

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,  
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Förderkennzeichen 205 93 153  
UBA-FB 001311

**Zusammenfassung und Auswertung des  
Umweltbundesamtes**

zum Band Texte 34/2009

**Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende  
Rohstoffe**

**Optionen einer nachhaltigen Flächennutzung und Ressourcen-  
schutzstrategien unter besonderer Berücksichtigung der  
nachhaltigen Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen**

von

**Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie**

Forschungsgruppe 3: Stoffströme und Ressourcenmanagement  
Dr. S. Bringezu (Projektleitung), Dr. H. Schütz, Dr. P. Schepelmann,  
U. Lange

Forschungsgruppe 4: Nachhaltiges Produzieren und Konsumenten  
J. von Geibler, K. Bienge, Dr. K. Kristof

Forschungsgruppe 1: Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen  
K. Arnold, F. Merten, Dr. S. Ramesohl, Dr. M. Fischedick

**Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik**  
P. Borelbach, Dr. S. Kabasci, C. Michels

**IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg**  
Dr. G. A. Reinhardt, S. Gärtner, N. Rettenmaier, J. Münch

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

**UMWELTBUNDESAMT**

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter  
[http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3861](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3861)  
verfügbar. Hier finden Sie auch den vollständigen Band Texte  
34/2009.

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

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

Dessau-Roßlau, Oktober 2009

## **Inhalt**

<b>1.</b>	<b>HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>AUFBAU DER UNTERSUCHUNG UND METHODISCHE VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>WICHTIGE ERGEBNISSE DES PROJEKTS .....</b>	<b>5</b>
3.1	Biomasseverwendung aus forstwirtschaftlichen Erzeugnissen und Flächenbedarf.....	5
3.2	Biomasseverwendung aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen, Flächenbedarf und Umweltauswirkungen .....	6
3.3	Empfehlungen für Maßnahmen und Instrumente.....	16
<b>4</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DER SICHT DES UMWELTBUNDESAMTES .....</b>	<b>18</b>

## 1. HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG

Angesichts hoher Emissionen an Treibhausgasen und des drohenden Klimawandels, der zunehmenden Nachfrage nach nicht-erneuerbaren Rohstoffen für energetische und stoffliche Nutzungen und abnehmender Versorgungssicherheit wollen Deutschland und die Europäische Union den Ausstoß an Klimagasen reduzieren und die Versorgungssicherheit verbessern. Einen wichtigen Beitrag soll dabei der Ausbau erneuerbarer Energien, vor allem der verstärkte Anbau und die Nutzung von Biomasse, leisten.

Der Einsatz nachwachsender Rohstoffe (NAWARO) für energetische und stoffliche Nutzungen gewinnt in Deutschland und weltweit kontinuierlich an Bedeutung, gleichzeitig wächst der Bedarf an Anbauflächen.

Ein verstärkter Anbau von Biomasse in Deutschland wird durch den Umstand erschwert, dass die für die Biomasseerzeugung geeignete Fläche – vor allem fruchtbare Ackerland – durch Zersiedelung und Bodenversiegelung immer mehr abnimmt. Weltweit wächst der Druck zur Ausweitung der landwirtschaftlichen Flächen für die Ernährung der global wachsenden Bevölkerung und die Versorgung mit NAWARO zu Lasten natürlicher Ökosysteme.

Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung muss eine dauerhaft umweltgerechte Flächenutzung ermöglicht werden, die den Erfordernissen der energetischen und stofflichen Versorgung durch NAWARO gerecht wird und die zukünftige Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung nicht gefährdet. Vor diesem Hintergrund war es Ziel dieses Projekts, Perspektiven und Handlungsmöglichkeiten zur Förderung einer nachhaltigen Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Flächen unter Berücksichtigung des Ressourcenschutzes und der Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland aufzuzeigen.

## 2. AUFBAU DER UNTERSUCHUNG UND METHODISCHE VORGEHENSWEISE

Die Studie leitet in ihrem ersten Teil die Potenziale einer zukünftigen Nutzung nachwachsender Rohstoffe für die wichtigsten energetischen und die stofflichen Verwendungen in Deutschland anhand zweier unterschiedlicher Business-as-usual (BAU) Szenarien ab. Der Untersuchungsschwerpunkt liegt dabei auf dem Einsatz von Anbaubiomasse aus der Landwirtschaft, darüber hinaus bezieht die Studie in die Szenarien auch Potenziale aus der Forstwirtschaft sowie Reststoffe und Abfälle ein.

### ***Verbrauch von Biomasse und Flächenbedarf - Business as usual***

Die beiden BAU-Szenarien beschreiben jeweils detailliert die unterstellte Marktentwicklung und berechnen das erforderliche Gesamtaufkommen an Biomasse aus land- und forstwirtschaftlicher Produktion **für den inländischen Konsum** nachwachsender Rohstoffe für die Jahre 2010, 2020 und 2030. Die Studie differenziert nach den wichtigsten energetischen und stofflichen Verwendungsbereichen nachwachsender Rohstoffe sowie nach Herkunft der Biomasse aus inländischen Quellen oder aus Importen.

Die Studie unterstellt dabei, dass die land- und forstwirtschaftlich **genutzte** Fläche ab dem Jahr 2006 in etwa konstant bleibt, während das künftige Wachstum der Siedlungs- und

Verkehrsflächen um 0,43 Mio. Hektar bis zum Jahr 2030 in der Gesamtbilanz im Wesentlichen zulasten **ungenutzter** Landwirtschaftsflächen sowie zulasten sog. „Flächen anderer Nutzung“<sup>1</sup> geht – eine eher optimistische Annahme, die allerdings die grundlegenden Ergebnisse dieser Studie nicht infrage stellt.

Das BAU I-Szenario unterstellt eine konservativ-realistische, das BAU II- Szenario eine gleichfalls noch realistische – jedoch gegenüber BAU I – leicht erhöhte Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland. Die Spannweite zwischen den beiden Szenarien stellt den Entwicklungskorridor dar, in dem unter den heute wirksamen Rahmenbedingungen und Trends die Entwicklung der wichtigsten Biomasse-Segmente voraussichtlich stattfinden würde.

Die BAU-Szenarien beruhen auf der Auswertung einer Vielzahl thematisch einschlägiger Daten und Untersuchungen zur Marktfähigkeit biomassebasierter Produkte und zur Entwicklung der Nachfrage nach nachwachsenden Rohstoffen. Sie berücksichtigen die Umsetzung der bestehenden rechtlichen Regelungen und die aktuellen politischen Zielvorgaben für den Einsatz von Biomasse.

