

Kleinhanß, Werner; Junker, Franziska Julia

Working Paper

Analyse und Abschätzung des Biomasse- Flächennutzungspotenzials

Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie, No. 03/2012

Provided in Cooperation with:

Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries

Suggested Citation: Kleinhanß, Werner; Junker, Franziska Julia (2012) : Analyse und Abschätzung des Biomasse-Flächennutzungspotenzials, Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie, No. 03/2012, Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Braunschweig, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:253-201207-dn050400-7>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/60229>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

Institut für Betriebswirtschaft
Institut für Marktanalyse und Agrarhandelspolitik



Analyse und Abschätzung des Biomasse- Flächennutzungspotenzials

Werner Kleinhanß und Franziska Junker

Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie

03/2012

Braunschweig, im Juni 2012

Herr Dr. Werner Kleinhanß ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Betriebswirtschaft, und Frau Franziska Junker ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Marktanalyse und Agrarhandelspolitik des Johann Heinrich von Thünen-Instituts.

Adresse: Institut für Betriebswirtschaft
Institut für Marktanalyse und Agrarhandelspolitik

Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI),
Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei

Bundesallee 50

38116 Braunschweig

Telefon: +49 531 596-5151

E-Mail: werner.kleinhanss@vti.bund.de

Die Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie stellen vorläufige, nur eingeschränkt begutachtete Berichte über Arbeiten aus dem Institut für Betriebswirtschaft, dem Institut für Ländliche Räume und dem Institut für Marktanalyse und Agrarhandelspolitik des Johann Heinrich von Thünen-Instituts dar. Die in den Arbeitsberichten aus der vTI-Agrarökonomie geäußerten Meinungen spiegeln nicht notwendigerweise die der Institute wider. Kommentare sind erwünscht und sollten direkt an die Autoren gerichtet werden.

Zusammenfassung

Vorliegender Bericht gibt einen Überblick über den Stand und die Projektionen der globalen Landnutzung sowie der Nahrungs- und Futtermittelversorgung bis 2050, wobei die Frage im Mittelpunkt steht, ob zum einen die wachsende Bevölkerung ernährt werden kann und zum anderen, welche Erzeugungspotenziale für Bioenergie, neben der Ernährungssicherung, mobilisiert werden könnten. Die Projektionen der FAO bis zum Jahre 2050 dienen als Basis zur Abschätzung der Erzeugung und zum Verbrauch von Agrarprodukten. Diese werden ergänzt um Abschätzungen zum Biotreibstoffeinsatz sowie den Folgen des Klimawandels.

Bei den gegenwärtigen verfügbaren Abschätzungen handelt es sich überwiegend um „technische“ Potenziale für Bioenergie, die von Null bis zum 1,5-fachen des für 2050 prognostizierten Energiebedarfs reichen. Die große Bandbreite der verfügbaren Potenzialabschätzungen ist u. a. darauf zurückzuführen, dass sie sich auf z. T. unzureichende und wenig belastbare Datenquellen stützen, unrealistische Annahmen getroffen werden bzgl. der Erträge von Energiepflanzen sowie der Entwicklung von Technologien, speziell bei der Herstellung von Kraftstoffen der zweiten Generation. Nach unseren Einschätzungen liegen einige dieser weit über den „wirtschaftlich“ realisierbaren Potenzialen. Ökonomisch basierte Modellanalysen wären notwendig, um wirtschaftlich realisierbare Potenziale einzugrenzen.

JEL: Q, Q18, Q24, Q4

Schlüsselwörter: Landnutzung, Bioenergie, Welternährung

Summary

This study presents an overview of current and projected land use patterns as well as food and feed supply, with projections reaching up to 2050. The main question is whether there will be enough land resources to feed the growing world population, and, if that is the case, what potential there is for growing energy crops. Estimates for supply and demand of agricultural products in 2050 are based on projections provided by the FAO.

Existing studies almost exclusively assess the “technical” potential for production of bioenergy, and the estimates vary between zero and 150 percent of total energy demand projected for 2050. The big range of the estimated land potentials for energy production is explained by differing data sources, varying assumptions on yield of energy crops and the development of new technologies, in particular related to the production of second generation biofuels. In our view, these technical potentials overestimate the potential that could be realized in an also economically viable way. Analysis based on economic models would be desirable in order to better narrow down the range of economically viable land potentials.

JEL: Q, Q18, Q24, Q4

Keywords: Global land use, biofuels, food security

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Flächennutzung und Erzeugung weltweit	3
2.1	Flächennutzung	3
2.2	Ernteflächen und Erträge	7
2.3	Produktionsmengen und Nettoexporte	11
2.4	Verwendung	14
3	Verfügbare Ackerflächen und Potenziale für Bioenergie	17
3.1	Entwicklung von Ackerflächen nach Status quo-Projektionen	17
3.2	Flächenpotenziale für die Biomasseproduktion	23
4	Wie viel Acker- und Grünlandfläche wird global für die Ernährung der Weltbevölkerung in 2050 benötigt?	31
4.1	Unsicherheiten der Schätzungen	32
4.2	Auswirkungen unterschiedlicher Ernährungsregimes	33
5	Entwicklung der Flächennutzung in Deutschland	37
6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	39
	Literaturverzeichnis	43
	Anhang	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Anteil der Landwirtschaftsflächen bzw. Forst-/Waldflächen an der Gesamtfläche 2008	5
Abbildung 2.2:	Aufteilung der Landwirtschaftsfläche nach Hauptnutzungsarten sowie Anteil der Bewässerungsfläche (2008)	6
Abbildung 3.1:	Entwicklung der landwirtschaftlichen Flächennutzung (Welt)	17
Abbildung 3.2:	Entwicklung der Ackerflächennutzung nach Kontinenten	18
Abbildung 3.3:	Entwicklung der Ackerflächennutzung nach Industrie- und Entwicklungsländern	20
Abbildung 3.5:	Vergleich der in verschiedenen Studien geschätzten Angebotspotenziale für Biomasse in 2050	30
Abbildung 5.1:	Flächenbelegung für Importe und Exporte landwirtschaftlich basierter Waren des deutschen Außenhandels 1991 bis 2004 – Netto-Konsumflächen	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Ernteflächen und Erträge (2009)	8
Tabelle 2.2:	Anteil der Kontinente an der Agrarerzeugung weltweit (2007)	12
Tabelle 2.3:	Agrarproduktion und Nettoexporte (+) bzw. Nettoimporte (-) (2007)	13
Tabelle 2.4:	Inlandsangebot und Verwendung pflanzlicher Produkte (2007)	14
Tabelle 3.1:	Bestimmungsgründe des Wachstums in der pflanzlichen Produktion (Welt) – historisch und Projektion (in Prozent)	20
Tabelle 3.2:	Entwicklung und Projektion der Ackerflächennutzung (incl. Dauerkulturen)	21
Tabelle 3.3:	Flächenpotenzial für den Anbau von Ackerkulturen (Regenfeldbau) (Mio. ha)	22
Tabelle 3.4:	Regionale Bilanz von Grasland- und Waldflächen mit Potenzial für die Lignocelluloseproduktion zur Bioenergiegewinnung	23
Tabelle 3.5:	Potenziell nutzbare Flächen für den Anbau von Pflanzen zur Treibstoffgewinnung (Mio. ha)	24
Tabelle 3.6:	Überblick über Studien zu Schätzungen des technischen (TP), ökonomischen (WP) und nachhaltigen Potenzials (NP) für Bioenergie (EJ/Jahr)	26
Tabelle 3.7:	Globales Potenzial der Nettoprimärproduktion (NPP) in 2000 und Ergebnisse von Studien zur Abschätzung des Erzeugungspotenzials für Bioenergiepflanzen	28
Tabelle 4.1:	Bioenergiepotenziale unter Berücksichtigung unterschiedlichen Ernährungsverhaltens in ausgewählten Ländern	34
Box 3.1:	Eine Bottom-up-Abschätzung von globalen Biomassepotenzialen in 2050	27

Kartenverzeichnis

Karte 2.1:	Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Acker- und Grasland/Weiden	4
Karte 2.2:	Eignung für Maisanbau (nicht bewässert) 1961 bis 1990	10
Karte 2.3:	Eignung für Sojabohnenanbau (nicht bewässert) 1961 bis 1990	10
Karte 2.4:	Einfuhr von Palmöl nach Deutschland	15

Verzeichnis der Abbildung und Karten im Anhang

Abbildung A1:	Vergleich der globalen Flächenverfügbarkeit zur Bioenergieerzeugung: Einschätzung verschiedener Autoren (jeweils Maximum und Minimum)	55
Karte A1:	Anbaueignung für Ölpalmen (1961–1990)	51
Karte A2:	Anbaueignung für Zuckerrohr (1961–1990)	51

1 Einleitung

Die Produktion und Verwendung von Biomasse zur Energiegewinnung erlangten in den letzten Jahren einen zunehmenden politischen Stellenwert. Ziele sind die langfristige Sicherung und Diversifizierung der Energieversorgung sowie die Minderung der aus dem fossilen Energieeinsatz resultierenden klimaschädlichen Treibhausgase. Mittels staatlicher Förderprogramme sowie Beimischungszwängen wird eine zügige Markteinführung angestrebt. Wissenschaftliche Untersuchungen untermauern diese Zielsetzungen durch die Abschätzung von Erzeugungspotenzialen, die einen nennenswerten Beitrag durch Bioenergie an der globalen Energieversorgung erwarten lassen.

Wie realistisch sind diese Erzeugungspotenziale und wie stehen diese im Einklang mit der Sicherung der Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung und welche Bedeutung kommt dabei dem Klimawandel zu? Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) hat Mitte letzten Jahres das Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI) beauftragt, eine „Analyse und Abschätzung des Biomasse-Flächenpotenzials“ durchzuführen.

Die Arbeiten des vTI beschränken sich im Wesentlichen auf die Auswertung verfügbarer statistischer Daten und der Literatur zu diesem Themenkomplex. Auf Basis umfangreicher Studien und der Auswertung unterschiedlicher Datenbasen wird zunächst der Status quo der Flächennutzung und der weltweiten Agrarerzeugung dargestellt. Die Projektionen der FAO bis zum Jahre 2050 dienen als Basis zur Abschätzung der Erzeugung und zum Verbrauch von Agrarprodukten. Diese werden ergänzt um Abschätzungen zum Biotreibstoffeinsatz sowie den Folgen des Klimawandels. Da die aufgeworfenen Fragen und Szenarien mit den verfügbaren Modellen sowie der verfügbaren Literatur nicht vollständig zu beantworten sind, wurde der Lehrstuhl für Landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim (Arbeitsgruppe unter Leitung von Herrn Prof. Zeddies) im Rahmen eines von der FNR geförderten Forschungsprojektes beauftragt, Modell- und Szenarienrechnungen mit dem an der Universität Hohenheim entwickelten Modell GAPP (**G**lobales **A**grar-**P**roduktions-**P**otenzial) durchzuführen. Modell- und Szenarienannahmen sowie Zwischenergebnisse wurden zwischen den beiden Arbeitsgruppen ausgetauscht und diskutiert.

2 Flächennutzung und Erzeugung weltweit

In diesem Kapitel wird zunächst der Frage der derzeitigen Flächennutzung sowie der mobilisierbaren Flächenpotenziale für die Erzeugung von Nahrungs- und Futtermitteln, industriellen Rohstoffen sowie Biomasse für die energetische Nutzung nachgegangen. Neben dem Umfang der derzeitigen Erzeugung ist von Bedeutung, ob und auf welchem Wege zukünftig Erzeugungspotenziale mobilisiert werden können. Grundsätzlich eröffnen sich zwei Möglichkeiten: Die Steigerung der Erträge und/oder die Inkulturnahme bisher nicht genutzter Flächen? Zu beiden Wegen liegen statistische Erhebungen und Einschätzungen der FAO vor, auf die sich die folgenden Ausführungen stützen. Sie werden ergänzt durch andere Quellen, die einen stärkeren Fokus auf Biomasse legen.

2.1 Flächennutzung

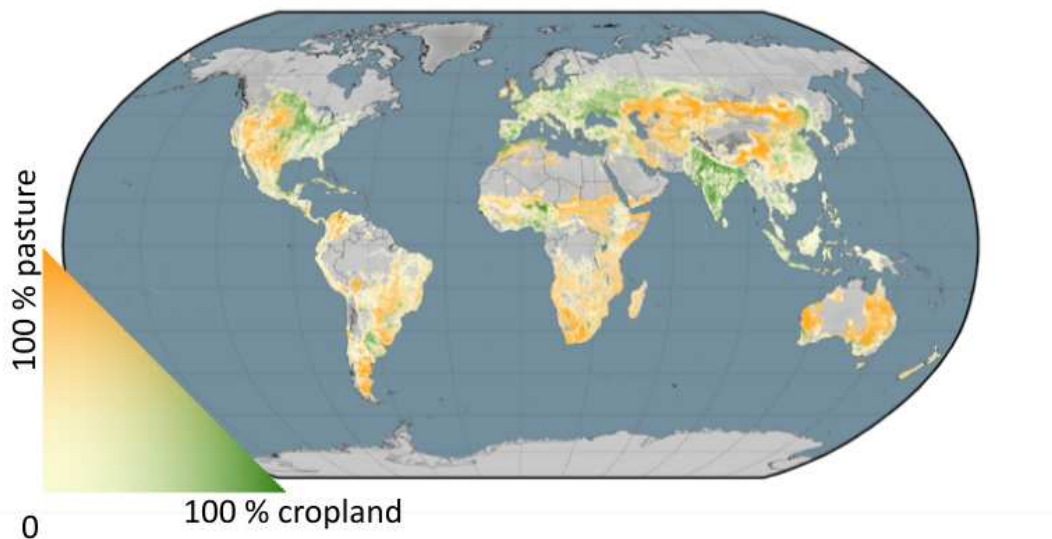
Die weltweit verfügbare **Landfläche** (ohne Binnengewässer) beläuft sich auf ca. 13 Mrd. ha (FAOSTAT, 2008¹). Der überwiegende Teil mit 4,8 Mrd. ha (38 %) dient der landwirtschaftlichen Nutzung. Davon sind 1,53 Mrd. ha Acker- und Dauerkulturflächen, 3,3 Mrd. ha sind Dauergrünland und Weideflächen. Die Forstflächen belaufen sich auf 4 Mrd. ha (31 %). Sonstige Flächen umfassen 4,1 Mrd. ha, wovon der überwiegende Teil auf Wüsten und nichtlandwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich nutzbare Gebirgsflächen entfällt. Karte 2.1 gibt einen groben Überblick über die Verteilung der landwirtschaftlichen Flächennutzung nach Acker- und Gras- bzw. Weideland (FOLEY et al., 2011). Die ackerbaulich genutzten Flächen dominieren in Europa, in Indien und Ostasien sowie der Osthälfte von Nordamerika.

