenen NAWARO-Angebotsmengen nötig sind. Unterstellt man, dass die im letzten Absatz genannten Flächen nicht zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion ge-

**Tabelle 3. Effekte deutsche Landwirtschaft, differenziert nach Verwendungsbereichen**

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
<b>Summe (inkl. Stroh und Arzneipflanzen)</b>	<b>6 962</b>	<b>22 393</b>	<b>59 993</b>	<b>1 063</b>	<b>1 931</b>	<b>3 435</b>	<b>11 544</b>	<b>18 313</b>	<b>22 644</b>
	<b>Anteile (in %)</b>								
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
<b>Summe (inkl. Stroh und Arzneipflanzen)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Quelle: NUSSER et al., 2007 (Datenbasis: Ergebnisse Modell ProLand der Universität Gießen 2006)

**Bedarf an NAWARO-Angebotsmengen aus der deutschen Landwirtschaft und Flächenbedarf in Deutschland:** In den Basisszenarien werden 2004 ca. 7, 2010 rund 22,4 und 2020 etwa 52 (exkl. Stroh) bzw. 60 Mio. t (inkl. Stroh) 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 2,8 (exkl. Stroh) bzw. 3,4 Mio. ha (inkl. Stroh und Arzneipflanzen) in 2020. Unterstellt man nahezu konstante Produktionsmengen (Basisjahr 2004) inländischer Agrarprodukte zur Futter- bzw. Nahrungsverwendung

nutzt würden, entstünden demzufolge zusätzliche Beschäftigungsmöglichkeiten in der deutschen Landwirtschaft. Bleiben diese Flächen jedoch auch ohne NAWARO-Produktion weiterhin in Bewirtschaftung, ergeben sich in den Basisszenarien zwar positive Brutto-Beschäftigungseffekte, die Netto-Beschäftigungseffekte in der Landwirtschaft (vgl. nachfolgender Abschnitt 4) würden sich dann aber um den Null-Bereich herum bewegen, da die jeweili-

<sup>5</sup> Es wurde von ackerbaulichen Produktionsverfahren und zugehörigen Mengengerüsten ausgegangen. Der Arbeitskräftebedarf je Hektar liegt daher wesentlich unter statistischen Durchschnittswerten für die Gesamt-Landwirtschaft, in denen auch arbeitsintensive Viehhaltung und Sonderkulturen berücksichtigt werden.

<sup>6</sup> Hierbei wurden u.a. Züchtungserfolge in der Landwirtschaft berücksichtigt, so dass die zur Bereitstellung der NAWARO-Angebotsmengen notwendige Ackerfläche im Zeitablauf abnimmt.

<sup>7</sup> Zudem wurde in der Studie die Annahme konstanter Nahrungs- und Futtermittelproduktion aufgegeben und die Konkurrenzfähigkeit des NAWARO-Anbaus und die jeweiligen NAWARO-Angebotsmengen auf allen Flächen untersucht (vgl. hierzu NUSSER et al., 2007).

gen ackerbaulichen Produktionsverfahren für NAWARO und Nahrungs- und Futtermittel nahezu identische Arbeitsintensitäten aufweisen. 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 in den Basisszenarien nur gedämpft, nicht aber gestoppt werden.

**Effekte nach Verwendungsbereichen:** 70 bis 75 % des Flächenbedarfs und der direkten Landwirtschaft-Arbeitsplätze sind den biogenen Kraftstoffen zuordenbar. Etwa 12 bis 15 % sind 2010 und 2020 mit dem Bereich Energie/Strom aus Biomasse verbunden, nachdem es 2004 nur

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 eine untergeordnete Rolle. Auf Grund der Dominanz des Verwendungsbereiches biogene Kraftstoffe und der zunehmenden Bedeutung des Bereiches Energie/Strom aus Biomasse entstehen in der deutschen Landwirtschaft 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 4).