Die BAU-Szenarien berücksichtigen zudem die künftig zu erzielenden Ertragssteigerungen der landwirtschaftlichen Produktion. Die Entwicklung der landwirtschaftlichen Hektarproduktivitäten in der konventionellen Landwirtschaft ermittelten die Gutachter durch eine Expertenbefragung. Eine Sensitivitätsanalyse zeigt zudem, wie sich unterschiedliche Hektarproduktivitäten auf den globalen Flächenbedarf auswirken.

Die inländischen Flächenpotenziale für den Anbau von Biomasse schätzt die Studie im Gesamtkontext der künftigen Entwicklung aller Hauptnutzungen, insbesondere auch der Nahrungsmittelproduktion. Sie untersucht und berücksichtigt dabei die Flächenpotenziale für den Anbau von Biomasse im Inland unter der Annahme wachsender Flächenproduktivitäten einerseits und verschiedener Trends der Zunahme des ökologischen Landbaus andererseits und betrachtet auch die Flächenbelegung durch Freiland-Photovoltaikanlagen.

Die Steigerung der Hektarproduktivitäten bis 2030 in den BAU-Szenarien haben die Gutachter auf Basis einer eigenen Expertenbefragung erhoben. Im Ergebnis liegen die Steigerungsraten deutlich unter den Werten, die in früheren Potenzialstudien angenommen wurden, und die als Grundlage der aktuellen Förderpraxis dienten. Dies bedeutet, dass bei höherem Einsatz von Biomasse – insbesondere von Kraftstoffen der 1. Generation – künftig eine stärkere Ausdehnung der globalen intensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Fläche erforderlich sein könnte als bislang angenommen. Dies würde vor allem zu Lasten von natürlichen Ökosystemen wie tropischem Regenwald und Savannen geschehen und die biologische Vielfalt massiv gefährden.

Auf dieser Basis berechnet die vorliegende Studie die Flächenbelegung land- und forstwirtschaftlicher Nutzflächen, die sich im Inland und im Ausland aus dem Einsatz der

---

<sup>1</sup> „Flächen anderer Nutzung“ ist eine Kategorie lt. Flächenstatistik für Flächen im Außenbereich, die nicht land- oder forstwirtschaftlich genutzt werden (z.B. (Truppen)Übungsplätze, historische Ruinen, Schutzgebiete oder „Unland“, d.h. nicht nutzbare Flächen, z.B. ehemalige Truppenübungsplätze, Felsen)

nachwachsenden Rohstoffe für energetische und für stoffliche Nutzungen in Deutschland heute ergibt und bis zum Jahr 2030 ergeben könnte. Durch die Einbeziehung des mit dem Außenhandel aller auf Biomasse basierenden Waren verbundenen Flächenbedarfs ermittelt die Studie darüber hinaus die für die Deckung des Biomasseeinsatzes im Inland für Ernährung und für stoffliche und energetische Verwendungen insgesamt weltweit benötigte Fläche.

Dabei betrachtet die Studie im Hinblick auf Landwirtschaftsflächen sowohl die benötigten **Brutto-Produktionsflächen** als materielle Basis für die Erzeugung von NAWARO als auch die verursachergerecht den NAWARO anzulastenden **Netto-Konsumflächen**, d.h. die resultierenden Flächen nach Abzug von Flächen für Neben- und Koppelprodukte<sup>2</sup>).

Als zentrales Kriterium für die Bewertung der sozialen Verträglichkeit der in globalem Maßstab belegten Netto-Konsum-Flächen zieht die Studie die heute und in Zukunft pro Kopf der Weltbevölkerung zur Verfügung stehende landwirtschaftlich intensiv bewirtschaftete Nutzfläche (Ackerland und Dauerkulturen) heran.

### ***Landnutzungsänderungen und Treibhausgasemissionen***

Anschließend untersucht und beurteilt die Studie, welche Folgen sich bei BAU-Entwicklung für die Umwelt, insbesondere für die Emission von Treibhausgasen, ergeben könnten.

Für die in den BAU-Szenarien dargestellten Entwicklungspfade zeigt die Studie auf, welcher Effekt sich für die Verminderung von Treibhausgasen (THG) und nicht erneuerbarem Energieaufwand (KEAerschöpflich) bei Verwendung von Bioenergie aus Anbaubiomasse gegenüber einer fossilen Variante ergibt. Dabei schätzt die Studie die Menge an Treibhausgasemissionen, die sich bei den BAU-Entwicklungen durch den Mehrbedarf an Biomasse ergeben würde:

- **erstens** unter der Annahme, dass der Anbau nur auf bereits vorhandenen Landwirtschaftsflächen stattfindet. Dies ergibt in der Regel eine **Einsparung** an Treibhausgasemissionen (**Bruttoeffekt**);
- **zweitens** unter der Annahme, dass der Biomassebedarf durch eine Ausweitung der globalen Ackerfläche Landnutzungsänderungen zu Lasten natürlicher Ökosysteme in tropischen Regionen gedeckt wird. Dabei können **zusätzliche** Treibhausgasemissionen infolge der Landnutzungsänderung die o. g. Einsparung an Treibhausgasemissionen teilweise oder gänzlich kompensieren, u. U. sogar für einen längeren Zeitraum überkompensieren (**Nettoeffekt**)

---

<sup>2</sup> Neben und Koppelprodukte beim Anbau nachwachsender Rohstoffe, z.B. Tierfutter, reduzieren in der Gesamtbilanz den Bedarf an Anbaufläche für die explizite Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Diese Flächenersparnis ist bei einer verursachergerechten Anlastung der Flächenbelegung von der Brutto-Produktionsfläche abzuziehen (Netto-Konsumfläche). Da bei den meisten auf dem Acker nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere bei Kraftstoffen der ersten Generation, in erheblichem Umfang Neben- und Koppelprodukte anfallen, beträgt die Netto-Konsum-Fläche für nachwachsende Rohstoffe nur etwas mehr als die Hälfte der Brutto-Produktionsfläche für nachwachsende Rohstoffe.

## ***Alternativszenarien***

Im zweiten Teil entwickelt und analysiert die Studie alternative Szenarienelemente hinsichtlich ihres jeweiligen Beitrags zur Verminderung des Flächenbedarfs und der Treibhausgase sowie Handlungsansätze für eine – im Vergleich zur BAU-Entwicklung – nachhaltigere Flächennutzung. Dazu gehören:

- Ausbau der Produktion von Biogas aus der Nutzung von Ganzpflanzen anstatt von Biokraftstoffen der ersten Generation,
- Ackerbau statt Viehzucht,
- Photovoltaik statt Biomasse,
- Verminderung des Konsums tierischer Nahrungsmittel,
- Steigerung der Material- und Energieeffizienz durch Verminderung des Anteils nicht verwerteter Lebensmittel in Haushalten und im Handel,
- Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der CO2-Emissionen der Personenkraftwagen.