Bezüglich der **landwirtschaftlich genutzten Fläche (LF)** liegen Informationen nach Art der Nutzung und Erzeugungsmengen nur für die 1,37 Mrd. ha Anbauflächen auf Ackerland sowie die 0,2 Mrd. ha Dauerkulturflächen vor. Für Dauergrünland incl. Dauerweiden sind lediglich Flächenangaben verfügbar, aber keine weiteren Informationen z. B. über Erträge sowie die Intensität der Nutzung. Eine Einordnung der Möglichkeit der Umnutzung für Ackerkulturen und Energiepflanzen ist insofern problematisch, als z. B. in der vom International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) in Zusammenarbeit mit FAO entwickelten Datenbank (GAEZ²) Grünland und verbuschte Flächen zusammengefasst sind.

¹ <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

² Global Agro-ecological Zones (<http://www.gaez.iiasa.ac.at/>)

Karte 2.1: Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Acker- und Grasland/Weiden



Quelle: FOLEY et al. (2011).

Die Abbildung 2.1 zeigt zunächst die Verteilung der **Landwirtschafts- und Forstflächen**, gegliedert nach Kontinenten und deren weitere regionale Untergliederung entsprechend der in der FAOSTAT-Datenbank⁴ vorgenommenen Aggregation:

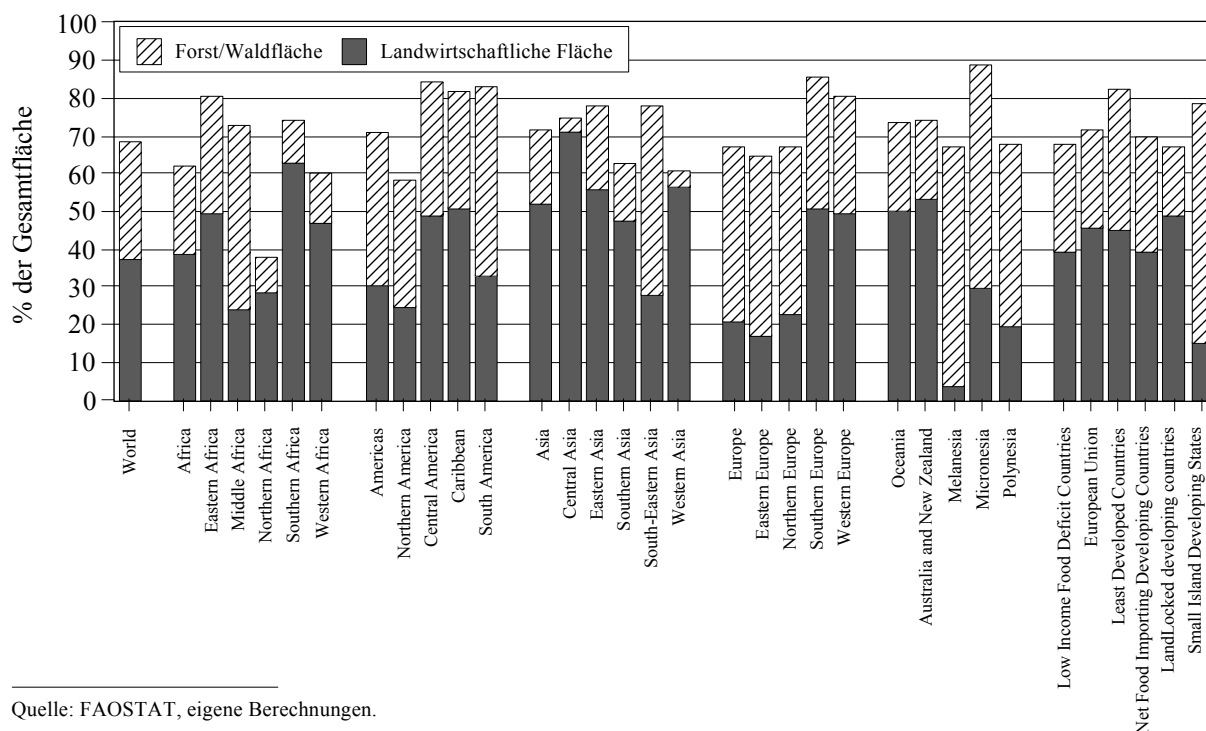
- In der EU-25⁵ werden 47 % der Fläche landwirtschaftlich und 37 % der Fläche forstwirtschaftlich genutzt. In Europa ist der Anteil der forstwirtschaftlich genutzten Flächen mit 45 % höher und der Anteil der landwirtschaftlichen Flächen mit 21 % deutlich niedriger. In Nord- und Osteuropa dominieren die Forstflächen, in Süd- und Westeuropa die landwirtschaftliche Nutzung.
- In Amerika sind 31 % landwirtschaftlich genutzte Flächen und 41 % Waldflächen. In Südamerika ist der Anteil der Waldflächen am höchsten (50 %). Nordamerika unterscheidet sich durch einen überproportionalen Anteil sonstiger Flächen, wie z. B. Wüsten und Gebirge (41 %).
- In Asien dominieren die landwirtschaftlich genutzten Flächen (53 %), die mit Ausnahme von Südostasien jeweils mehr als die Hälfte ausmachen. Die Waldfläche beläuft sich im Durchschnitt auf 19 %. Dabei ist eine große Spannweite auszumachen. Während in Südostasien die Waldfläche überwiegt, entfallen darauf in Zentral- und Westasien nur jeweils 5 %.

⁴ <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

⁵ Zum Zeitpunkt der Auswertungen Mitte 2011 waren Bulgarien und Rumänien nicht in das Aggregat „EU“ der FAOSTAT einbezogen.

- In Afrika zählen 38 % zu landwirtschaftlichen Nutzflächen mit einer hohen Variation von 24 % in Zentralafrika und 63 % in Südafrika. 23 % der Fläche ist Wald. Dominiert durch den Tropenwald beläuft sich der Anteil in Zentralafrika auf über 50 % der Fläche. In Nordafrika werden durch den hohen Anteil an Wüstenflächen nur knapp 40 % land- und forstwirtschaftlich genutzt.
- In Ozeanien entfällt die Hälfte auf landwirtschaftlich genutzte Flächen und 23 % auf Wald. Dominiert wird die landwirtschaftliche Flächennutzung durch Australien und Neuseeland, während vor allem auf den Melanesischen Inseln die Waldflächen überwiegen.

Abbildung 2.1: Anteil der Landwirtschaftsflächen bzw. Forst-/Waldflächen an der Gesamtfläche 2008



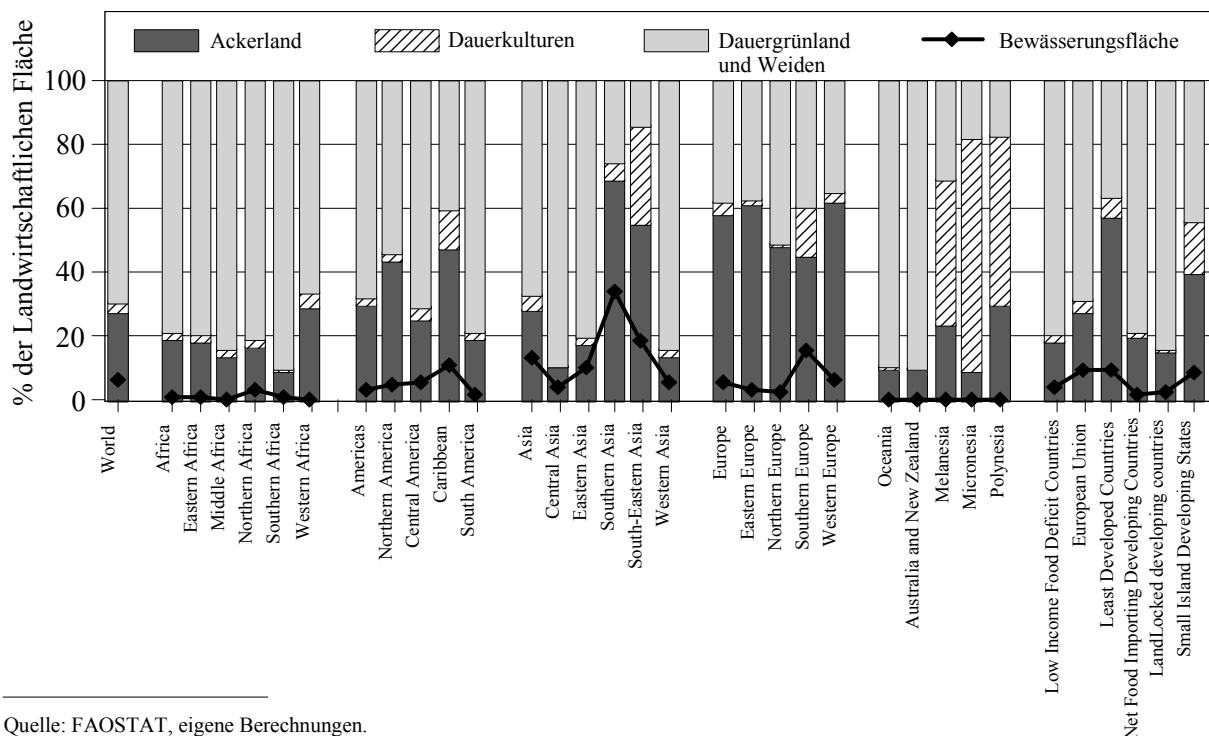
Quelle: FAOSTAT, eigene Berechnungen.

Bezüglich der **landwirtschaftlichen Flächennutzung** zeigen sich große Unterschiede zwischen Acker-, Dauerkultur- und Grünlandflächen (Abbildung 2.2):

- Weltweit werden zwei Drittel der LF als Dauergrünland und Weideflächen genutzt. 28 % sind Acker- und 5 % Dauerkulturflächen.
- In der EU-25 wie auch in Europa insgesamt beläuft sich der Anteil der Ackerflächen mit Ausnahme von Nordeuropa auf etwa 60 %; der Anteil der Dauerkulturen liegt bei 5 % (15 % in Südeuropa). Grünlandflächen machen ca. 40 % der LF aus, in Nordeuropa die Hälfte. Aufgrund klimatischer Bedingungen (Wasserknappheit) sowie des vergleichsweise großen Umfangs des Garten- und Obstbaus werden in Südeuropa etwa 15 % der LF bewässert.

- In Amerika entfällt nur ein Drittel der LF auf Ackerflächen und weitere 4 % auf Dauerkulturen. In Nordamerika ist die Flächennutzung stärker ackerbaulich geprägt, während in Südamerika Grünland und Weideflächen dominieren (75 %).
- In Asien liegen im Durchschnitt ähnliche Nutzungsanteile wie in Amerika vor, innerhalb Asiens bestehen jedoch starke Unterschiede. Während in Zentral-, Ost- und Westasien die Grünlandflächen dominieren (70 bis 80 %), werden in Südasien 70 % und in Südostasien 60 % ackerbaulich genutzt. Hinzu kommen etwa 30 % Dauerkulturf Flächen in Südostasien. In Südasien werden etwa ein Drittel der Flächen bewässert, was vor allem auf den Nassreisbau zurückzuführen ist.
- In Ozeanien dominiert der Anbau von Dauerkulturen auf den Inselregionen Melanesien, Mikronesien und Polynesien, während in Australien und Neuseeland Grünland- und Weideflächen überwiegen (90 %).
- In Afrika werden 80 % der LF als Grünland und Weide genutzt. Angesichts des sehr geringen Umfangs der Tierhaltung werden diese Flächen nur sehr extensiv beweidet oder dienen als Brache im Rahmen der Fruchtwechselwirtschaft. Südafrika weist nur Ackeranteile von 10 % auf, Westafrika hingegen von knapp 30 %. Der Anteil von Bewässerungsflächen liegt bei unter 3 % und ist nur in Nordafrika etwas höher.

Abbildung 2.2: Aufteilung der Landwirtschaftsfläche nach Hauptnutzungsarten sowie Anteil der Bewässerungsfläche (2008)



Quelle: FAOSTAT, eigene Berechnungen.

Durch die unterschiedliche Größe der Kontinente ergeben sich große Unterschiede an den weltweit verfügbaren Flächen:

- Die EU-25 verfügt mit 3,2 % der Landfläche über 3,9 % der LF bzw. über 7,9 % der Ackerflächen. Auf Europa insgesamt entfallen 20 % der weltweiten Ackerflächen.
- Asien und Afrika verfügen über jeweils etwa 23 % der Landfläche. Der Anteil der Ackerfläche in Afrika (16,2 %) beläuft sich dabei aber auf weniger als die Hälfte dessen in Asien (34,2 %). Ein weiteres Charakteristikum Asiens ist der hohe Anteil (50 %) der weltweit genutzten Dauerkulturflächen.
- Amerika verfügt über ein Viertel der weltweiten LF bzw. der Ackerflächen. Auf Ozeanien entfallen nur 3,3 % auf Acker- und 11,4 % auf Grünland- und Weideflächen, wobei erstere durch Australien, letztere durch Neuseeland dominiert werden.

Sonstige Flächen

Von den sonstigen Flächen (ca. 4 Mrd. ha), die in Abbildung 2.1 nur als Residuum ausgewiesen sind, wird im Folgenden nur auf Siedlungs- und Infrastrukturflächen sowie auf Schutzflächen eingegangen. Nach Berechnungen von ERB et al. (2009) entfallen weltweit 1,04 % der Landfläche auf Infrastruktur und zusätzlich 0,21 % auf urbane Bebauung. In Europa sind knapp 5 % der Fläche für Infrastruktur und 1 bis 1,5 % mit städtischer Bebauung belegt.