**Tabelle 4. Effekte deutsche Landwirtschaft, 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
<b>Roggen für Ethanol</b>	7	941	892	1	144	119	11	1 232	905
<b>Weizen gesamt</b>	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
<b>Energiegetreide gesamt (exkl. Biogas)</b>	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
<b>Stroh BTL</b>	0	0	8 300	0	0	968	0	0	206
<b>Energiegetreide Biogas</b>	0	1 480	4 470	0	89	236	0	915	1 949
<b>Silomais Energie/Strom</b>	350	6 250	9 830	8	121	157	89	1 227	1 286
<b>Pappel/Kurzumtriebsholz gesamt</b>	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
<b>Raps gesamt</b>	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
<b>Zuckerrübe gesamt</b>	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
<b>Miscanthus gesamt</b>	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
<b>Flachs gesamt</b>	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
<b>Hanf gesamt</b>	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
<b>Stärkekartoffel Chemierohstoffe</b>	1 600	1 818	2 182	32	34	35	354	377	315
<b>Maiskörner Chemierohstoffe</b>	101	115	138	11	11	11	97	88	86
<b>Sonnenblumensamen Chemierohstoffe</b>	51	62	74	20	23	25	193	214	190
<b>Ölleinsamen Chemierohstoffe</b>	40	44	53	14	15	16	135	137	122
<b>Sonstige Samen Chemierohstoffe</b>	42	48	55	20	22	23	193	205	175
<b>Sonstige Öle Energie/Strom</b>	17	17	17	6	6	5	58	55	41
<b>Summe (exklusive Stroh)</b>	6 937	22 361	51 580	1 053	1 919	2 843	11 184	17 873	21 794
<b>Summe (inklusive Stroh)</b>	6 937	22 361	59 880	1 053	1 919	3 417	11 184	17 873	22 000
<b>Summe (inkl Stroh u. Arzneipflanzen)</b>	6 962	22 393	59 939	1 063	1 931	3 435	11 544	18 313	22 644

Quelle: NUSSER et al., 2007 (Datenbasis: Ergebnisse Modell ProLand, 2006) Werte Stroh und Arznei-/Heilpflanzen sind außerhalb des Modells ProLand auf Basis von KTBL-Daten berechnet



#### 4. Netto-Beschäftigungseffekte 2010 und 2020

Neben positiven Beschäftigungseffekten aus dem Zuwachs beim NAWARO-Anbau und der industriellen Weiterverarbeitung (Brutto-Beschäftigungseffekt) entstehen negative Arbeitsplatzwirkungen, u.a. auf Grund der Substitution von fossilen Energieträgern oder kompensatorischen Effekten und Budgeteffekten. So müssen z.B. die Mehrkosten, die die Bereitstellung/Verwendung von NAWARO-Produkten gegenüber traditionellen Produkten mit sich bringt (z.B. Mehrkosten bei Biokraftstoffen) gesamtwirtschaftlich durch Minderausgaben an anderer Stelle (u.a. sinkende private Konsumausgaben) kompensiert werden. Gleichzeitig wurden die durch den Zuwachs des NAWARO-Einsatzes vermiedenen Ausgaben und Investitionen zur Bereitstellung der substituierten fossilen Energieträger und Werkstoffe und die damit verbundenen negativen Beschäftigungseffekte berücksichtigt. Die Differenzen aus den positiven Brutto-Beschäftigungseffekten (Tabelle 2) und den negativen Beschäftigungseffekten werden als Netto-Beschäftigungseffekte bezeichnet.

Positive Nettoeffekte werden z.B. durch eine Imports substitution der hochgradig importierten fossilen Rohstoffe (z.B. Öl) durch heimisch basierte NAWARO begünstigt. Wenn die NAWARO-Pflanzen oder die NAWARO-Zwischen-/Endprodukte jedoch auch importiert werden, treten diese positiven Nettoeffekte nicht auf. In welchem Ausmaß der NAWARO-Einsatz zu einer Steigerung der Netto-Beschäftigung führt, hängt zudem 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.

Die Netto-Beschäftigungseffekte in Tabelle 5 spiegeln den Zuwachs im Einsatz von NAWARO gegenüber 2004 wider. Insgesamt sind die Netto-Beschäftigungseffekte leicht positiv und nehmen im Zeitablauf von unter 2 000 zusätzlichen Beschäftigten 2010 auf etwa 12 000 zusätzliche Beschäftigte 2020 zu.