## ***Handlungsempfehlungen***

Basierend auf diesen Analysen und der Bewertung des für das Thema relevanten Instrumentariums unterbreitet die Studie abschließend Handlungsempfehlungen für die Steuerung einer klima- und ressourcenschonenden Nutzung der Landwirtschaftsflächen sowie einer im globalen Kontext angemessenen Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland.

## ***Sach- und Diskussionsstand als Grundlage der Ergebnisse dieses Berichtes***

Das UBA stellte im Oktober 2007 die vorläufigen Endergebnisse des Projekts externen Experten aus Wissenschaft und Praxis in einem Workshop zur Diskussion. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse sind in den im Januar 2008 vorgelegten Entwurf des Abschlussberichts eingeflossen. Die darin für die Biokraftstoffe dargestellten BAU-Szenarien orientierten sich an den im Jahr 2007 beschlossenen Meseberg-Zielen.

Im April 2008 teilte das Bundesumweltministerium mit, dass künftig angestrebt werde, die Biokraftstoffquote für Ethanol nicht über 5 %-Volumen zu steigern. Daher haben die Gutachter in einem weiteren Arbeitsschritt die Daten für dieses Segment aktualisiert, die BAU-Szenarien und die hiermit verknüpften Analysemodelle angepasst und in den vorliegenden Bericht eingearbeitet.

### **3. WICHTIGE ERGEBNISSE DES PROJEKTS**

#### **3.1 Biomasseverwendung aus forstwirtschaftlichen Erzeugnissen und Flächenbedarf**

In der Gesamtbilanz ist Deutschland der Studie zufolge im Hinblick auf die Eigenversorgung mit Holzrohstoffen und Holzprodukten heute noch autark, denn Deutschland exportiert in diesem Sektor ebensoviel Biomasse, wie es importiert. Positiv wirkt sich dabei vor allem die Altpapiersammlung und Verwertung aus, die dazu führt, dass der Netto-Papier-Verbrauch in Deutschland zu ca. drei Vierteln aus Altpapier gedeckt werden kann. Die durch den deutschen Eigenverbrauch belegte Waldfläche entspricht mit rund 10,1 Mio. Hektar in etwa der im Inland vorhandenen Waldfläche.

Zu bedenken ist jedoch, dass Deutschland und sein produzierendes und verarbeitendes Gewerbe eine bedeutende Durchgangsstation für Holz, Holzprodukte, Zellstoffe und Papier ist. Die Menge der zusätzlich nach Deutschland zwecks Verarbeitung importierten und danach wieder exportierten holzbasierten Produkte fußt laut einer im vorliegenden Bericht ausgewerteten Studie rein rechnerisch auf einer Waldfläche von 13,2 Mio. Hektar, die die deutsche Produktion zusätzlich im Ausland belegt. Die global durch deutsche Aktivitäten belegte Waldfläche von 23,3 Mio. Hektar ist somit mehr als doppelt so groß, wie die gesamte in Deutschland vorhandene Waldfläche von 10,1 Mio. Hektar. Obwohl die Endprodukte wieder exportiert werden, trifft Deutschland und die Holz verarbeitende Industrie als „Zwischenhändler“ von Holz, Holzprodukten und Papier damit eine Mitverantwortung, falls die Wälder in den Erzeugerländern nicht nachhaltig bewirtschaftet oder gar vollständig abgeholt werden und dadurch vermehrt Treibhausgase und Schäden für die biologische Vielfalt entstehen.

Die Datenlage ermöglichte keine belastbaren quantitativen Aussagen zum künftigen Flächenbedarf für den Konsum forstwirtschaftlicher Produkte in Deutschland. Nach den Berechnungen des aktuellen und des künftigen Holzrohstoffaufkommens und des Verbrauchs auf der Basis vorhandener Szenarien ist jedoch davon auszugehen, dass die Verwendung von Rohholz das Rohholzaufkommen im Inland bereits heute übertrifft und die Differenz zwischen beiden Größen steigen wird.

Die Gutachter erwarten, dass die inländische Nachfrage nach Rohholz für energetische, aber auch für stoffliche Zwecke, bis zum Jahr 2030 erheblich wächst, das inländische Rohholzaufkommen in diesem Zeitraum sich jedoch nur leicht steigern lässt. Bei einer deutlich steigenden Biomassenachfrage für den inländischen Konsum forstwirtschaftlicher Produkte, insbesondere wachsender stofflicher und energetischer Einsatz von Holz und Holzprodukten, ist zu erwarten, dass der Bedarf künftig über Importe gedeckt wird. Deutschland würde damit zum Netto-Importeur von Holzprodukten und der dafür benötigten Waldflächen.

### 3.2 Biomasseverwendung aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen, Flächenbedarf und Umweltauswirkungen

#### *Ergebnisse der Business-as-usual (BAU)-Szenarien für den Flächenbedarf*

In der nachfolgenden **Tabelle 1** ist für die beiden BAU-Szenarien der Bedarf an landwirtschaftlichen Brutto-Produktionsflächen sowie die verursachergerechte Belegung von Flächen durch den Konsum von NAWARO im Vergleich dargestellt:

**Tabelle 1: Globale Flächenbelegung für die Produktion der in Deutschland konsumierten nachwachsenden Rohstoffe von Landwirtschaftsflächen**

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

#### *Brutto-Produktionsflächen*

Der globale landwirtschaftliche Flächenbedarf für die Erzeugung der Biomasse (Brutto-Produktionsfläche) für alle energetischen und stofflichen Nutzungen in Deutschland würde sich unter BAU I-Bedingungen von etwa 3,9 Mio. Hektar im Jahr 2006 auf 11,6 Mio. Hektar (BAU II 12,1 Mio. Hektar) im Jahr 2030 erhöhen (**Tabelle 1**). Diese Fläche entspräche rein rechnerisch der gesamten im Jahr 2030 in Deutschland verfügbaren Fläche für Ackerland und Dauerkulturen (**Tabelle 2**).