2.2 Ernteflächen und Erträge

Neben der Flächenverfügbarkeit wird das Ertragspotenzial durch die Bodenqualität, Temperatur und Niederschläge sowie deren Verteilung in der Vegetationsperiode bestimmt. Im Hinblick auf Agrotechnik sind Hangneigung und Geländeformen von Bedeutung und schließlich hängt die Ausschöpfung von Ertragspotenzialen vom züchterisch-technischen und organisatorisch-technischen Fortschritt sowie den ökonomischen Rahmenbedingungen ab. In der Summe schlagen sich diese Faktoren in der Höhe der Erträge, aber auch in der regionalen Schwerpunktsetzung der Produktion (als Indikator der Ertragsfähigkeit der Standorte) nieder. Tabelle 2.1 fasst die Nutzung der Acker- und Dauerkulturflächen sowie die Erträge ausgewählter Kulturen auf Basis von FAOSTAT für das Jahr 2009 zusammen:

- Auf etwas mehr als der Hälfte der Ackerfläche wird Getreide einschließlich Reis angebaut (700 Mio. ha). Knapp die Hälfte der Getreidefläche entfällt auf Asien. Dort liegen die Erträge auf dem Niveau des globalen Durchschnitts, während sie in der EU deutlich höher liegen. Der Anbau von Futtergetreide verteilt sich zu 20 % auf Europa und zu jeweils 24 bis 28 % auf Afrika, Amerika und Asien. Amerika verfügt über knapp 40 % der Maisfläche, und die Erträge sind mit 7,2 t/ha weltweit am höchsten, während sie in Afrika nur etwas mehr als ein Viertel dessen betragen. Ölpalmen werden weltweit nur auf 15 Mio. ha angebaut, davon zwei Drittel in Asien und knapp ein Drittel in Afrika. In Afrika werden bei Ölpalmen Fruchterträge von 3,8 t/ha erzielt,

die nur etwa ein Viertel der in Asien erzielten Erträge betragen. Gute Ertragsfähigkeit der Böden, hohe Niederschläge, Konzentration auf günstige Standorte sowie hohes Know-how (Hybridsorten) sind die maßgeblichen Faktoren für die weltweit höchsten Palmölerträge in Malaysia und Indonesien.

Tabelle 2.1: Ernteflächen und Erträge (2009)

		Welt	Afrika	Amerika	Asien	Europa	Ozeanien	Netto Food DDC ¹⁾	EU-25
Ernteflächen									
Getreide incl. Reis	Mio. ha	699,2	103,4	122,4	330,8	122,6	20,0	128,8	58,8
Weizen	Mio. ha	225,6	10,2	39,1	101,6	61,1	13,6	20,9	25,6
Futtergetreide ²⁾	Mio. ha	315,3	83,8	75,9	88,4	60,9	6,4	70,8	32,7
Mais	Mio. ha	158,6	29,6	61,6	53,5	13,9	0,1	25,7	8,3
Ölsaaten/Pflanzen									
Palmöl (Frucht)	Mio. ha	14,9	4,5	0,7	9,6	0,0	0,1	1,0	0,0
Raps	Mio. ha	31,1	0,1	6,6	14,5	8,5	1,4	0,5	6,5
Soja	Mio. ha	99,5	1,3	75,2	21,0	2,0	0,0	0,8	0,3
Erbsen (Bohnen)	Mio. ha	69,3	20,2	11,4	33,3	2,9	1,5	23,9	1,3
Zuckerrüben	Mio. ha	4,3	0,2	0,5	0,7	2,9	0,0	0,2	1,6
Zuckerrohr	Mio. ha	23,8	1,6	12,1	9,7	0,0	0,4	3,2	0,0
Knollen- und Wurzelfrüchte	Mio. ha	53,4	24,2	4,9	17,7	6,3	0,3	16,3	2,1
Obstkulturen	Mio. ha	56,2	11,1	8,5	27,7	8,2	0,6	10,9	6,2
Gemüse incl. Melonen	Mio. ha	53,1	6,1	4,0	38,7	4,3	0,1	6,3	2,4
Ernteflächen % Welt									
Getreide incl. Reis	%		14,8	17,5	47,3	17,5	2,9	18,4	8,4
Weizen	%		4,5	17,3	45,0	27,1	6,0	9,3	11,4
Futtergetreide	%		26,6	24,1	28,0	19,3	2,0	22,5	10,4
Mais	%		18,7	38,8	33,7	8,7	0,1	16,2	5,3
Ölsaaten/Pflanzen									
Palmöl (Frucht)	%		30,1	4,7	64,4	0,0	0,9	6,8	0,0
Raps	%		0,2	21,2	46,6	27,4	4,5	1,6	20,9
Soja	%		1,4	75,5	21,1	2,0	0,0	0,8	0,3
Erbsen (Bohnen)	%		29,1	16,4	48,1	4,2	2,1	34,5	1,9
Zuckerrüben und Zuckerrohr	%		6,2	44,8	37,0	10,4	1,6	12,1	5,7
Knollen- und Wurzelfrüchte	%		45,4	9,1	33,2	11,8	0,6	30,5	3,9
Erträge									
Getreide incl. Reis	t/ha	3,6	1,5	5,2	3,6	3,8	1,8	2,2	5,1
Weizen	t/ha	3,0	2,5	2,8	3,0	3,7	1,6	2,6	5,4
Futtergetreide	t/ha	3,6	1,3	6,4	3,2	3,8	2,2	1,2	4,8
Mais	t/ha	5,2	1,9	7,2	4,4	6,1	6,9	1,9	6,9
Ölsaaten/Pflanzen									
Palmöl (Frucht)	t/ha	14,1	3,8	16,1	18,8	0,0	14,7	7,1	0,0
Raps	t/ha	2,0	1,3	2,0	1,5	2,9	1,4	0,8	3,3
Soja	t/ha	2,2	1,2	2,5	1,3	1,7	1,9	1,3	2,8
Erbsen (Bohnen)	t/ha	0,9	0,7	1,3	0,9	2,1	1,3	0,7	2,5
Zuckerrüben	t/ha	53,1	46,9	58,1	45,4	54,6	0,0	45,3	71,0
Zuckerrohr	t/ha	69,9	59,9	76,8	62,6	80,0	75,5	55,3	80,0
Knollen- und Wurzelfrüchte	t/ha	13,8	8,8	16,3	17,8	19,7	12,4	8,3	30,0
Obstkulturen	t/ha	10,6	7,0	15,9	10,9	8,8	11,3	7,3	10,0
Gemüse incl. Melonen	t/ha	19,0	10,5	20,5	19,8	22,7	23,2	11,8	27,2

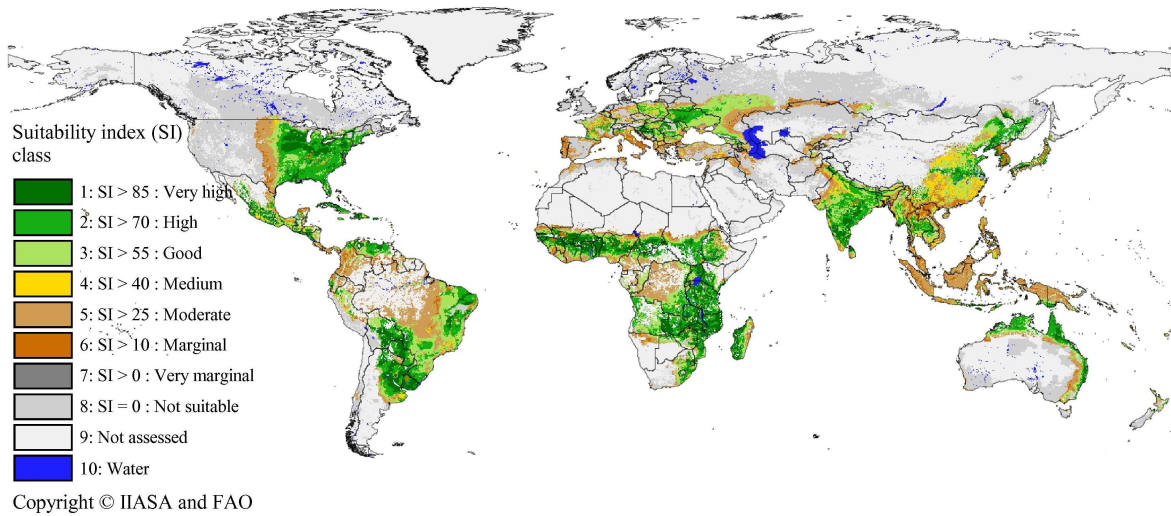
1) DDC: Entwicklungsländer.

2) Futtergetreide enthält Mais.

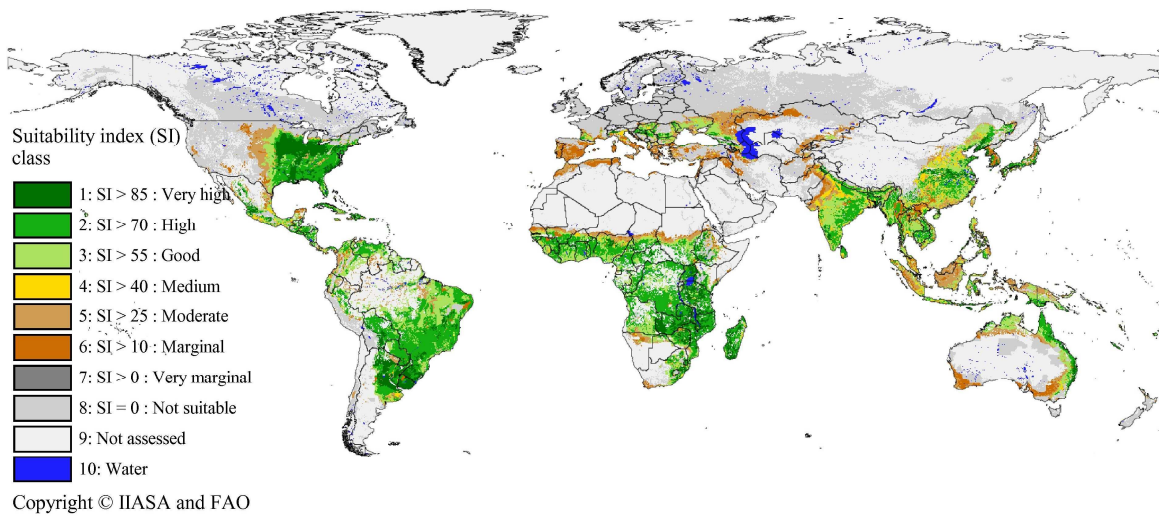
Quelle: FAOSTAT Crops.

- Von den Ölsaaten werden hier nur Sojabohnen und Raps betrachtet. Soja ist mit knapp 100 Mio. ha die bedeutendste Öl- und Eiweißpflanze. 75 % der Anbauflächen liegen in Amerika, davon jeweils etwa die Hälfte in den USA bzw. in Brasilien und Argentinien; dort werden auch die höchsten Erträge erzielt. Der Anbau in Asien (21 %) konzentriert sich vor allem auf China. Die Rapsfläche beträgt mit 31 Mio. ha nur etwa ein Drittel der Sojabohnenfläche. Der Rapsanbau konzentriert sich auf Asien (47 %), wo allerdings nur Erträge von 1,5 t/ha erzielt werden. 21 % der Fläche entfallen auf Amerika (Kanada) und 27 % auf Europa. Die höchsten Erträge werden in Europa (2,9 t/ha, bzw. EU-25 mit 3,3 t/ha) erzielt.
- Erbsen und Bohnen mit 70 Mio. ha werden vor allem in Asien (48 %) und in Afrika (29 %) angebaut, wo sie als Grundnahrungsmittel zur Eiweißversorgung dienen. Die Erträge sind mit mehr als 1 t/ha deutlich niedriger als bei Soja.
- Von den 28 Mio. ha Zuckerpflanzen nimmt Zuckerrohr 85 % der Fläche ein. Sein Anbau konzentriert sich auf Amerika und Asien, während Zuckerrüben zu zwei Dritteln in Europa angebaut werden.
- Knollen- und Wurzelfrüchte nehmen mit 53 Mio. ha ebenfalls einen bedeutenden Flächenanteil ein. Ihr Anbau konzentriert sich auf Afrika (45 %) und Asien (34 %). Sie dienen überwiegend als stärkehaltiges Grundnahrungsmittel. Die Erträge sind mit 8,8 t/ha im Hauptanbaugebiet Afrika relativ niedrig. Der Anbau von Obst und Gemüse mit insgesamt 110 Mio. ha konzentriert sich vor allem auf Asien (60 %).

Dieser globale Überblick täuscht etwas darüber hinweg, dass sich der Anbau bestimmter Getreidearten, Ölsaaten und Industriepflanzen häufig auf günstige Standorte mit hohen Erträgen konzentriert. Informationen über geeignete Standorte zum Anbau von Mais, Sojabohnen, Ölpalmen und Zuckerrohr vermitteln die auf GAEZ basierenden Karten 2.2 und 2.3 sowie A1 und A2 im Anhang 1.

Karte 2.2: Eignung für Maisanbau (nicht bewässert) 1961 bis 1990

Selection: Maize/Rain-fed/High input level/1961-1990/World//No filters
 Source: http://www.gaez.iiasa.ac.at/w/ctrl?_flow=Vwr>VwrMap&_view=...

Karte 2.3: Eignung für Sojabohnenanbau (nicht bewässert) 1961 bis 1990

Selection: Soybean/Rain-fed/High input level/1961-1990/World//No filters
 Source: http://www.gaez.iiasa.ac.at/w/ctrl?_flow=Vwr>VwrMap&_view=...

Abschließend ist festzustellen, dass über Erträge der Raufutterproduktion weltweit keine Informationen⁶ vorliegen. Implizit wird unterstellt, dass die weltweit verfügbaren 3,3 Mrd. ha Grünland und Weideflächen als Futtergrundlage für Raufutterfresser dienen. Anhand des Flächenverhältnisses zu Ackerland ist auf eine sehr extensive Nutzung zu schließen. Inwieweit auf diesen Flächen Erzeugungspotenziale für Biomasse mobilisiert werden könnten, wird ebenfalls in den nachfolgenden Kapiteln erörtert.

2.3 Produktionsmengen und Nettoexporte

Wir beziehen uns hier auf FAOSTAT-Daten und Handelsbilanzen aus dem Jahr 2007. Neben wichtigen pflanzlichen Produkten werden tierische Produkte einbezogen.