Die Werte in den einzelnen Verwendungsbereichen können wie folgt erklärt werden:

- Die leicht negativen Effekte bei biogenen Kraftstoffen 2010 ergeben sich daraus, dass Biodiesel und Bioethanol zu 40 % importiert und damit große Teile der landwirtschaftlichen und industriellen Wertschöpfungsprozesse nicht in Deutsch-

land beschäftigungswirksam werden. Zudem entstehen Mehrkosten (höhere Kraftstoffpreise bzw. Steuerminder-einnahmen), die den privaten Konsum schmälern. Der Anstieg 2020 entsteht einmal dadurch, dass Öl im Zeitablauf teurer wird und sich damit die gesamtwirtschaftliche Mehrkostenbelastung durch biogene Kraftstoffe vermindert. Des Weiteren gewinnt BTL an Bedeutung, bei dem annahmegemäß keine NAWARO-Zwischen/Endprodukte und NAWARO-Pflanzen importiert werden.

- Der Verwendungsbereich Energie/Strom wird durch die Entwicklung beim Biogas determiniert. Trotz eines Rückgangs der Konsumausgaben auf Grund gestiegener Kosten der Strombereitstellung kommt es aufgrund erheblicher Imports substitutionseffekte (insbesondere geringere Ölimporte) zu Beschäftigungssteigerungen.
- 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 Vorleistungsgüter und NAWARO-Zwischenprodukte (z.B. Fette und Öle) aus dem Ausland ersetzt. Ähnliches gilt bei den Werkstoffen (z.B. bei Chemie-Dämmstoffen). Damit werden landwirtschaftliche und industrielle Wertschöpfungsprozesse nicht bzw. nur zu geringen Teilen in Deutschland beschäftigungswirksam.

Die leicht positiven Netto-Beschäftigungseffekte belegen, dass international wettbewerbsfähige NAWARO-Technologien und NAWARO-Produkte nicht nur aus Gründen der Versorgungssicherheit positiv einzustufen sind, sondern auch Arbeitsplätze sichern und schaffen können. Dies ist

**Tabelle 5. Netto-Beschäftigungswirkungen 2010 und 2020 gegenüber 2004**

	Netto-Beschäftigungswirkung in 2010 * (in Tsd. Erwerbstätige)	Netto-Beschäftigungswirkung in 2020 * (in Tsd. Erwerbstätige)
<b>NAWARO insgesamt</b> (Summe 1-4)	<b>1,6</b>	<b>12,1</b>
<b>1. Biogene Kraftstoffe</b>	<b>- 1,2</b>	<b>7,8</b>
- Biodiesel/RME	- 0,2	0,7
- Bioethanol	- 1,0	- 0,6
- BTL	-	7,7
<b>2. Energie/Strom aus Biomasse**</b>	<b>2,5</b>	<b>3,5</b>
- Strom sonstige NAWARO	0,1	0,1
- Strom/Wärme Biogas	2,4	3,4
<b>3. Chemierohstoffe</b>	<b>- 0,2</b>	<b>- 0,2</b>
- Basisstoffe (insb. Fette/Öle, Stärke, Zucker)***	- 0,1	- 0,1
- Farben und Lacke	0,0	0,0
- Biogene Schmierstoffe	0,0	0,0
- Phytopharmaka	- 0,1	0,0
- Naturkosmetik	0,0	- 0,1
<b>4. Werkstoffe**</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>
- Verpackungsprodukte	0,2	0,6
- Formteile/Faserverbundstoffe	0,3	0,4
- Textilien	0,0	0,0
- Dämmstoffe	0,0	0,0

\* inklusive direkt Beschäftigte in der deutschen Landwirtschaft

\*\* Holz Forstwirtschaft als NAWARO-Input wurde nicht berücksichtigt (s. vorige Abschnitte).

\*\*\* exkl. Basisstoffe Farben u. Lacke, biogene Schmierstoffe, Phytopharmaka, Kosmetika

Quelle: Nusser et al., 2007 (Berechnungen Fraunhofer ISI, 2006)

vor dem Hintergrund einer zunehmenden Verlagerung von „konventionellen“ industriellen Produktionsarbeitsplätzen nach Osteuropa und Asien zu sehen; durch diese Verlagerungen könnten nämlich Arbeitsplätze verlorengehen, u.U. in der Größenordnung der hier ausgewiesenen Brutto-Beschäftigungseffekte. Verglichen mit einer derartigen „Referenzentwicklung“ können bereits geringe Netto-Beschäftigungseffekte positiv bewertet werden.