Die BAU-Entwicklung läuft vor allem auf eine deutliche Erhöhung der Nutzung von Biokraftstoffen der ersten Generationen hinaus. Dabei wäre der weitaus größte Anteil an der Zunahme der Flächenbelegung von 2006 bis 2030 (82 % bei BAU I; 79 % bei BAU II) auf die Steigerung des Einsatzes von Anbaubiomasse für die Biokraftstoffe Biodiesel, Pflanzenöl und Bioethanol zurückzuführen (**Tabelle 2**).

**Tabelle 2: Globaler Flächenbedarf für Biokraftstoffe nach BAU I und II sowie Vergleich mit der inländischen Fläche für Ackerland und Dauerkulturen**

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

Weil der Biokraftstoffbedarf im Jahr 2030 nur zu etwa einem Fünftel durch inländischen Anbau gedeckt werden könnte, würde vor allem der erhöhte Anteil an Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch in Deutschland zu einer Ausweitung der globalen Flächenbelegung führen. Betrachtet man allein die für die Erzeugung von Biodiesel erforderliche Fläche, so würden hierfür im Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 2006 global zusätzlich 5,6 (BAU I) bis 4,9 (BAU II) Mio. Hektar gebraucht (Tabelle 2).

Daneben tragen Biogas für die Strom- und Wärmeerzeugung sowie die Verstromung von Pflanzenölen zum wachsenden Flächenbedarf bei. Der Einsatz an Biomasse für stoffliche Nutzungen würde im Jahr 2030 jedoch nur rund ein Zehntel der gesamten Landwirtschaftsflächen für NAWARO beanspruchen (Tabelle 3 und Tabelle 4).

**Tabelle 3: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe - Brutto-Produktionsfläche; BAU I Szenario**

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

**Tabelle 4: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe - Gesamteffekt der BAU-Szenarien (Brutto-Produktionsfläche)**

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

Sowohl im Inland als auch im Ausland müssten die Flächen für die Produktion von NAWARO somit deutlich ausgeweitet werden.

Im Inland würden im Jahr 2030 unter BAU I-Bedingungen real (d.h. Brutto-Produktionsfläche) 3,29 Mio. Hektar (3,73 Mio. Hektar bei Bau II) oder etwa ein Viertel des Ackerlandes für den Anbau von NAWARO belegt. Im Jahr 2006 waren es noch 1,83 Mio. Hektar oder 15% des Ackerlandes.

Die Aussage zu den im Inland für NAWARO verfügbaren Flächen leitet die Studie folgendermaßen ab: Durch Ertragssteigerungen von 1 % pro Jahr werden – ceteris paribus – bis zum Jahr 2030 insgesamt mehr als 4 Mio Hektar Fläche, die heute noch der Produktion

von Nahrungs- oder Futtermitteln im Inland dienen, für andere Verwendungsarten frei. In den BAU-Szenarien unterstellen die Gutachter für die Flächennutzung in Deutschland, dass die gesamte, durch den Zuwachs der Flächenproduktivitäten frei gewordene, Landwirtschaftsfläche künftig dazu verwendet wird

- erstens den Anteil der Flächen für den ökologischen Landbau in etwa zu verdoppeln,
- zweitens die Flächen für den zusätzlichen Export von Nahrungsmitteln um weitere 0,46 Mio Hektar (BAU II) bis 0,83 Mio. Hektar (BAU I) zu vermehren
- drittens die Fläche für nachwachsende Rohstoffe auszuweiten.

Unter diesen Randbedingungen wäre es somit möglich, in Deutschland bis zum Jahr 2030 die Brutto-Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe für die energetische und stoffliche Nutzung gegenüber 2006 fast zu verdoppeln.

Im Ausland würde sich die Flächenbelegung durch NAWARO im Jahr 2030 in den BAU-Szenarien zwischen 8,30 und 8,39 Mio Hektar bewegen. Die Importquote bei der Produktion von NAWARO würde somit im BAU I-Szenario 72 % der global für die Produktion von NAWARO benötigten Fläche betragen (69 % BAU II, vgl.

**Tabelle 4).**

#### **Netto-Konsumflächen**

Werden – unter Berücksichtigung von Neben- und Koppelprodukten – die globalen Netto-Konsumflächen betrachtet, so wachsen diese im Bau I-Szenario von 2,1 Mio Hektar im Jahr 2006 auf 6,0 Mio Hektar (BAU II 6,5 Mio Hektar) im Jahr 2030. Dabei entfallen im Jahr 2030 im BAU I-Szenario 14 % der Netto-Konsumfläche für NAWARO auf die stofflichen und 86 % auf die energetischen Nutzungen (**Tabelle 5**).

Im Inland würde die Netto-Konsumfläche unter BAU I-Bedingungen von rund 1,0 Mio Hektar im Jahr 2006 auf 1,7 Mio Hektar (BAU II 2,0 Mio Hektar) anwachsen. Der überwiegende Anteil der durch den künftigen Konsum landwirtschaftlicher Produkte in Deutschland zusätzlich belegten Anbauflächen würde jedoch im Ausland liegen.

Die im Ausland belegte Netto-Konsumfläche für NAWARO würde unter BAU I-Bedingungen von 1,1 Mio Hektar im Jahr 2006 auf 4,3 Mio Hektar (BAU II 4,5 Mio Hektar) im Jahr 2030 anwachsen. Das wäre ein Zuwachs um **ca. 3,3 Mio Hektar**.

Wenn unterstellt wird, dass die globale Nachfrage aus anderen Ländern nach Nahrungs- und Futtermitteln sowie nachwachsenden Rohstoffen nicht abnehmen wird, sondern tendenziell ebenfalls wächst, dann bedeutet dieses Ergebnis, dass die in den BAU-Szenarien stark steigende inländische Verwendung von Biodiesel nur über eine weitere Ausdehnung der intensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Fläche im globalen Maßstab gedeckt werden könnte.

**Tabelle 5: Globaler landwirtschaftlicher Flächenbedarf von Deutschland für nachwachsende Rohstoffe - Netto-Konsum-Fläche - BAU I**

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

### **Globaler Flächenbedarf für den Konsum sämtlicher Agrarprodukte**

Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass Deutschland im Jahr 2004 auf Grund des inländischen Verbrauchs agrarischer Güter für die Ernährung sowie für die stoffliche und energetische Versorgung pro Person etwa 2.500 m<sup>2</sup> intensiv bewirtschaftete landwirtschaftliche Fläche beanspruchte (Netto-Konsumfläche), also etwa 450 m<sup>2</sup> pro Person mehr als in Deutschland selbst zur Verfügung standen.