Bezüglich der globalen Erzeugung stehen Asien an erster und Amerika an zweiter Stelle (Tabelle 2.2). Asien weist die höchsten Erzeugungsanteile auf bei Getreide (45 %, bei Weizen 46 % und bei Reis 91 %), stärkehaltigen Wurzel- und Knollenfrüchten (41 %) sowie bei Erbsen und Bohnen (47 %). Auch bei folgenden tierischen Produkten steht Asien an erster Stelle: Fleisch (40 %, bei Schweinefleisch 54 %), Milch (35 %) sowie Fisch. Amerika erreicht die höchsten Erzeugungsanteile bei Mais (58 %), Zucker (39 %), Sojaöl (64 %), Rindfleisch (47 %) und Geflügelfleisch (45 %).

Europa erreicht aufgrund der geringeren Flächenausdehnung bei keinem der genannten Produkte eine Spitzenposition. Produktionsanteile von über 20 % werden erreicht bei Weizen (31 %), Milch (32 %), Fleisch insgesamt (20 %; 27 % bei Schweinefleisch). Afrika erreicht entsprechende Produktionsanteile nur bei stärkehaltigen Knollen- und Wurzelfrüchten (29 %), Erbsen und Bohnen (20 %) sowie bei Schaf- und Ziegenfleisch (19 %). Ozeanien weist aufgrund des relativ geringen Flächenanteils, aber auch wegen standort- und klimabedingt niedriger Erträge nur im Bereich Schaf- und Ziegenfleisch Anteile von 10 % auf. Die Milcherzeugung erreicht trotz der starken Spezialisierung Neuseelands nur 4 % der Welterzeugung.

⁶ Im Rahmen des Modellsystems GLOBIOM des IIASA werden Futterpflanzenerträge mittels eines Pflanzenwachstumsmodells generiert; die Arbeiten konzentrieren sich bislang auf Europa. Persönliche Auskunft, S. Frank (IIASA), Zürich, 31.08.2011.

Tabelle 2.2: Anteil der Kontinente an der Agrarerzeugung weltweit (2007)

		Afrika	Amerika	Asien	Europa	Ozeanien
Getreide (excl. Bier)	%	6	30	45	18	1
Weizen	%	3	17	46	31	2
Reis geschält	%	3	5	91	1	0
Mais	%	6	58	28	9	0
Stärkehaltige Knollen-/Wurzelfrüchte	%	29	12	41	18	0
Zucker und Süßstoffe	%	5	39	38	15	3
Erbsen, Weizen und Bohnen	%	20	21	47	9	2
Pflanzenöle	%	5	25	55	15	0
Sojaöl	%	1	64	27	8	0
Fleisch insges.	%	5	33	40	20	2
Rindfleisch	%	8	47	23	17	4
Schaf und Ziegenfleisch	%	19	4	57	11	10
Schweinefleisch	%	1	18	54	27	0
Geflügelfleisch	%	4	45	33	16	1
Milchprodukte (excl. Butter)	%	5	24	35	32	4
Fisch und Meeresfrüchte	%	6	18	64	11	1

Quelle: FAOSTAT, eigene Berechnungen.

Beim Außenhandel gibt es zwei extreme Positionen (Tabelle 2.3). Ausschließlich Nettoimporte verzeichnet Afrika; besonders hoch ist dort der Zuschussbedarf mit 53 Mio. t bei Getreide. Den Gegenpol stellt Amerika dar, das bei fast allen Produkten Nettoexporteur ist. Nur bei Schaf- und Ziegenfleisch sowie Milchprodukten ist Amerika Nettoimporteur. Diese Importmengen sind jedoch gering und fallen daher kaum ins Gewicht. Der Nettoexport Amerikas bei Getreide beläuft sich auf 107 Mio. t, das sind etwa 90 % der Nettoimporte Afrikas und Asiens zusammen. Der höchste Nettoexport ist bei Mais zu verzeichnen, gefolgt von Weizen. Auch bei Zucker – vor allem durch die Rolle Brasiliens – sind hohe Nettoexporte festzustellen, desgleichen bei Pflanzenölen. Im Bereich Fleisch ergeben sich in Südamerika hohe Nettoexporte, und zwar bei Rind-, Schweine- und Geflügelfleisch. Asien weist mit Ausnahme von Reis und Pflanzenölen Nettoimporte auf. Die Nettoimporte sind zum Teil deutlich höher als in Afrika; sie sind besonders hoch im Bereich Futtermittel und tierische Produkte.

Europa ist „großer“ Nettoimporteur bei Futtermitteln (Mais und Soja), pflanzlichen Ölen und Fleisch (Rind- und Geflügelfleisch). Nettoexporteur ist Europa, vor allem bei Weizen und Milchprodukten.

Tabelle 2.3: Agrarproduktion und Nettoexporte (+) bzw. Nettoimporte (-) (2007)

		Welt	Afrika	Amerika	Asien	Europa	Ozeanien
Produktion							
Getreide (excl. Bier)	Tsd. t	2.121.320	130.802	632.650	944.389	390.586	22.891
Weizen	Tsd. t	604.465	18.610	102.988	279.870	189.613	13.383
Reis geschält	Tsd. t	437.509	13.940	22.269	398.779	2.399	122
Mais	Tsd. t	787.440	47.350	455.014	217.161	67.483	432
Stärkehaltige Knollen-/Wurzelfr.	Tsd. t	712.663	205.368	84.451	289.518	131.205	2.121
Zucker und Süßstoffe	Tsd. t	196.616	10.132	76.650	74.910	29.518	5.406
Erbsen u. Bohnen	Tsd. t	59.361	11.971	12.704	28.177	5.264	1.245
Ölsaaten	Tsd. t	148.737	8.533	46.470	75.006	17.400	1.325
Pflanzenöle	Tsd. t	135.106	6.594	33.607	73.845	20.718	342
Sojaöl	Tsd. t	37.038	324	23.576	10.162	2.969	7
Fleisch insges.	Tsd. t	268.707	13.550	88.780	106.492	54.191	5.694
Rindfleisch	Tsd. t	64.802	5.117	30.628	15.052	11.131	2.875
Schaf und Ziegenfleisch	Tsd. t	12.884	2.414	547	7.280	1.368	1.276
Schweinefleisch	Tsd. t	99.878	950	18.112	53.674	26.689	453
Geflügelfleisch	Tsd. t	85.330	3.580	38.376	28.453	13.894	1.027
Milchprodukte (excl. Butter)	Tsd. t	677.746	36.334	164.686	237.074	214.384	25.267
Fisch u. Meeresfrüchte	Tsd. t	135.559	8.219	24.100	86.728	15.318	1.194
Nettoex- (+) bzw. importe (-)							
Getreide (excl. Bier)	Tsd. t		-53.214	107.322	-66.559	17.028	16.863
Weizen	Tsd. t		-30.902	42.578	-28.494	19.760	14.323
Reis geschält	Tsd. t		-6.755	954	12.774	-1.680	-76
Mais	Tsd. t		-12.566	61.872	-36.765	-10.674	-47
Stärkehaltige Knollen-/Wurzelfr.	Tsd. t		-483	597	-562	-4.446	-217
Zucker und Süßstoffe	Tsd. t		-4.718	20.386	-9.069	-6.520	3.964
Erbsen und Bohnen	Tsd. t		-950	3.662	-2.466	-597	517
Ölsaaten	Tsd. t		-1.121	69.775	-52.244	-15.923	196
Pflanzenöle	Tsd. t		-5.480	8.618	5.018	-7.745	-319
Sojaöl	Tsd. t		-1.624	8.410	-5.566	-446	-46
Fleisch insges.	Tsd. t		-1.442	10.491	-6.235	-2.862	2.409
Rindfleisch	Tsd. t		-511	2.379	-1.224	-1.093	1.788
Schaf und Ziegenfleisch	Tsd. t		-50	-146	-210	-221	721
Schweinefleisch	Tsd. t		-129	2.121	-2.089	252	-155
Geflügelfleisch	Tsd. t		-756	5.785	-2.706	-1.216	4
Milchprodukte (excl. Butter)	Tsd. t		-5.763	-3.186	-13.953	11.523	16.394
Fisch und Meeresfrüchte	Tsd. t		-815	8.267	-4.771	-5.091	180

Quelle: FAOSTAT, eigene Berechnungen.

Bezeichnend für Ozeanien ist, dass sich aufgrund der niedrigen Inlandsverwendung die Nettoexporte in den für diese Region bedeutenden Produktbereichen (Getreide, Zucker, Rind- und Schaffleisch sowie Milch) auf mehr als 50 % der Produktion belaufen.

2.4 Verwendung

Nachfolgend ein kurzer Überblick über die Verwendung pflanzlicher Produkte in 2007 (Tabelle 2.4).⁷

Tabelle 2.4: Inlandsangebot und Verwendung pflanzlicher Produkte (2007)

	Inlandsangebot Tsd. t	Verwendung % Angebot			
		Nahrung	Futter	Ver- arbeitung	Sonstige Nutzung
Getreide (excl. Bier)	2.066.740	47	36	6	8
Weizen	612.530	71	17	2	5
Reis geschält	423.471	82	5	1	9
Mais	735.947	15	63	11	10
Stärkehaltige Knollen-/Wurzelfrüchte	716.688	57	23	2	14
Zuckerrüben und Zuckerrohr	1.870.790	1	2	91	4
Zuckerrohr	1.624.210	1	2	91	4
Zuckerrüben	246.582	0	4	92	3
Zucker und Süßstoffe	186.817	86	0	4	11
Erbsen und Bohnen	60.587	71	18	0	5
Sojabohnen	225.160	5	3	88	1
Raps- und Senfsaaten	52.005	2	7	87	4
Pflanzliche Öle	133.191	56	1	1	43
Sojaöl	35.701	70	1	0	29
Raps- und Senföl	18.263	52	3	0	45

Quelle: FAOSTAT (2007).

Getreide wird zu 47 % als Nahrungsmittel verwendet, davon Reis zu 82 % und Weizen zu 71 %. Bei Mais sind es nur 15 %, während die Futtermittelverwendung mit 63 % dominiert, 11 % gehen in die Verarbeitung⁸ (Stärke und Flüssigzucker) sowie 10 % in sonstige Verwendungen, die (wahrscheinlich) Biotreibstoffe mit einschließen. Bei Pflanzenölen werden etwas mehr als die Hälfte als Nahrungsmittel verwendet. 43 % aller Pflanzenöle, 45 % des Rapsöls bzw. 29 % des Sojaöls geht in sonstige Nutzungen, die chemisch-technische Nutzung sowie als Biotreibstoffe einschließen.

Zum **Biotreibstoffbereich** wird hier auf den OECD-FAO Outlook 2011 – 2020 (OECD, 2011) zurückgegriffen, und zwar auf Daten für das Jahr 2009. Weltweit wurden 91 Mio. cbm Ethanol produziert, davon 44 Mio. cbm in den USA, 25 Mio. cbm in Brasilien und

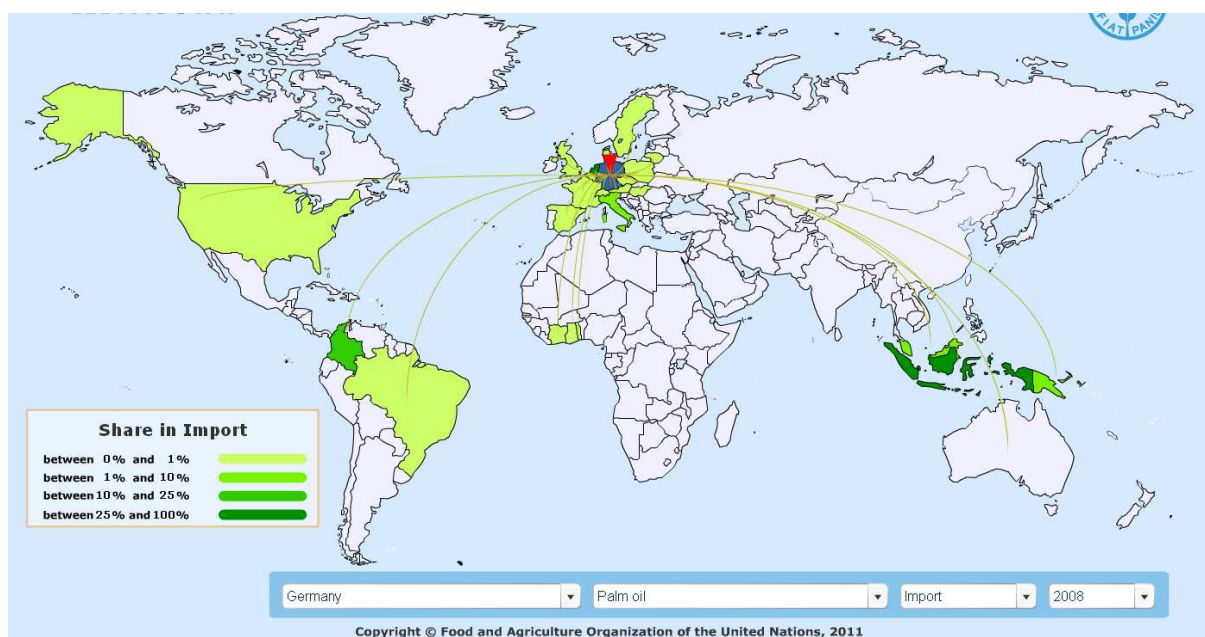
⁷ Tierische Produkte werden hier nicht dargestellt, weil Fleisch zu über 98 %, Milchprodukte zu 83 % und Fisch zu 79 % als Nahrungsmittel verwendet werden. Nach der statistischen Datengrundlage werden Verarbeitungsprodukte wie Zuckerrüben der Rubrik „Verarbeitung“ zugeordnet, obwohl Zucker zu hohen Anteilen als Nahrungsmittel verwendet wird.

⁸ Bei Zuckerrüben und -rohr sowie Ölsaaten werden erst durch technische Verarbeitung verwertbare Produkte gewonnen.

nur 5,7 Mio. cbm in der EU-27. Bei Biodiesel waren es 17 Mio. cbm weltweit, davon 55 % in der EU-27. Die Ethanolproduktion basiert in Brasilien auf Zuckerrohr, von dem derzeit etwa die Hälfte für diesen Zweck verwendet wird. In den USA erfolgt die Produktion auf Maisbasis, etwa ein Drittel des Futtergetreides wird für diesen Zweck eingesetzt. Die Anteile der Ethanolerzeugung sind bis 2011 weiter angestiegen. Nach Pressemitteilungen vom Juli 2011 soll in den USA inzwischen mehr Mais für die Ethanolherstellung verwendet werden als im Futtermittelsektor.⁹ Weltweit wurden 2009 etwa 12 % des Futtergetreides für die Ethanolerzeugung eingesetzt.