## 5. Modellergebnisse für die Sensitivitätsanalysen

Mittels Sensitivitätsuntersuchungen für das Jahr 2020 wurde der Einfluss wichtiger Parameter untersucht. Die Ergebnisse zeichnen folgendes Bild (Abbildung 2):

**Import-Szenario 2020:** Hierbei wurde unterstellt, dass ein freier Welthandel im Agrarbereich in 2020 zu deutlich höheren Importen an NAWARO-Pflanzen führt. Es wurde angenommen, dass alle transportwürdigen Pflanzen zu 100 % importiert werden. Mit ca. 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.

**Hochpreis-Szenario 2020:** In diesem Extremszenario wurde ein Anstieg des realen Ölpreises auf 120 US-\$/Barrel (+166 % gegenüber dem Basisszenario 2020) sowie ein Anstieg der realen Agrarpreise in Höhe von durchschnittlich etwa 50 % bis 2020 angenommen. Vereinfachend wur-

de das NAWARO-Nachfragemengengerüst aus dem Basisszenario unterstellt, da das Ziel war, die Effekte einer zunehmenden preislichen Wettbewerbsfähigkeit von NAWARO-Produkten herauszuarbeiten. Die Analysen konzentrierten sich auf die Auswirkungen auf die Netto-Beschäftigung. 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 deutlich an Bedeutung verlieren.

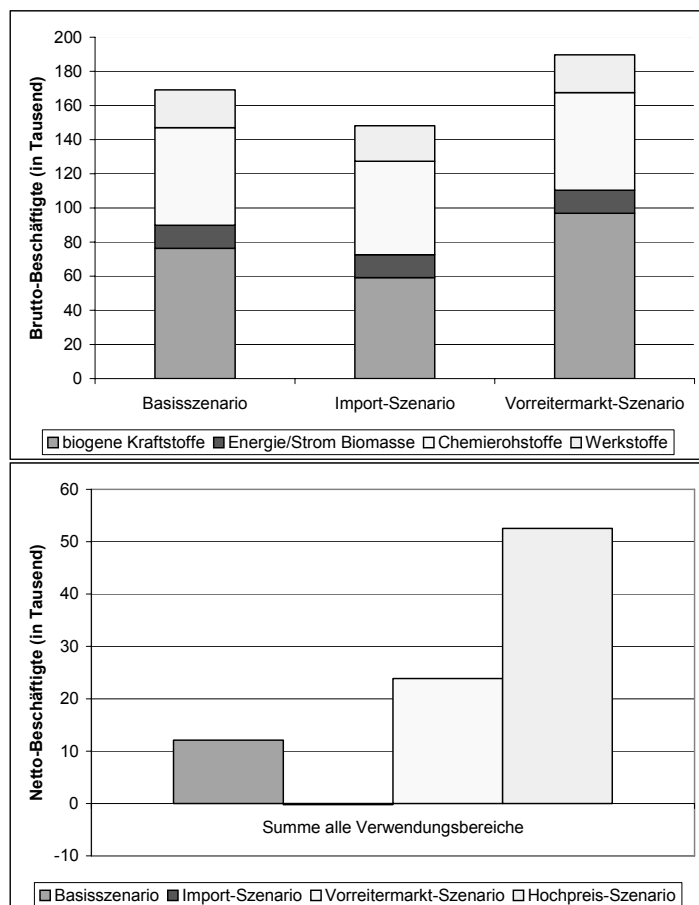
**Vorreitermarkt-Szenario 2020:** Hier wurde angenommen, dass Deutschland bei BTL eine herausragende Wettbewerbsstellung erringt, was zusätzliche Exporte an BTL (inkl. Investitionsgütern zur Errichtung von BTL-Anlagen) impliziert; es wurde ein zusätzlicher BTL-Export in Höhe von 50 % des nicht-deutschen EU-Marktes an BTL-Kraftstoffen unterstellt. 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. Zudem wurde berechnet, was zusätzliche Exporte von NAWARO-Investitionsgütern (z.B. Anlagen und Maschinen) bewirken: Jede Steigerung der Exportnachfrage von NAWARO-Investitionsgütern in Höhe von 100 Mio. Euro generiert zusätzliche 1 500 direkte und indirekte Arbeitsplätze. Die Berechnung der mit diesem Effekt verbundenen absoluten Beschäftigungswirkungen würde eine Quantifizierung der

induzierten Technologieexporte voraussetzen, die im Rahmen der Studie von NUSSE et al. (2007) nicht vorgenommen werden konnte. Ein Blick auf die Entwicklung der Wind- und Sonnenenergie als Vergleichstechnologie zeigt aber das erhebliche Beschäftigungspotenzial dieses Effektes. So exportierte Deutschland nach Angaben der UN-COMTRADE-Datenbank im Jahr 2006 Windkraftanlagen und Photovoltaikzellen im Wert von ca. 2 500 Mio. Euro.