In globalem Maßstab stehen der Menschheit pro Kopf derzeit etwa 2.500 m<sup>2</sup> Fläche für intensive Landwirtschaft zur Verfügung. Im Jahr 2004 war in Deutschland der Konsum mit landwirtschaftlichen Produkten somit noch mit dem Nachhaltigkeitsziel einer globalen Verteilungsgerechtigkeit vereinbar, wenn die Versorgung auch nicht völlig auf inländischen Flächen gedeckt werden konnte.

Der verstärkte Import von Biokraftstoffen hätte zur Folge, dass die globale Flächenbelegung für den Inlandskonsum aller agrarischen Waren von rund 2.500 m<sup>2</sup> pro Kopf im Jahr 2004 auf rund 2.800 bis 3.000 m<sup>2</sup> pro Person (BAU I, Bevölkerung in Deutschland konstant / BAU II, Bevölkerung in Deutschland leicht schrumpfend) im Jahr 2030 ansteigen würde (**Tabelle 6**).

**Tabelle 6: Globaler Flächenbedarf (Netto-Konsumfläche) in m<sup>2</sup> pro Kopf für den Konsum agrarischer Waren mit und ohne Biokraftstoffe unter BAU I und BAU II Bedingungen im Jahr 2030 sowie Flächenverfügbarkeit im Inland und weltweit.**

Netto-Konsumfläche 2030	BAU I	BAU II
	m <sup>2</sup> pro Kopf	
Globale Fläche für den Konsum in Deutschland	2837	2958
darunter: für Biokraftstoffe	574	477
Global Fläche ohne Biokraftstoffe	2262	2482
Verfügbarkeit im Inland	2160	
Verfügbarkeit weltweit	1988	

Im Gegensatz dazu sinkt im gleichen Zeitraum pro Person die weltweit verfügbare intensiv genutzte Landwirtschaftsfläche auf ca. 2.000 m<sup>2</sup> pro Person – hauptsächlich durch das Wachstum der Weltbevölkerung. Somit würde die erhöhte globale Flächenbelegung durch Deutschland im Jahr 2030 die dann weltweit verfügbare intensiv genutzte Anbaufläche (v. a. Ackerfläche) von ca. 2.000 m<sup>2</sup> pro Person deutlich übersteigen. Dies ist unter dem Aspekt der Verteilungsgerechtigkeit ein Verstoß gegen die Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung.

### ***Umweltwirkungen der Verwendung von agrarischen Rohstoffen***

Die Substitution von fossilen durch nachwachsende Rohstoffe und der Einsatz von Biomasse für energetische und stoffliche Nutzungen können zur Verminderung von Treibhausgasemissionen beitragen. Allerdings können sich je nach verwendeter Kulturpflanze, Anbauverfahren und Landnutzungsänderungen erhebliche Unterschiede bis hin zu Mehrbelastungen ergeben. Die Studie bilanziert die durch Landnutzungsänderungen bedingten THG-Emissionen mit den durch Biokraftstoff in Fahrzeugen erreichbaren Einsparungen an THG-Emissionen (Bruttoeffekt). Dabei unterstellt die Studie, dass der Mehrbedarf an Biodiesel bis 2030 – der aufgrund der begrenzten Fläche in Deutschland im Ausland produziert werden müsste – auf der Basis von Palmöl und Sojaöl gedeckt wird und Flächen entsprechend der aktuellen Trends in Indonesien und Brasilien in Anspruch genommen werden.

### ***Bruttoeffekt***

Die Ergebnisse zeigen, dass – ohne Berücksichtigung von Landnutzungsänderungen – der wachsende Einsatz und Verbrauch von Biokraftstoffen anstelle fossiler Energieträger (Erdöl, Erdgas) bis zum Jahr 2030 die Treibhausgas-Emissionen von Fahrzeugen in der Gesamtbilanz (inklusive Vorketten bei der Kraftstoffherstellung) in einer Größenordnung von mindestens 14,7 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (BAU I) bis 21,9 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (BAU II) verringern könnte.

Im optimistischen Fall könnten Biokraftstoffe bis zum Jahr 2030 sogar 34,4 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalente einsparen (BAU I) oder 46,9 Mio t (BAU II) (vgl. Tabelle 7).

Wird hingegen ausschließlich der Ersatz von konventionellem Dieselkraftstoff durch Pflanzenöle oder durch Biodiesel aus Pflanzenölen betrachtet, so ergibt sich nach dieser Studie eine Ersparnis an Treibhausgasen bis zum Jahr 2030 in einer Größenordnungen

von mindestens 14 Mio t CO2-Äquivalente (BAU I) bis 17 Mio t (BAU II) (s. **Tabelle 8**, Zeile 3 obere Werte).

**Tabelle 7: Komponente 1. ohne Ausweitung der globalen Anbaufläche: Veränderung der Emission von Treibhausgasen in 2030 (Minimal- und Maximalwerte sowie arithmetisches Mittel der Ökobilanzdaten) – BAU I und II**

Einsparung von THP in Millionen Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquiv. In 2030			
BAU I	Min	Max	Mittel
<b>BAU Auswahl</b>	<b>-39.7</b>	<b>-17.8</b>	<b>-25.6</b>
<b>BAU Auswahl: Nur Kraftstoffe</b>	<b>-34.4</b>	<b>-14.7</b>	<b>-21.8</b>
BAU II			
<b>BAU Auswahl</b>	<b>-53.5</b>	<b>-25.8</b>	<b>-35.5</b>
<b>BAU Auswahl: Nur Kraftstoffe</b>	<b>-46.9</b>	<b>-21.9</b>	<b>-30.9</b>

Wird schließlich die gesamte Minderung der Treibhausgasemissionen durch den Einsatz von NAWARO für die stoffliche und energetische Verwertung (soweit diese einer Bewertung zugänglich ist) betrachtet, dann liegt die Emissionsminderung bis zum Jahr 2030 in der mittleren Variante bei 25,6 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (BAU I) oder 35,5 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (BAU II) (s. **Tabelle 7**, rechte Spalte, obere Werte und **Tabelle 8**, Zeile 4 obere Werte)

**Tabelle 8: Übersicht zu den Ergebnissen nach Fragestellung 1 und 2, Bau I und BAU II, und den Nettoeffekten aus Komponente 1 und Komponente 2, sowie Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen**