In der EU liegt der Schwerpunkt der Biotreibstoff-Erzeugung bei Biodiesel. Hierfür werden 8,9 Mio. t Pflanzenöle verwendet; das sind 63 % des derzeitigen Pflanzenölangebots in dieser Region. Von diesen werden aber etwa drei Viertel als Ölsaaten oder Pflanzenöle importiert. In Karte 2.4 werden die Warenströme am Beispiel der Palmölimporte dargestellt. Indonesien und Malaysia sind die bedeutendsten Lieferländer.

Karte 2.4: Einfuhr von Palmöl nach Deutschland



Quelle: <http://faostat.fao.org/DesktopModules/Faostat/WATFDetailed2/watf.aspx?PageID=536>.

⁹ AGRARZEITUNG (2011): US-Mäster fordern Vorrang für die Maisverfütterung. 21. 07. 2011. <http://www.agrarzeitung.de/nachrichten/pages/protected/show.php?id=39372&sortierid=1&currPage=91&timer=1320918530¶ms=1>

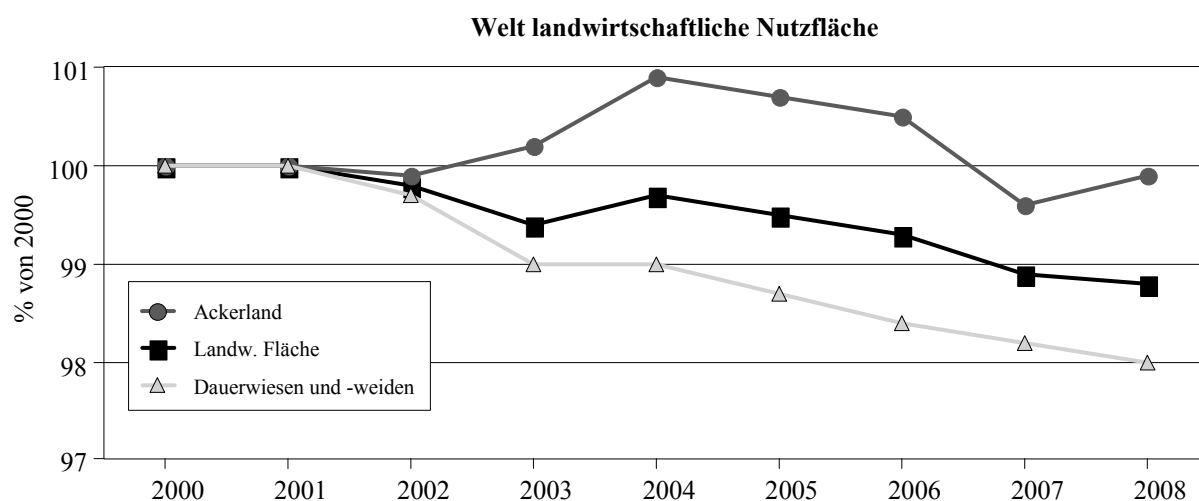
3 Verfügbare Ackerflächen und Potenziale für Bioenergie

Über die Verfügbarkeit und Mobilisierbarkeit von Flächen für die ackerbauliche Nutzung auf Grundlage der vorhandenen Technologien liegen Projektionen der FAO vor (BRUINSMAN, 2009). Diese Potenziale basieren im Wesentlichen auf der Inkulturnahme stillgelegter Flächen sowie Experteneinschätzungen zur Umwandlung von Grasland und Steppenflächen für die Ackernutzung.

3.1 Entwicklung von Ackerflächen nach Status quo-Projektionen

Zunächst ein Rückblick auf die Entwicklung seit 2000, basierend auf FAOSTAT¹⁰: Im Zeitraum bis 2008 ist die landwirtschaftliche Fläche um 1 % zurückgegangen (Abbildung 3.1). Die Grünlandfläche wurde mit 2 % stärker eingeschränkt, während die Acker(Anbau)fläche zwischen 2003 und 2006 um 1 % ausgeweitet wurde, um dann 2007 und 2008 wieder auf das Ausgangsniveau zurückzugehen.

Abbildung 3.1: Entwicklung der landwirtschaftlichen Flächennutzung (Welt)



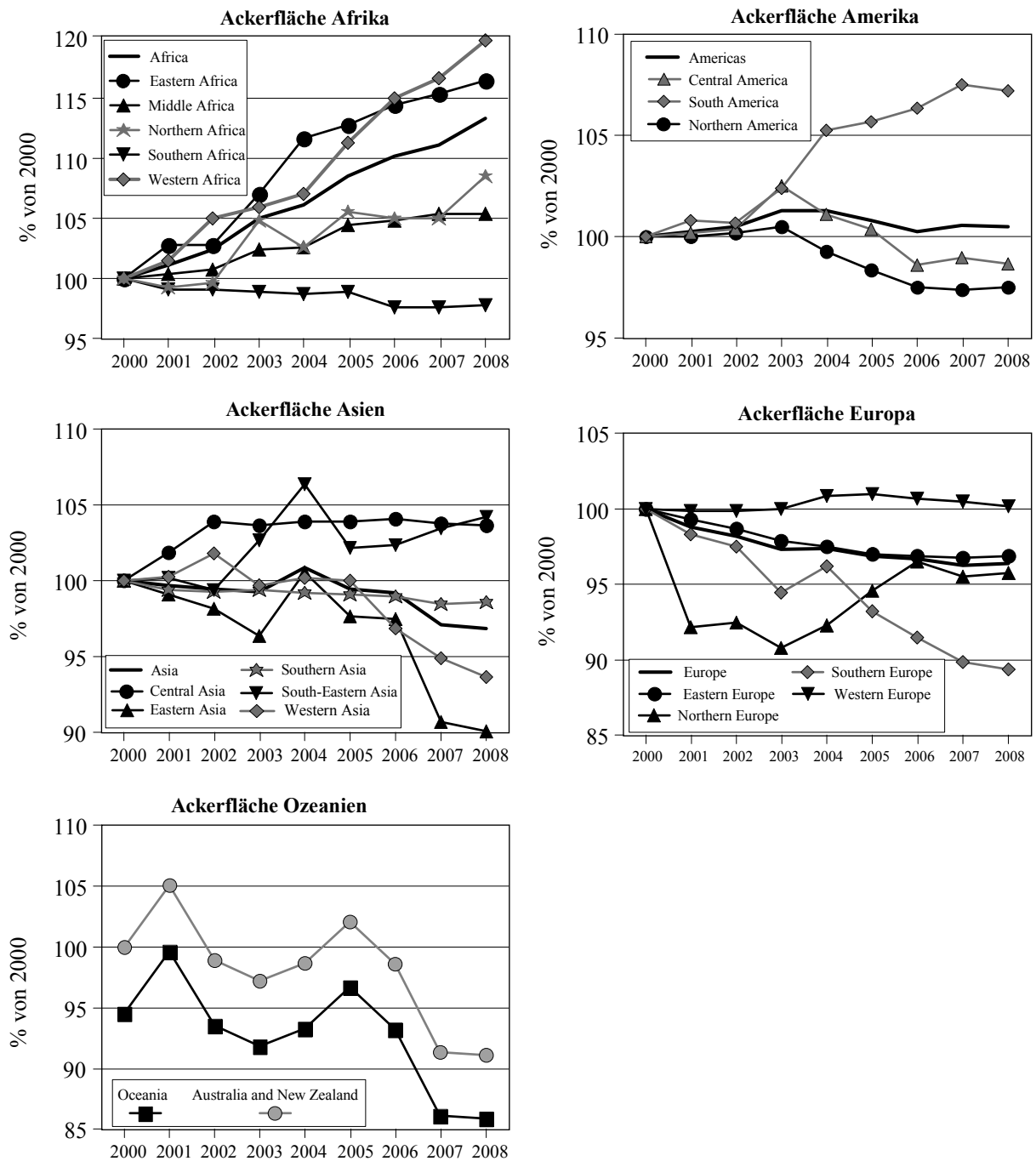
Quelle: FAOSTAT, eigene Berechnungen.

Ein deutlicher Rückgang der Ackerfläche zeichnet sich in Ozeanien ab (Abbildung 3.2), wo infolge der Trockenheit durch El Niño die Fläche in 2007 und 2008 um 8 % eingeschränkt wurde. Auch in Europa ist die bewirtschaftete Ackerfläche um 3 % zurückgegangen. Dies hängt mit der Transformation des Agrarsektors in Osteuropa zusammen, bei

¹⁰ 2000 betrug die landwirtschaftliche Fläche 4,99 Mrd. ha, wovon 28 % auf Ackerflächen und 72 % auf Dauergrünland und Weiden entfielen.

dem größere Flächenanteile brach gefallen sind. In Westeuropa blieb die genutzte Ackerfläche konstant. Während in Südeuropa ein starker Rückgang um 10 % in 2007 einsetzt, wurde der 10%-ige Rückgang in Nordeuropa durch einen Anstieg ab 2006 zur Hälfte wieder aufgefangen.

Abbildung 3.2: Entwicklung der Ackerflächennutzung nach Kontinenten



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis FAOSTAT.

Auf dem amerikanischen Kontinent ist ein Rückgang um 1 bis 2 % in Mittel- und Nordamerika festzustellen, während in Südamerika die Ackerfläche sukzessiv um bis zu 7,5 % ausgedehnt wurde. Hier wurden im größeren Umfang Steppenflächen (Cerrados) für den Anbau von Sojabohnen, Mais und Baumwolle in Ackerflächen umgewandelt. Experteneinschätzungen gehen davon aus, dass dort 70 Mio. ha Ackerfläche mobilisiert werden könnten (FAO, 2008). Ein Teil der Ackerflächen entsteht aber auch auf abgeholzten Tropenwaldflächen (MCINTYRE et al., 2009; FORESIGHT, 2011).

In Asien zeigen sich keine einheitlichen Entwicklungen: Die Anbauflächen in Ostasien sind 2007 und 2008 um knapp 10 % eingeschränkt worden. Diese Entwicklung ist vergleichbar mit Ozeanien, was darauf hindeutet, dass witterungsbedingte Veränderungen eine Rolle spielen; möglicherweise sind es aber auch „Lücken“ in der statistischen Erhebung. In West- und Südasien ist ein deutlich geringerer Flächenrückgang (2 %) festzustellen. Sowohl in Zentralasien als auch in Südostasien wurden dagegen die Ackerflächen um etwa 4 % ausgedehnt. In Südostasien dürfte dies auf die starke Ausweitung der Palmölherzeugung (DEINIGER UND BEYERLEE, 2011), vor allem in Indonesien, zurückzuführen sein. Etwa die Hälfte der dafür benötigten Flächen wurde durch Rodung von Tropenwald bzw. die Inkulturnahme von Moorflächen erschlossen.

In Afrika ergibt sich ebenfalls eine divergierende Entwicklung. In Südafrika wurden die Anbauflächen um 2,5 % eingeschränkt, in Zentral- und Nordafrika jedoch um etwa 5 % ausgedehnt. Eine kontinuierlich starke Flächenausweitung zur ackerbaulichen Nutzung ergibt sich für West- (20 %) und Ostafrika (17 %). Vor allem die Küstenregionen weisen eine hohe Bevölkerungsdichte und Bevölkerungswachstum auf (GAEZ). Um dem steigenden Nahrungsmittelbedarf nachzukommen, wird Sekundärwald gerodet und die Bracheperiode im Rahmen des Shifting Cultivation verkürzt. Zudem haben seit der Preishausse in 2007 ausländische Investoren verstärkt Land gekauft oder gepachtet (DEINIGER UND BEYERLEE, 2011), häufig zum Zwecke der Nutzung für die Bioenergiegewinnung (Ölpalmenanbau in Westafrika bzw. von *Jatropha* in Ostafrika) aber auch für die Erzeugung von Nahrungsmitteln zur Versorgung der Bevölkerung in den Herkunftsländern der Investoren (Golf-Staaten, Indien, China und Südkorea).

Projektionen zur Ackerflächen(nutzung) bis 2050 wurden von der FAO im Rahmen des Expertenmeetings „How to Feed the World in 2050“ vorgestellt. Sie basieren auf FAOSTAT und Experteneinschätzungen, in die auch Potenzialabschätzungen auf Basis von GAEZ eingeflossen sind (FISCHER, 2009). Eine verstärkte Flächennutzung für Bioenergie wie auch Veränderungen infolge des Klimawandels werden hierbei nur am Rande berücksichtigt.

Die Analysen von BRUINSMA (2009) geben zunächst einen guten Einblick, wie global betrachtet die für die Ernährung der um 70 % wachsenden Weltbevölkerung erforderliche Nahrungsmittelproduktion bereitgestellt werden könnte (Tabelle 3.1). Demnach entfallen 77 % der zusätzlichen Erzeugung auf einer Erhöhung der Erträge, 14 % auf die Erhöhung des Vorleistungseinsatzes und nur 9 % auf die Ausdehnung der Anbaufläche. Ertragsstei-

gerungen haben vornehmlich in Industrie- und Schwellenländern Bedeutung, während vor allem in Afrika, südlich der Sahara, die Erzeugung über die Ausweitung der Anbaufläche mobilisiert wird.