Eine Strategie des NAWARO-Ausbaus ist daher 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 Ausgestaltung einer NAWARO-Aufbastrategie ist die Herausbildung von Vorreitermarkt-Stellungen und dadurch möglich werden der erheblicher Exporterfolge. Sie erfordern eine Integration von NAWARO-Anbau und Umwandlung in komplexe und nicht einfach ins Ausland verlagerebare Leistungsverbünde in den Bereichen Forschung, Entwicklung und Produktion. Eine derartige Strategie geht damit über den Landwirtschaftssektor weit hinaus und erfordert einen ressortübergreifenden Politikansatz. Nutzt Deutschland derartige Vorreitermarkt-Potenziale, so sind zukünftig erhebliche Beschäftigungspotenziale im Zusammenhang mit dem Anbau und der industriellen Weiterverarbeitung von nachwachsenden Rohstoffen möglich.

Abbildung 2. Überblick Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen im Jahr 2020



Quelle: NUSSE et al., 2007 (Berechnungen Fraunhofer ISI, 2006)

## Literatur

- FAPRI (Food and Agricultural Policy Research Institute) (2006): U.S. and World Agricultural Outlook 2006.
- MEÓ et al. (2006): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. FNR-Projekt, Gülzow. <http://www.fnr.de> (unter Literatur).
- NUSSER, M., P. SEYDEL, P. SHERIDAN, R. WALZ und S. WYDRA (2007): Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung nachwachsender Rohstoffe. FNR-Projekt, Gülzow. <http://www.isi.fhg.de/t/projekte/umwelt-d-rt-Makro-NWR.htm>.
- KAMMEN, D. et al. (2004): Putting Renewables to Work: How Many Jobs Can the Clean Energy Industry Generate? Report of the Energy and Resources Group of the University of California, Berkeley, April 2004.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2002-2005): Betriebsplanung Landwirtschaft. Darmstadt.
- KUHLMANN, F. (2006): Regulierung für die Landnutzung. In: Neue Landwirtschaft 7/2006: 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.
- OECD (2005): Agricultural Outlook 2005-2014.
- ÖKO et al. (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Darmstadt.
- STAIB, F. et al. (2006): Erneuerbare Energien: Arbeitsplatzeffekte. Bericht für das Bundesumweltministerium, Berlin.
- WALZ, R. (2006): Increasing Renewable Energy in Europe – impacts on competitiveness and lead markets. In: Energy & Environment 17 (6): 951-975.
- (2004): Gesamtwirtschaftliche und strukturelle Auswirkungen nachwachsender Rohstoffe. Arbeitspapiere Nr. A 5-04. Fraunhofer ISI, Karlsruhe.
- (2001): Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Operationalisierung, Präzisierung der Anforderungen und Politikfolgenabschätzung. Habilitationsschrift, Universität Freiburg.
- WALZ, R., C. NATHANI, J. SCHLEICH und S. SCHWERMER (2004): Wie nachhaltig sind Kreislaufwirtschaftsstrategien? In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 15/16 (2): 256-272.
- WEINMANN, B., J.O. SCHROERS und P. SHERIDAN (2006): Simulating the effects of decoupled transfer payments using the land use model ProLand. In: Agrarwirtschaft 55 (5/6): 248-256.
- ZEDDIES, G. (2006): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Förderung regenerativer Energien, insbesondere von Biomasse – Eine kritische Beurteilung vor dem Hintergrund modelltheoretischer Konzeptionen. In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht 2/2006: 183-205.

Kontaktautor:

**DR. MICHAEL NUSSER**

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Breslauer Str. 48, 76139 Karlsruhe

Tel.: 07 21-6809 336, Fax: 07 21-68 09 315

E-Mail: michael.nusser@isi.fraunhofer.de