Deutschland im Jahre 2030			Fragestellung 1		Fragestellung 2	
			a) Bezug: Bruttonproduktionsfläche für Biodiesel		b) Bezug: Nettokonsumfläche Mehrbedarf für agrarische Güter gegenüber 2004	
	BAU I	BAU II	BAU I	BAU II	BAU I	BAU II
1.) Flächenbedarf in Mio. Hektar	7.21	6.88	2.67	3.63		
davon: Palmölanbau Indonesien	0.56	1.09	0.21	0.58		
davon: Sojaanbau Brasilien	6.65	5.79	2.47	3.05		
2.) THG Emissionen absolut aus LUC in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalente (Komponente 2)	a	37	54	14	28	
3.) THG Minderung durch Biodiesel (Komponente 1)	b	-14	-17	-14	-17	
Netto-Effekt THG für Biodiesel	a plus b	23	37	-0	12	
Einsparung ab dem Jahr		2040	2050			
4.) THG Minderung durch Biomasse (Komponente 1)	c	-26	-36	-26	-36	
Netto-Effekt THG für Biomasse	a plus c	12	18	-12	-7	
5.) Sensitivitätsanalysen zu 2.) in Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalente						
5.1. Höherer Anteil Regenwald, Torfbodenanteil bis 2030 nicht ansteigend (Komponente 2)	a.1.	53	64	20	34	
Faktor gegenüber Normalvariante	a.1. / a	1.4	1.2	1.4	1.2	
5.2. BtL auf disponibler Ackerfläche Inland (Komponente 2)	a.2.	17	42			
dgl. minus Einsparung durch Anbau im Inland	a.2.1.	7	36			
5.3. Biodiesel aus Sonnenblumen auf disponibler Ackerfläche Inland (Komponente 2)	a.3.	30	49			
dgl. minus Einsparung durch Anbau im Inland	a.3.1.	27	48			

## **Nettoeffekt**

Landnutzungsänderungen zur Vergrößerung der Anbauflächen führen – vor allem in den Tropen – zu hohen Treibhausgasemissionen. Denn durch (Brand-)Rodung oder Trockenlegung von Sümpfen und durch die Zersetzung der in Sumpf- oder Waldböden gespeicherten organischen Materialien werden in den Jahren danach in großem Umfang Treibhausgase (**THG**) freigesetzt und in die Atmosphäre entlassen.

Bei der Berechnung des Netto-Effektes des Biomasse-Einsatzes auf die Emissionen von Treibhausgasen unter Berücksichtigung von **Landnutzungsänderungen** (Land Use Change, LUC) hängt es auch von der Sichtweise ab, **auf welche Art und Weise** die Emissionen infolge der Landnutzungsänderungen der Produktion von Biomasse und ihren Verwendungen für den Konsum zugerechnet wird.

*Bezug: Brutto-Produktionsflächen (vgl. **Tabelle 8**, Fragestellung 1)*

Die Studie betrachtet zum einen die **Brutto-Produktionsflächen**, die allein für die zusätzliche Herstellung von Biodiesel aus Palmöl oder Soja ab dem Jahr 2004 bis zum Jahr 2030 aus Naturflächen umgewandelt werden müssten. Es geht um Flächen in einer Größenordnung von 7,2 Mio ha (BAU I) bis 6,9 Mio ha (BAU II) (vgl. **Tabelle 8** links, Zeile 1, obere Werte). Die Gutachter berechnen aus dem LUC **zusätzliche** Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 in einer Größenordnung von 37 bis 54 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (vgl. **Tabelle 8** links, Zeile 2).

Als Worst Case (vgl. **Tabelle 8** links, Zeile 3, obere Werte) unterstellt die Studie, dass durch den Einsatz von Biodiesel **ohne LUC** nur 14 bis 17 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalente eingespart werden könnten.

Unter diesen Prämissen würden in der Gesamtbilanz (Nettoeffekt) bis zum Jahr 2030 durch Einsatz von Biodiesel **mit LUC** 23 bzw. 37 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalente **zusätzlich** emittiert im Vergleich zum Einsatz konventioneller Kraftstoffe (vgl. **Tabelle 8** links, Zeile 3, untere Werte). **Falls diese Variante realistisch ist, sollte der verstärkte Einsatz von Biodiesel als Kraftstoff umgehend eingestellt werden.**

Ein etwas weniger vernichtendes aber immer noch negatives Bild ergibt sich, wenn den zusätzlichen Treibhausgasemissionen aus der Vergrößerung der Brutto-Produktionsflächen (vgl. **Tabelle 8** links, Zeile 2) das Minderungspotenzial für Treibhausgase gegenüber gestellt wird. Dieses Minderungspotenzial ergibt sich aus dem gesamten in den Szenarien beschriebenen Einsatz von Biomasse für die stoffliche und energetische Verwertung – soweit diese einer Bewertung zugänglich sind. Bei der mittleren Variante ergeben sich Einsparungen der Treibhausgasemissionen am Fahrzeug von 26 oder 36 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (vgl. **Tabelle 7**, rechte Spalte, jeweils obere Werte, und **Tabelle 8** links, Zeile 4, obere Werte). In der Gesamtbilanz resultieren aus der Verwendung von Biokraftstoffen immer noch Zusatzemissionen bis zum Jahr 2030 von 12 bis 18 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (vgl. **Tabelle 8** links, Zeile 4, untere Werte).

Nur wenn die optimistische Variante für das Treibhausgas-Minderungspotenzial im Hinblick auf den gesamten Einsatz der Biomasse zugrunde gelegt würde (vgl. **Tabelle 7**, linke Spalte, jeweils oberer Wert), ergäbe sich unter Berücksichtigung der Ausweitung der Pro-

duktionsflächen in der Gesamtbilanz bis zum Jahr 2030 eine ausgeglichene oder sogar geringfügig positive Treibhausgas-Bilanz für den Einsatz von Biomasse (*nicht in Tabelle 8 dargestellt*).

**Bezug: Netto-Konsumflächen (vgl. Tabelle 8, Fragestellung 2)**

Zum anderen betrachtet die Studie auch die zusätzliche **Netto-Konsumfläche**, die unter Berücksichtigung von Neben- und Koppelprodukten zur Erzeugung von zusätzlichen landwirtschaftlichen Produkten im Ausland erforderlich ist. Dabei wird angenommen, dass die im Ausland anzurechnende Netto-Konsumfläche zwischen den Jahren 2004 und 2030 in einer Bandbreite von 2,7 bis 3,6 Mio ha wächst (**Tabelle 8** rechts, Zeile 1; vgl. auch den grau unterlegten Wert auf Seite 9).