Tabelle 3.1: Bestimmungsgründe des Wachstums in der pflanzlichen Produktion (Welt) – historisch und Projektion (in Prozent)

	Arable land expansion		Increases in cropping intensity		Yield increases	
	1961 - 2005	2005/07 - 2050	1961 - 2005	2005/07 - 2050	1961 - 2005	2005/07 - 2050
All developing countries	23	21	8	8	70	71
sub-Saharan Africa	31	25	31	6	38	69
Near East/North Africa	17	-7	22	17	62	90
Latin America and Caribbean	40	30	7	18	53	52
South Asia	6	5	12	8	82	87
East Asia	28	2	-6	12	77	86
World	14	9	9	14	77	77
developing countries with less than 40 percent of their potentially arable land in use in 2005*		30		15		55
developing countries with over 80 percent of their potentially arable land in use in 2005**		2		9		89

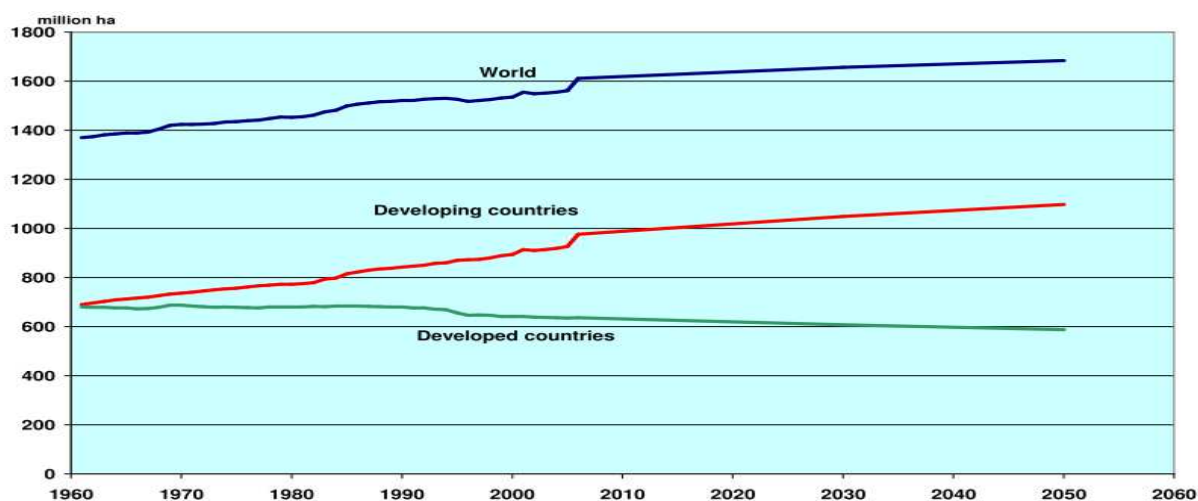
* 42 countries accounting for 15 percent of the population in developing countries.

** 19 countries accounting for 35 percent of the population in developing countries.

Quelle: BRUINSMA (2009).

Abbildung 3.3 zeigt die Entwicklung und Projektion der Acker- und Dauerkulturflächen auf. Demnach wird die Fläche von 1,56 Mrd. ha in 2005 bis 2050 auf 1,67 Mrd. ha zu nehmen. Dabei ergibt sich eine starke Verschiebung der Flächenanteile zugunsten von Entwicklungsländern von 50 % in 1969 auf 65 % in 2050. In Industrieländern nimmt die Fläche im gesamten dargestellten Zeitraum um 100 Mio. ha auf 600 Mio. ha in 2050 (35 %) ab.

Abbildung 3.3: Entwicklung der Ackerflächennutzung nach Industrie- und Entwicklungsländern



Source: BRUINSMA (2009).

Nach dieser Projektion ist eine Flächenabnahme (BRUINSMA, Tabelle 3.2) um 4 Mio. ha in Nordafrika und dem Nahen Osten zu erwarten, möglicherweise zurückzuführen auf Wasserknappheit und Versalzung von Bewässerungsflächen. In Ostasien ist ebenfalls nur eine geringe Flächenausdehnung um 2 Mio. ha zu erwarten, während die Flächen nach Schätzungen in Südasien um 6 Mio. ha ausgeweitet werden, was möglicherweise mit der Ausdehnung der Palmölherzeugung (Indonesien und Malaysia) sowie des Reisanbaus, vor allem in Vietnam und Myanmar, zusammenhängen dürfte.

Tabelle 3.2: Entwicklung und Projektion der Ackerflächennutzung (incl. Dauerkulturen)

	arable land in use						annual growth			balance	
	1961 /63	1989 /91	2005	2005 adj.	2030	2050	1961- 2005	1990- 2005	2005- 2050	2005	2050
	(million ha)						(percent p.a.)			(million ha)	
sub-Saharan Africa	133	161	193	236	275	300	0.80	1.07	0.55	786	723
Latin America	105	150	164	203	234	255	1.01	0.64	0.52	861	809
Near East/ North Africa	86	96	99	86	84	82	0.34	-0.02	-0.11	13	16
South Asia	191	204	205	206	211	212	0.15	0.07	0.07	14	7
East Asia	178	225	259	235	236	237	0.99	1.12	0.02	131	129
excl. China	73	94	102	105	109	112	0.85	0.71	0.15	78	75
Developing countries	693	837	920	966	1040	1086	0.67	0.65	0.27	1805	1684
excl. China and India	426	536	594	666	740	789	0.75	0.66	0.39	1730	1609
Industrial countries	388	401	388	388	375	364	-0.02	-0.21	-0.15	486	510
Transition countries	291	277	247	247	234	223	-0.32	-0.90	-0.23	250	274
World	1375	1521	1562	1602	1648	1673	0.30	0.17	0.10	2576	2503

Quelle: BRUINSMA (2009).

Die stärkste Flächenausweitung wird in Afrika südlich der Sahara (64 Mio. ha) und Lateinamerika (52 Mio. ha) erwartet. In Afrika dürfte die zusätzliche Anbaufläche überwiegend zur Nahrungsmittelproduktion der stark wachsenden Bevölkerung eingesetzt werden. In Südamerika werden Ackerflächen den Schätzungen zufolge vor allem in Brasilien und Argentinien mobilisiert. In Brasilien sind die größten mobilisierbaren Flächenreserven vorhanden, denn von den ca. 300 Mio. ha Cerrados (CREMAQ, 2010; ISERMEYER und ZIMMER, 2008) werden bisher nur 50 Mio. ha ackerbaulich genutzt.

Für weitergehende Potenzialabschätzungen, insbesondere der über 3 Mrd. ha Grünland und Weideflächen, greift die FAO auf Analysen auf Basis des GAEZ zurück (FISCHER, 2009) (Tabelle 3.3). Demnach wären (einschließlich Ackerland) 4,2 Mrd. ha für den Regenfeldanbau von Ackerpflanzen geeignet, davon jeweils ein Drittel mit sehr guter bzw. guter Eignung. Davon wurden bisher schon 1,6 Mrd. ha für Acker- und Dauerkulturen genutzt. Mobilisierbare Flächenpotenziale wären vor allem in Afrika, südlich der Sahara, und Südamerika vorhanden. Die erschließbaren Flächen konzentrieren sich auf folgende

Länder (Abbildung 3.4): Brasilien, Republik Kongo, Angola, Sudan, Argentinien, Kolumbien und Bolivien (BRUINSMA, 2009). Hingegen sind in Südasien, im Nahen Osten und Nordafrika keine Flächen mobilisierbar. BRUINSMA (2009) weist darauf hin, dass diese Potenzialabschätzung überhöht sein dürfte, da andere für die Nutzbarkeit entscheidenden Faktoren wie Wasser und Nährstoffverfügbarkeit, Geländeform, etc. nicht hinreichend berücksichtigt sind und deshalb eine Validierung auf regionaler Ebene erforderlich ist.

Tabelle 3.3: Flächenpotenzial für den Anbau von Ackerkulturen (Regenfeldbau) (Mio. ha)

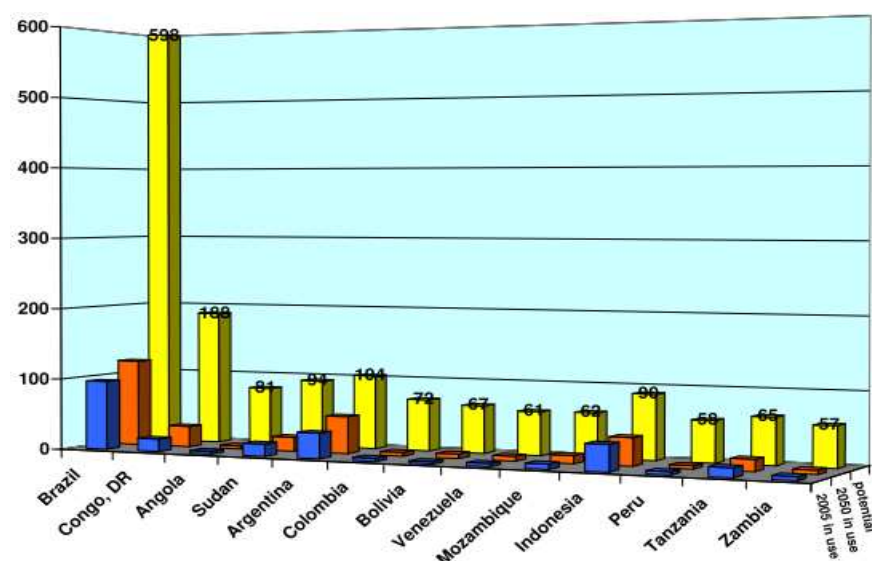
	Total land surface	Share of land suitable (%)	Total land suitable	Very suitable (VS)*	Suitable (S)	Moderately suitable (MS)	Marginally suitable (mS)	Not suitable (NS)
Developing countries	7302	38	2782	1109	1001	400	273	4520
Sub-Saharan Africa	2287	45	1031	421	352	156	103	1256
Near East/North Africa	1158	9	99	4	22	41	32	1059
Latin America	2035	52	1066	421	431	133	80	969
South Asia	421	52	220	116	77	17	10	202
East Asia	1401	26	366	146	119	53	48	1035
Industrial countries	3248	27	874	155	313	232	174	2374
Transition countries	2305	22	497	67	182	159	88	1808
World**	13400	31	4188	1348	1509	794	537	9211

* VS = yield attainable is 80 to 100 percent of the maximum constraint-free yield; S = 60-80%; MS = 40-60%; mS = 20-40%; NS = <20%.

** Including some countries not covered in this study.

Quelle: BRUINSMA (2009).

Abbildung 3.4: Entwicklungs- und Schwellenländer mit den größten potenziell nutzbaren Landflächen (Mio. ha)



Quelle: BRUINSMA (2009).

3.2 Flächenpotenziale für die Biomasseproduktion^{13 14}

Ein Teil der projizierten Flächenpotenziale für eine mögliche Biomasseerzeugung basiert auf der Nutzung von Grünland und Weideflächen. Diesbezüglich besteht das Problem, dass die Flächenangaben oftmals ungenau sind. FAO beziffert die Dauergrünland- und Weideflächen auf 3,4 Mrd. ha, während beim GAEZ nur Schätzungen für Grünland zusammen mit verbuschter Fläche vorliegen, die sich auf 4,6 Mrd. ha belaufen (Tabelle 3.4). Des Weiteren liegen keine Informationen vor, welcher Anteil für die tierische Produktion genutzt wird bzw. benötigt würde. FISCHER et al. (2011) schätzten unter Verwendung von GAEZ, dass von den 4,6 Mrd. ha 1,75 Mrd. ha potenziell für die Erzeugung von Lignocellulosen genutzt werden könnten; 0,5 Mrd. ha sind Schutzflächen und 2,4 Mrd. ha sind unproduktiv bzw. mit sehr niedriger Produktivität. Von den 1,75 Mrd. ha dürfen mindestens die Hälfte zur Raufuttererzeugung für die tierische Produktion benötigt werden, sodass hier Konkurrenzbeziehungen zwischen Biomasse und Futterproduktion zu erwarten sind (NILSSON, 2011; BRINGEZU, 2011).

Tabelle 3.4: Regionale Bilanz von Grasland und Waldflächen mit Potenzial für die Lignocelluloseproduktion zur Bioenergiegewinnung

Region	Total grassland and woodland (mill. ha)	Of which			Potential rain-fed yield		
		Protected areas (mill. ha)	Unproductive or very low productive (mill. ha)	Balance of grassland and woodland (mill. ha)	Average yield (dry t/ha)	Low yield (dry t/ha)	High yield (dry t/ha)
North America	659	103	391	165	9.3	6.7	21.4
Europe & Russia	902	76	618	208	7.7	6.9	14.5
Pacific OECD	515	7	332	175	9.8	6.5	20.0
Africa	1086	146	386	554	13.9	6.7	21.1
Asia, East	379	66	254	60	8.9	6.4	19.0
Asia, South	177	26	81	71	16.7	7.6	21.5
Latin America	765	54	211	500	15.6	7.1	21.8
Middle East & N. Africa	107	2	93	12	6.9	6.3	10.6
Developed	2076	186	1342	548	8.9	6.7	21.0
Developing	2530	295	1029	1206	14.5	6.8	21.5
World	4605	481	2371	1754	12.5	6.8	21.5

Quelle: FISCHER et al. (2008).

In einer neueren Analyse gehen FISCHER et al. (2011) von einem geringeren Flächenpotenzial aus, das sich bei Gras- und Weideland, nach Abzug der Schutzflächen, auf 3,4 Mrd. ha beläuft (Tabelle 3.5). Von diesen wären für den Anbau von Biotreibstoffen

¹³ Details zu einigen der referierten Potenzialabschätzungen sind im Anhang 2 aufgeführt.

¹⁴ Projektionen der Universität Hohenheim werden in einem separaten Bericht dargestellt (ZEDDIES et al., 2012).

geeignet: 228 Mio. ha für Zuckerrohr¹⁵, 577 Mio. ha für Mais, 389 Mio. ha für Maniok, 328 Mio. ha für Raps, 683 Mio. ha für Sojabohnen und 44 Mio. ha für Ölpalmen.^{16 17} Hierbei handelt es sich ausschließlich um technische Potenziale, die u. E. weit überhöht sein dürften. Zudem werden Konkurrenzbeziehungen verschiedener Rohstoffpflanzen auf den einzelnen Standorten nicht berücksichtigt.

Tabelle 3.5: Potenziell nutzbare Flächen für den Anbau von Pflanzen zur Treibstoffgewinnung (Mio. ha)

REGIONS	NOT PROTECTED	POTENTIALS for currently not protected grassland and woodland						
	Grassland and woodland	Sugarcane	Maize	Cassava	Rape	Soybean	Oil palm	Jatropha
North America	452	2	7	1	31	17	0	5
Europe & Russia	459	0	13	0	45	5	0	0
Oceania & Polynesia	496	2	49	8	13	38	2	8
Asia	511	8	18	10	38	19	5	18
Africa	878	70	326	188	92	346	12	219
Central Amer. & Carib.	71	4	10	4	6	10	2	6
South America	541	141	154	178	103	247	25	211
Developed	1,400	3	68	7	89	58	0	10
Developing	2,007	225	509	382	239	625	44	456
World	3,408	228	577	389	328	683	44	467

Quelle: FISCHER et al. (2011), S. 124

Der Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung (WBGU) kommt in seinem Gutachten zu „Future Bioenergy and sustainable land use“ (SCHUBERT et al., 2008) zu geringeren Erzeugungspotenzialen.¹⁸ Hierbei wird angenommen, dass die Ernährung der Bevölkerung Vorrang hat, wobei zurückgreifend auf FAO bis 2050

- a) ohne oder bei geringen Ertragssteigerungen 120 Mio. ha zusätzliche landwirtschaftliche Fläche,
- b) bei hohen Ertragssteigerungen keine zusätzlichen Flächen erforderlich sind.

¹⁵ Die Projektionen für Zuckerrohr sind nach Zeddies (pers. Mitteilung) weit überhöht, da Wasser zum limitierenden Faktor wird.

¹⁶ Zusätzlich nennt FISCHER et al. (2011) 467 Mio. ha für den Anbau von Jatropha, dessen Anbauwürdigkeit nach ersten Erfahrungen aber eher als sehr ungünstig einzuschätzen ist.

¹⁷ Aus diesen Ergebnissen lassen sich auch Schlüsse über die komparativen Standortvorteile für den Anbau dieser Kultur ziehen. Die Erschließung dieser Anbaupotenziale setzt u. a. voraus, dass komparative Standortvorteile genutzt werden sollten bzw. durch Nutzung und Entwicklung technischer Fortschritte einen Beitrag zu leisten haben.

¹⁸ Modellanalysen durch PIC-Potsdam (BERINGER und LUCHT, 2008) unter Verwendung des LPJmL- (Lund-Potsdam-Jena) Modells.

Naturschutzflächen würden von der Nutzung voll oder nur teilweise ausgenommen. Nach diesen Berechnungen ergeben sich bei zwei unterschiedlichen Annahmen in 2050 240 Mio. ha (Annahme: zusätzliche LF für die Nahrungsmittelproduktion, hohe Naturschutzansprüche) bis 500 Mio. ha (Annahme: ohne zusätzliche LF für Food-Produktion und geringere Naturschutzansprüche) verfügbare Flächenpotenziale für die Biomassenutzung. Auf diesen Flächen könnten 76 bis 220 EJ Bioenergie erzeugt werden, was ca. 20 % des für 2050 geschätzten Primärenergiebedarfs von 600 bis 1.040 EJ (FAAIJ, 2008) entspricht. Das größte Potenzial wird in Südamerika einschließlich Karibik mit 17 bis 48 EJ gesehen sowie mit jeweils 8 bis 29 EJ in China und Nachbarstaaten, Nordamerika und Osteuropa.

Im Rahmen dieser Studie wird auch ein Überblick gegeben über vorliegende Potenzialabschätzungen, differenziert nach Reststoffen bzw. dem Anbau auf landwirtschaftlichen Flächen, ungenutzten Flächen, degradierten Landflächen sowie Forstflächen (siehe Tab. 3.6):

- WOLF¹⁹ (2003) schätzt das Erzeugungspotenzial für Energiepflanzen in 2050 auf Null bis 790 EJ, wobei der niedrigste Wert bei einer Zunahme des Fleischkonsums und einer extensiven Wirtschaftsweise, das höchste Potenzial ohne Änderung der Konsumgewohnheit und hoher Intensität der Erzeugung gilt.
- HOGWIJK (2004) ermittelt Ertragspotenziale von 130 bis 410 EJ auf ungenutzten sowie 35 bis 245 EJ auf degradierten Flächen. Das IFEU (2007) ermittelt Potenziale von 240 bis 620 EJ, wobei mehr als zwei Drittel durch die Erzeugung auf landwirtschaftlichen Flächen erfolgt, der Rest auf Forstflächen sowie der Nutzung von land- und forstwirtschaftlichen Beiprodukten.
- Die größten Erzeugungspotenziale von 365 bis 1.442 EJ wurden von SMEETS et al. (2007) ermittelt, wobei 215 bis 1.272 EJ durch Anbau von Energiepflanzen auf landwirtschaftlichen Flächen, 74 EJ auf Forstflächen und bis zu 90 EJ aus organischen Abfallstoffen basieren (s. Box 3.1). Dieses Potenzial wird von anderen Autoren (FAAIJ, 2008) als viel zu optimistisch eingeschätzt.

¹⁹ Ausführungen in Anlehnung an WBGC, S. 96 bis 99, Begrenzung auf Projektion für 2050.

Tabelle 3.6: Überblick über Studien zu Schätzungen des technischen (TP), ökonomischen (WP) und nachhaltigen Potenzials (NP) für Bioenergie (EJ/Jahr)

Sources	Potential, year	Forest increment	Energy crop cultivation			Residues			Total
			Farmland	Unused land	Degraded land	Agriculture	Forestry	Other	
Studies that consider all contributions to the bioenergy potential									
WBGU (2004a)	NP	0	37			17	42	8	104
Hoogwijk et al. (2003)	TP, 2050	0	0-988		8-110	10-32	42-48 ²	10-28	33-1135
Smeets et al. (2007)	TP, 2050	74	215-1272			76-96			365-1442
IEA (2007a)	WP, 2030								68-82 ⁴
IFEU (2007)	WP, 2050	0-45	200-390		15-30	15-70	5-30	5-55	240-620
Doornbosch und Steenblik (2007)	NP, 2050		109			35	91	10	245
Faiij (2008)	NP, 2050	60-100	120 ⁶		70 ⁶	40-170			430-600 ⁶
Studies of the potential from the cultivation of energy crops									
Wolf et al. (2003)	TP, 2050		0-790 ¹						
Hoogwijk et al. (2005)	TP, 2050			130-410	35-245				
	TP, 2100			240-850	35-265				
Tilman et al. (2006)	NP			45 ³					
Campbell et al. (2008)	NP			32-41					
Field et al. (2008)	NP			27					
WBGU (2008)	NP, 2050			34-120 ⁷					
¹ depending on dietary habits and degree of intensification of agricultural production ² including 32 EJ per year from cascade use of biomaterials ³ extensively used grassland of high biodiversity ⁴ for the four IEA scenarios (Reference Scenario, Alternative Policy Scenario, High Growth Scenario, 450 ppm Stabilisation Case) ⁵ Alternative Scenario ⁶ an additional 140 EJ per year in energy crop cultivation as a result of technological progress in agriculture is assumed ⁷ climate model HadCM3, emissions scenario A1B, depending on guard rail scenario and irrigation									

Quelle: SCHUBERT et al. (2008).

Box 3.1: Eine Bottom-up-Abschätzung von globalen Biomassepotenzialen in 2050**Ergebnisse:**

- Die Autoren gehen davon aus, dass zur Produktion der im Jahr 2050 global benötigten Nahrungsmittelmenge etwa 30 bis 85 Prozent der gegenwärtig²⁰ landwirtschaftlich genutzten Fläche ausreichen (S. 83). Damit werden große Mengen an Nutzfläche für die Energieerzeugung frei.
Die Energiemenge, die auf diesen Flächen produziert werden kann (es wird davon ausgegangen, dass auf diesen Flächen vor allem Gehölze wie Pappeln und Weiden angebaut werden), zuzüglich Energie aus land- und forstwirtschaftlichen Abfällen und überschüssigem Waldaufwuchs liegt je nach Annahmen zwischen 370 und 1500 EJ pro Jahr (S. 91). (Es wird davon ausgegangen, dass auf diesen Flächen vor allem Gehölze wie Pappeln und Weiden angebaut werden).

Annahmen:

- Tierproduktion findet 2050 weltweit entweder in industriellen Systemen oder in gemischten Systemen (Gemisch aus Weidehaltung und industriellen Systemen) statt (S. 63).
- Die Futtermittelverwertung erreicht 2050 global das in 1998 höchste beobachtete Niveau. Für Rindfleischproduktion bedeutet dies, das in 2050 weltweit das Niveau von Japan 1998 erreicht wird; in der Milchproduktion das von Nordamerika; in der Schweine- und Geflügelproduktion das Westeuropas (S. 70).
- Die geographische Verteilung der Pflanzenproduktion wird optimiert, d.h. der Anbau einer bestimmten Frucht findet dort statt, wo die natürlichen Gegebenheiten dafür am besten geeignet sind (S. 72).
- Es wird davon ausgegangen, dass 2050 im Pflanzenbau weltweit eine landwirtschaftliche Praxis angewandt wird, die auf dem Niveau der EU, der USA und darüber liegt (S. 73)
- Die Weltbevölkerung steigt bis 2050 auf 8,8 Milliarden Menschen (S. 63)
- Im Jahr 2050 werden genug Nahrungsenergie produziert, um die gestiegene Weltbevölkerung zu ernähren. Aufgrund von Verteilungsproblemen bleibt Unterernährung aber ein Problem.
- Die sich aus dem Klimawandel ergebenden möglichen veränderten Anbaubedingungen wurden nicht berücksichtigt

Bewertung: Die in der Studie gemachten Annahmen über die landwirtschaftliche Produktion im Jahr 2050 sind ausgesprochen optimistisch und scheinen teilweise unrealistisch. So scheint es kaum plausibel, dass die Futtermittelverwertung im Jahr 2050 weltweit die in der jüngeren Vergangenheit beobachteten Spitzenwerte (vergleichbar mit denen in Japan, der EU und den USA) erreicht. Genauso wenig ist davon auszugehen, dass im Jahr 2050 der Pflanzenbau weltweit ein Technologieniveau vergleichbar mit dem der Erzeugung der EU, der USA und darüber erreicht. Die aus diesen Annahmen abgeleitete Reduzierung der für die Ernährung der Weltbevölkerung benötigten Fläche im Jahr 2050 scheint daher wenig realistisch.

Quelle: SMEETS et al. (2007) und eigene Bewertung.

HOGWIJK et al. (2005) sowie SMEETS et al. (2007) ermitteln auch das größte durch Biomasse nutzbare Flächenpotenzial (Tabelle 3.7) mit 2,9 bis 3,7 Mrd. ha (HOGWIJK et al., 2005) bzw. 0,73 bis 3,59 Mrd. ha (SMEETS, et al., 2007), überwiegend auf Basis ungenutzter landwirtschaftlicher Fläche bzw. künftig für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion nicht mehr benötigtem Grünland und Ackerland (HABERL et al., 2007).

²⁰ Die prozentualen Veränderungen beziehen sich auf Daten aus dem Jahr 1998.

Tabelle 3.7: Globales Potenzial der Nettoprimärproduktion (NPP) in 2000 und Ergebnisse von Studien zur Abschätzung des Erzeugungspotenzials für Bioenergiepflanzen

Land-use category	Area [mio. km ²]	Aboveground productivity [MJ/m ² /yr]	Global above-ground NPP [EJ/yr]
(a) Global area and productivity of terrestrial systems in the year 2000 [1**,17]			
Urban areas	1.4	4.6	6
Cropland	15.2	12.8	195
Grazing land	46.9	8.1	379
Human-used forests (forestry)	35.0	14.9	520
Unused productive land	15.8	8.7	137
Unproductive land	16.2	0.1	2
Global total land mass except Greenland, Antarctica	130.4	9.5	1239
Study	Area [mio. km ²]	Yield [MJ/m ² /yr]	Global bio-energy potential [EJ/yr]
(b) Global total estimates of bio-energy potentials from dedicated bio-energy plantations, various recent studies			
(1) Studies referring to the current situation or points in time before 2050			
Field <i>et al.</i> [8], current abandoned farmland	3.9	6.9	27
Campbell <i>et al.</i> [7], current abandoned farmland	3.9–4.7	8.2–8.7	32–41
Sims <i>et al.</i> [15], potential for 2025	0.6–1.4	7.9–24	5–34
(2) Original studies referring to 2050			
Erb <i>et al.</i> [22**], biomass-balance food/feed/bio-energy	2.3–9.9	12–13	28–128
WBGU [5**], vegetation modelling with LPJmL	2.5–5.2	14–23	34–120
van Vuuren <i>et al.</i> [23**], abandoned farmland, grassland	<6	19–60	65–300
Hoogwijk <i>et al.</i> [59], abandoned farmland, 'rest' land	29–37	10–18	300–650
Smeets <i>et al.</i> [11], surplus pasture and farmland	7.3–35.9	29–39	215–1272
(3) Reviews referring to 2050			
MNP [9]/Dornburg <i>et al.</i> [10*], surplus land, improved technology	n.a.	n.a.	120–330
IEA [6], 'sustainable' energy-crops	n.a.	n.a.	190–330
IEA [6], surplus and marginal land	n.a.	n.a.	60–810

Data given in different units in the original studies were converted to Joules assuming 1 kg dry matter biomass = 0.5 kg carbon = 18.5 MJ/kg. If yields were not reported, we calculated average yields by dividing total bio-energy potentials by areas as reported in the respective study. Note that these are primary energy potentials that do not consider losses in conversion (e.g., liquefaction, gasification).

Quelle: HABERL *et al.* (2010).

GIS-basierte Potenzialabschätzungen wurden kürzlich von CAI *et al.* (2010) vorgelegt, die im Wesentlichen auf der Aufsummierung von marginalem Land sowie expertengestützten Ertragsannahmen für lignocellulosehaltige Biomasse (-pflanzen) basieren. Die Anbaupotenziale belaufen sich demnach weltweit auf 320 Mio. ha auf Basis von marginalen Flächen (mit Strauchwerk bewachsenes Grasland). Der Beitrag zur Bereitstellung flüssiger Treibstoffe wird auf 10 bis 55 % des Treibstoffbedarfs geschätzt, ausgehend von Biotreibstoffen der zweiten Generation.

In einer vom Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) für Greenpeace durchgeführten Studie (SEIDENBERGER *et al.*, 2008; ZEDDIES *et al.* 2009) werden Szenarien für Flächen und Bioenergiepotenziale mit einem an der Universität Hohenheim entwickelten Simulationsmodell, basierend auf Daten von FAOSTAT, dargestellt. Diese resultieren aus der Nutzung derzeit stillgelegter Flächen sowie sonstiger Flächen, die künftig nicht mehr für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion benötigt werden, wobei in den Modellrechnungen u. a. unterschiedliche Szenarien zum Kalorienbedarf in der menschlichen Ernährung berücksichtigt werden. In der Projektion des Szenarios BAU (Business As Usual) wird nur noch für 2010 ein positiver Flächensaldo von 4 % der landwirtschaftlichen Flä-

che ermittelt, während bereits ab 2015 mehr Flächen für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion benötigt würden als verfügbar sind. 2050 steigt der Fehlbedarf auf 1,2 Mrd. ha²¹ landwirtschaftlicher Nutzfläche an. In Afrika und Asien würden aufgrund des Bevölkerungswachstums demnach 1,7 Mrd. ha mehr Fläche für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion benötigt als dort verfügbar sind, was über Nahrungs- und Futtermittelimporte bzw. Erschließung von Nutzflächen ausgeglichen werden müsste. In Abhängigkeit von „Ernährungsregimes“, u. a. mit höherem Fleischverbrauch, wächst der Flächenbedarf weiter an.