Werden auf dieser Basis die THG-Emissionen berechnet, die aus dem Netto-Flächen-Mehrbedarf für den Konsum von Palmöl und Sojaöl als Biodiesel anzulasten sind, dann ergeben sich zusätzliche THG-Emissionen alleine aus dem LUC in einer Größenordnung von 14 bis 28 Mio t CO<sub>2</sub>-Äquivalente (vgl. **Tabelle 8** rechts, Zeile 2).

Im pessimistischen Szenario für die Einsparung von THG-Emissionen am Fahrzeug würde sich der Netto-Effekt durch den vermehrten Einsatz von Biodiesel bis zum Jahr 2030 bei einer Einsparung von weniger als 1 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente einpegeln (BAU I). D.h. die Einsparung von THG-Emissionen am Fahrzeug durch Biodiesel würde in etwa durch die Mehremission durch LUC kompensiert. Im Szenario BAU II käme es in der Gesamtbilanz sogar noch zu 12 Mio. t THG-Mehremissionen (vgl. **Tabelle 8** rechts, Zeile 3, untere Werte).

Werden hingegen optimistischere Varianten für die THG-Einsparung am Fahrzeug durch Biodiesel verwendet (vgl. **Tabelle 7**) oder wird die THG-Einsparung durch Verwendung aller Arten von Biomasse betrachtet, so kommt es bei Bezugnahme auf die Netto-Konsumflächen in der Gesamtbilanz zu einer Verringerung der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030. Aber auch hier sollte es – zumindest in den ersten Jahren nach der Landnutzungsänderung – zu Mehremissionen von Treibhausgasen kommen, die erst nach 10 oder 20 Jahren durch den Biomasse-Einsatz ausgeglichen werden.

Emissionen aus Landnutzungsänderungen wären selbst dann zu erwarten, wenn die Maßgaben der vorgesehenen Biomasse-Nachhaltigkeitsverordnung erfüllt würden, wonach die Importe nicht von umgewandelten Naturflächen stammen dürfen. Denn die gestiegene Netto-Flächen-Inanspruchnahme für die Produktion von Biodiesel hätte zur Folge, dass zwangsläufig an anderer Stelle eine Ausweitung der Anbaufläche induziert würde. Durch diese indirekten Verdrängungseffekte müsste der Anbau von Nahrungsmitteln zur Versorgung der einheimischen Bevölkerung auf neue Naturflächen ausweichen (indirekte Landnutzungsänderungen).

Unter der Voraussetzung, dass – direkt oder indirekt – Landnutzungsänderungen induziert werden, wäre der Studie zufolge die Klimabilanz der auf diesen Flächen erzeugten Biokraftstoffe auf Jahre oder Jahrzehnte hinaus negativ. Denn die im Inland durch Biokraftstoffe eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden nicht nur durch einmalige Klimagas-Emissionen wegen Brandrodung, sondern auch durch kontinuierliche Emissionen auf-

grund der Umnutzung von beispielsweise torfigen Urwaldböden überkompensiert. Selbst wenn die Rodungen im Jahr 2030 zum Stillstand kämen, bliebe die Klimagas-Bilanz in den pessimistischen Varianten der Modellrechnungen weiterhin negativ – bis zum Ablauf der Jahre 2040 oder gar 2050 oder sogar darüber hinaus.

### ***BAU-Varianten und Alternative Szenarien***

#### ***BAU-Varianten***

Die folgenden in der Studie berechneten BAU-Varianten würden den Flächenbedarf gegenüber den Ergebnissen nach BAU I und BAU II-Entwicklung noch erheblich steigern:

So läge der weltweite Flächenbedarf für die Produktion von NAWARO gegenüber der BAU-Entwicklung um 40 % höher, falls die Flächenproduktivität für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen im Zeitraum bis 2030 nicht ansteigt.

Es wurde eine **weitere Variante der BAU-Szenarien** gerechnet, die auf folgenden Annahmen basiert:

- Eine verstärkte Produktion von Biopolymeren aus Weizenstärke aus inländischem Anbau<sup>3</sup>,
- Importe von Biodiesel ausschließlich auf Sojabasis statt auf Soja- und Palmölbasis und
- Zucker für die stoffliche Nutzung aus Zuckerrohr statt aus Zuckerrüben<sup>4</sup>.

Der Gesamteffekt dieser Variante würde bei BAU I zu einem 1,4-fach erhöhten globalen Flächenbedarf, bei BAU II sogar zu einem etwa 1,7-fach erhöhten Flächenbedarf führen.

#### ***Alternative Szenarien***

Um die globale Flächenbeanspruchung signifikant zu mindern und die Nachfrage der weltweit durchschnittlichen Inanspruchnahme an Anbauflächen anzunähern, müsste die globale Netto-Flächenbelegung Deutschlands (im Vergleich zur BAU-Entwicklung) jedoch um ein Viertel bis ein Drittel sinken.

Die Analysen weiterer alternativer Szenarienelemente belegen, dass die globale Flächeninanspruchnahme Deutschlands vor allem durch effektive Maßnahmen zur Minderung der Nachfrage nach Biomasse in Produktion und Konsum deutlich reduziert werden kann. Hierzu zählen in erster Linie die Verminderung des Kraftstoffverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neufahrzeugen, die Reduzierung des Verbrauchs tierisch basierter Nahrungsmittel auf ein Maß, das auch gesundheitsförderlich wäre und die Verminderung der Abfallrate verzehrfähiger Nahrungsmittel in Haushalten und im Handel. Diese Maßnahmen würden sich zudem synergetisch im Hinblick auf die Erreichung klimapolitischer Ziele auswirken.

---

<sup>3</sup> In einer Untersuchung haben Wissenschaftler (Meo-Consulting Team et al. 2007) das Marktpotenzial für die stoffliche Nutzung von Weizenstärke aus deutschem Anbau zur Herstellung von Biopolymeren auf bis zu 1,9 Millionen Tonnen in 2020 geschätzt. Dies würde nach den Berechnungen der vorliegenden Studie einen Weizenbedarf von ca. 6 Millionen Tonnen hervorrufen (oder ca. 35 % der Inlandsverwendung im Jahr 2004) und damit signifikant zur Verschärfung direkter Nutzungs konkurrenzen beitragen.

<sup>4</sup> dies war ohne bedeutende Wirkung

### 3.3 Empfehlungen für Maßnahmen und Instrumente

Um eine nachhaltige Produktion und Verwendung nachwachsender Rohstoffe im nationalen und internationalen Kontext zu befördern und dafür vor allem die Ausweitung der Anbauflächen und Flächennutzungskonkurrenzen zu vermindern, empfehlen die Gutachter u. a.:

- die Überprüfung der Förderung des Energiepflanzenanbaus im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik der EU: Diese sollte sich vor allem mit der Vergabe der Energiepflanzenprämie auseinandersetzen und im Zuge der anstehenden Überprüfung der gemeinsamen Agrarpolitik („Health Check“) gestrichen werden.
- flächenaufwendige Extensivierungsprogramme der Landwirtschaft zu hinterfragen. Vielmehr sollten verstärkt Anbauformen erforscht, entwickelt und gefördert werden, die hoch produktiv und umwelt- und landschaftsverträglich sind (z. B. *Precision-Farming*; Niedrig-Energie-Treibhäuser, Intensivanbau gekoppelt mit Ausgleichsflächen und Randstreifen etc.).
- die verstärkte Mobilisierung von Holzrohstoffen im Inland: Über sie wäre die stoffliche Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen in Bereichen zu fördern, die nicht mit Nahrungsmitteln konkurrieren. Anzustreben ist vor allem die Nutzung bislang nicht ausgeschöpfter Potenziale im Kleinprivatwald, wobei Hemmnisse bei Mobilisierung von Reserven über technologische, logistische und organisatorische Ansätze überwunden werden könnten.
- die Steuerung der künftigen Nawaro-Nachfrage: Die Gutachter empfehlen, die gesetzlich verbindlichen Biotreibstoffquoten nicht wie geplant zu erhöhen, sondern eher zurückzufahren oder zumindest auf dem derzeitigen Niveau einzufrieren – wie es u. a. auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen (2007) empfohlen hat. Hinsichtlich des Nawaro-Bonus im EEG sind vor allem Entwicklungen zu bedenken, die bei Fortdauer der bestehenden Trends zu erheblichen Anteilen an der Gesamtflächennutzung führen, wie dies z. B. bei Anbau und Einsatz von Mais für die Biogaserzeugung zu erwarten ist. Statt des Anbaus von Energiepflanzen sollte die Verwertung von organischen Reststoffen gefördert werden. Eine weitere Förderung der inländischen Nachfrage nach forstwirtschaftlichen Produkten sollte von einer Untersuchung der relevanten globalen Wirkungen abhängig gemacht werden und vorrangig auf effiziente Nutzungssysteme (einschließlich der Option der Kaskadennutzung) abzielen.
- die Unterstützung von Exportländern von Biomasse beim Aufbau eines nachhaltigen Ressourcenmanagements, das u. a. ein stabiles Verhältnis von Natur-, Forst- und Landwirtschaftsflächen auf jeweils nachhaltigem Niveau gewährleistet. Deutschland ist wie andere Länder der EU aufgefordert, ein nachhaltiges Ressourcenmanagement zu etablieren (gemäß der thematischen Strategie zur nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen). Dabei gilt es, biotische und abiotische Ressourcen ebenso wie die Flächennutzung integrativ zu betrachten. Hierzu wäre ein hinreichendes Monitoring zu etablieren, das die relevanten transregionalen und transnationalen Implikationen der regionalen und nationalen Aktivitäten ausweist

(wie die globale Flächennutzung durch inländischen Verbrauch agrarischer oder forstlicher Güter).

- die Weiterentwicklung und eine verbesserte Abstimmung politischer Instrumente: Dies sollte vor allem auf Maßnahmen zur wirksamen Förderung der Material- und Energieeffizienz in Produktion und Konsum bei gleichzeitig absoluter Verminde- rung des Ressourcenverbrauchs zielen.

## 4 SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DER SICHT DES UMWELTBUNDESAMTES

Die Studie liefert als Grundlage für Entscheidungen erstmals eine umfassende und fundierte globale Flächenbilanzierung für den Konsum von Biomasse in Deutschland für Ernährung sowie für stoffliche und energetische Verwendungen bis zum Jahr 2030. Die Studie hat zudem erstmals die **induzierten Treibhausgasemissionen quantifiziert, die durch die zu erwartende Flächeninanspruchnahme und Landnutzungsänderungen entstehen könnten. Diese induzierten THG-Emissionen hat die Studie** dann den Minderungspotenzialen für Treibhausgase durch den inländischen Einsatz energetischer Biomasse anstelle fossiler Energieträger gegenüber gestellt und bewertet. Dabei stellt sich heraus, dass bei Landnutzungsänderungen in der Gesamtbilanz einige Jahre oder gar Jahrzehnte mehr Treibhausgase emittiert werden könnten als durch den Einsatz von Biokraftstoffen eingespart wird.

Basierend auf diesen Analysen unterbreitet die Studie Empfehlungen für Maßnahmen und Instrumente zur Steuerung einer klima- und ressourcenschonenden Nutzung der Landwirtschaftsflächen sowie einer im globalen Kontext angemessenen Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland.

Es konnte gezeigt werden, dass vor allem eine **verstärkte Biokraftstoffnutzung** ihre Grenze an der knappen Ressource „landwirtschaftliche Nutzfläche“ findet und deshalb ab einer bestimmten Menge nicht mehr zu einer Klimaentlastung, sondern zu einer **Verstärkung der Klimaprobleme** führen könnte. Die immer noch wachsende Weltbevölkerung führt außerdem zu einer weiteren Pro-Kopf-Verknappung der global verfügbaren Flächen.

In diesem Lichte sind Nationale **Handlungsziele** oder EU-**Handlungsziele** zum verstärkten Einsatz von Biokraftstoffen zu überprüfen, vor allem auch im Hinblick darauf, ob sie durch stringentere und früher einsetzende Kraftstoff-Verbrauchziele (d.h. Einsparziele) zu ergänzen sind. Des Weiteren sind auch andere Handlungsziele zur Verwertung von Biomasse, wie die direkte und indirekte Förderung des Anbaus von Biomasse auf Landwirtschaftsflächen für die primär energetische Verwendung (z. B. im EEG) kritisch zu hinterfragen.

Als weitere wichtige Aufgabe stellt sich der Aufbau eines internationalen nachhaltigen Ressourcenmanagements dar. Hierbei sollte eine nachhaltige Biomassestrategie eingebettet sein in ein internationales Abkommen zur nachhaltigen Nutzung biotischer und abiotischer Rohstoffe und zur nachhaltigen Flächennutzung. Zu diesem Zweck sollten auch bi- und multilaterale Vereinbarungen ausgebaut werden, um Ressourcen-, Klima- und Naturschutz synergetisch umzusetzen und zugleich die technologisch-institutionelle und sozio-ökonomische Entwicklung der Partner zu fördern, um im globalen Maßstab eine gesteigerte Ressourcenproduktivität zu erreichen.