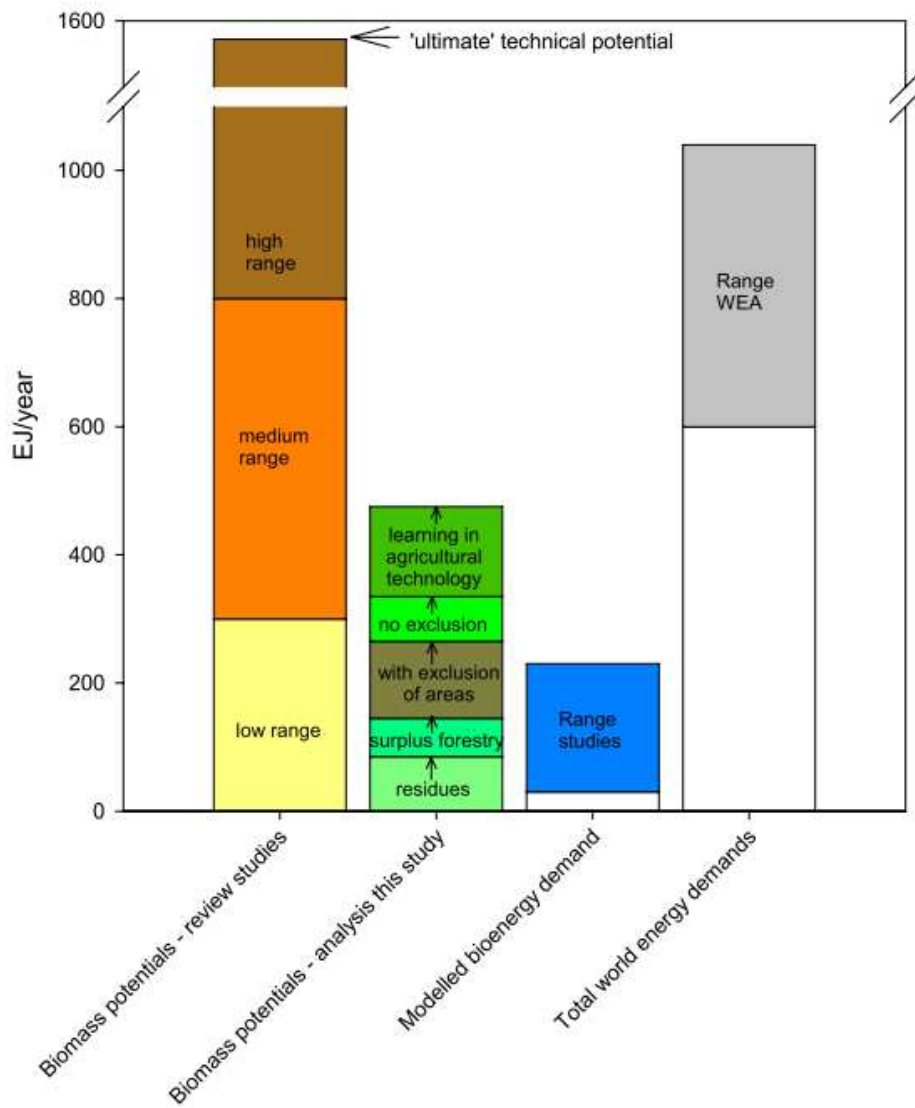
Die großen Unterschiede der vorliegenden Potenzialschätzungen (s. Abbildung 3.5) liegen darin begründet, dass neben land- und fortwirtschaftlich genutzten Flächen auch sonstige Flächen mit einbezogen werden, wobei es unklar ist, in welchem Umfang zum Beispiel die sogenannten marginalen Flächen überhaupt eine ökonomisch und ökologisch tragfähige Nutzung zulassen (ISERMEYER und ZIMMER, 2008). Vor allem durch Ökonomen (KEYZER and MERBIS, 2008; HERTEL, 2010; BUCHANAN et al., 2010; TWEETEN and THOMPSON, 2008) werden die hohen technischen Potenziale infrage gestellt, nicht nur was die potenziell für Biomasse nutzbare Fläche anbelangt, sondern auch die überzogenen Ertragseinschätzungen sowie bezüglich der Potentiale und Effizienz der für die zweiten Generation von Biotreibstoffen einsetzbaren Technologien.

Diese globalen Einschätzungen müssten durch regionale Fallstudien in den Ländern mit den höchsten Erzeugungspotenzialen validiert und durch Entwicklung geeigneter Nutzungsstrategien ergänzt werden (BRUINSMA, 2009). Die derzeit verfügbaren Informationen reichen deshalb nicht aus, politische Entscheidungen und Rahmensetzung im Bereich Bioenergie zu treffen. Ansonsten sind massive Fehlinvestitionen vorprogrammiert.²²

²¹ Bei diesen Schätzungen sind Unterschiede in der Produktivität verschiedener Standorte nicht berücksichtigt. Mit der Produktivität gewichtete Flächenpotenziale (ZEDDIES, 2012) führen zu einem positiven Flächensaldo.

²² Die Pflanze *Jatropha* liefert hierfür ein Beispiel, denn die weltweit projizierten Anbauflächen von mehreren Millionen Hektar sind bisher weder realisiert, noch liegen bisher Ertragsergebnisse vor, die eine wirtschaftliche Erzeugung erwarten lassen.

Abbildung 3.5: Vergleich der in verschiedenen Studien geschätzten Angebotspotenziale für Biomasse in 2050 (EJ/Jahr)



Quelle : DORNBURG et al. (2008).

4 Wie viel Acker- und Grünlandfläche wird global für die Ernährung der Weltbevölkerung in 2050²³ benötigt?

Wir beziehen uns in diesem Kapitel im Wesentlichen auf Analysen der FAO. In einem weiteren Schritt greifen wir Punkte auf, die zu abweichenden Einschätzungen führen könnten und diskutieren diese auf Grundlage der verfügbaren Literatur.

Die FAO-Projektionen gehen von folgenden Grundannahmen aus (BRUINSMA, 2009).

- Eine Zunahme der Weltbevölkerung von 6,4 Mrd. in 2005/07 auf 8,9 Mrd. in 2050. Der Zuwachs erfolgt ausschließlich in Entwicklungs- und Schwellenländern (von 5,0 auf 7,4 Mrd. Einwohner), während die Bevölkerung in entwickelten Ländern annähernd konstant bleibt (1,34 auf 1,36 Mrd.).
- Durch den Anstieg der Kaufkraft verbessert sich die Ernährungssituation durch eine Zunahme des täglichen Kalorienverbrauchs von 2.770 auf 3.050 kcal/Tag weltweit; der Kalorienverbrauch in den Entwicklungsländern liegt dann nur noch um 100 kcal/Tag unter dem globalen Durchschnitt.
- Die Zahl der Hungernden nimmt von 823 Mio. (16,3 %) auf 370 Mio. in 2050 (4,8 %) ab, während der Bevölkerungsanteil mit Überernährung in entwickelten Ländern zunimmt.
- Gleichzeitig wird eine Verbesserung der Proteinversorgung erwartet, die sich in einem Zuwachs der Fleischproduktion von 249 Mio. t auf 461 Mio. t niederschlägt. Der größte Anteil des Zuwachses entfällt auf die Entwicklungsländer (von 141 auf 328 Mio. t).
- Die gesamte Produktion wird um 70 % gesteigert, die pflanzliche um 66 % und die tierische um 76 %. Die Getreideerzeugung nimmt von 2 Mrd. t in 2005 bis 2007 auf 3 Mrd. t in 2050 zu, wobei zwei Drittel der Zunahme auf die Entwicklungsländer entfällt. Dabei wird von einer Abschwächung des jährlichen Ertragszuwachses z. B. bei Getreide von 1,9 % (1961 bis 2007) auf 0,7 % zwischen 2005 bis 2050 ausgegangen (BRUINSMA, 2009, S. 24).

Das Gros der zwischen 2005/07 und 2050 projizierten Zunahme der pflanzlichen Produktion basiert auf dem Produktivitätszuwachs, und zwar durch Ertragssteigerungen (77 %) sowie auf einen höheren Vorleistungseinsatz (14 %). Die Ausweitung der Anbauflächen trägt nur mit 9 % am Produktionszuwachs bei. Der Anteil der Flächenausweitungen ist in

²³ Nach der Auftragsbeschreibung sollen sich die Potenzialabschätzungen auf eine Weltbevölkerung von 10 Mrd. Menschen beziehen und der Einfluss unterschiedlicher Kalorienbedarfe analysiert werden. Da im vTI keine dafür geeigneten Modelle vorliegen und in kurzer Zeit auch nicht entwickelt werden können, stützen wir uns im Wesentlichen auf Projektionen der FAO sowie auf andere Untersuchungen, aus denen der Einfluss unterschiedlicher Nahrungsregime auf den Flächenbedarf abgeleitet werden kann.

Entwicklungsländern mit 21 % deutlich höher, wobei in Ländern, in denen weniger als 40 % der potenziellen Ackerfläche in 2005 genutzt wurden, eine Flächenausweitung um 30 % erwartet wird.

Die FAO projiziert eine Zunahme der Acker (und Dauerkultur) -fläche um 70 Mio. ha (vgl. Tabelle 3.2), von 1,6 Mrd. ha in 2005 auf 1,67 Mrd. ha in 2050. Sie resultiert aus einer Zunahme der Ackerfläche um 120 Mio. ha in Entwicklungs- und Schwellenländern sowie einer Abnahme von jeweils 24 Mio. ha in Industrie- und Schwellenländern (des ehemaligen Ostblocks).

Zu Grünlandflächen liegen von der FAO keine Projektionen vor. Es ist davon auszugehen, dass Grünland entsprechend der Flächenzunahme von Ackerland um bis zu 70 Mio. ha eingeschränkt wird. Entsprechend geringer wäre die Abnahme, wenn zusätzliche Ackerflächen z. B. durch Rodung von Waldflächen erschlossen würden. Wenn man stark vereinfacht davon ausgeht, dass Rind-, Schaf- und Ziegenfleisch sowie Milch größtenteils auf Futtergrundlage auf Gras- und Weideland produziert werden, würde eine Expansion der Rind- und Schaffleischproduktion um 86 % bzw. der Milchproduktion um 54 % gegenüber 2000 eine Zunahme der Raufutterproduktion um etwa drei Viertel erfordern, was neben der Ausweitung des Ackerfutterbaus die Intensivierung der Grünlandnutzung mit höherem Vorleistungseinsatz nach sich zöge. Die Zunahme der Schweine- (55 %) und der Geflügelfleischproduktion (190 %) würde hingegen etwa eine Verdopplung der Futtergetreideerzeugung, insbesondere von Mais und Sojabohnen erforderlich machen. Nach Schätzungen von AIKING (2011) werden dafür bisher 400 Mio. ha Ackerflächen genutzt. Diese Flächen müssten um mindestens 10 % ausgedehnt werden, wenn man die von der FAO geschätzte Aufteilung des Produktionszuwachses bei pflanzlichen Produkten zugrunde legt. Die für die direkte Verwendung in der menschlichen Ernährung eingesetzte Fläche würde somit nur leicht zurückgehen, was, nach den folgenden Überlegungen, eine zu optimistische Einschätzung sein dürfte.

4.1 Unsicherheiten der verfügbaren Schätzungen

Es wurde bereits erwähnt, dass die vorliegenden Projektionen zwei Flächennutzungen wesentlich beeinflussende Sachverhalte nicht oder nur unzureichend berücksichtigen: Die Folgen des Klimawandels und die Bioenergieerzeugung, basierend auf agrarischen Rohstoffen.

Klimawandel

Der Klimawandel wirkt sich durch einen Anstieg der Temperaturen und eine Zunahme der Häufigkeit von extremen Wetterereignissen aus. In der EU sind in den letzten Jahren stagnierende Getreideerträge festzustellen (CHAVAS, 2011; BUTAULT, 2010). Weltweit nehmen die Ertragsausfälle durch Trockenheit (El Niño in Australien) und Überschwem-

mungen zu. Durch den – im günstigsten Fall – bis 2100 zu erwartenden Temperaturanstieg um 2° C (IPCC) verschieben sich die Anbauzonen in der westlichen Hemisphäre und in Afrika südlich des Äquators nach Norden (FISCHER, 2009). Dies dürfte dazu führen, dass z. B. in Afrika die für den Ackerbau nutzbaren Flächen zurückgehen oder weniger Flächen für den Anbau mobilisiert werden könnten (IGLESIAS et al., 2011). Wären die jährlichen Ertragszuwächse entgegen der FAO-Projektion nur um ein Drittel niedriger, könnte der bis 2050 erwartete Nachfragezuwachs nur noch etwa zur Hälfte über höhere Erträge bereitgestellt werden, während die Ackerflächen um etwa ein Viertel ausgedehnt werden müssten. Erfolgt dies zulasten von Grünland, würde dadurch vorrangig eine Einschränkung der Rinder- und Schaffleischerzeugung zu erwarten sein.

Bioenergie

Durch die staatliche Bioenergieförderung wurden seit 2005 vor allem die Biokraftstoffherzeugung (Ethanol und Biodiesel) ausgeweitet. Nach Berechnungen mit dem Modellsystem AGLINK-COSIMO (FONSECA et al., 2010; BURELL et al., 2010) sind für die Biotreibstoffherzeugung bei Umsetzung der EU Biotreibstoff Richtlinie (RL 2009/28) zusätzlich 5,2 Mio. ha Anbaufläche erforderlich. Unberücksichtigt bei der Flächenbilanz bleiben hierbei allerdings die Flächeneinsparungen in der Futtermittelerzeugung infolge der Beiprodukte DDGS und Ölschrote. Indirekte Landnutzungseffekte für Deutschland werden VON BRINGEZU et al. (2009) geschätzt, auf die in Kapitel 5 sowie bei ZEDDIES et al. (2012) eingegangen wird.

4.2 Auswirkungen unterschiedlichen Ernährungsverhaltens

Die FAO geht allgemein von einer Verbesserung der Ernährungssituation aus, sei es durch eine höhere kalorische und Proteinversorgung sowie einer Verringerung der Unterernährung. Diese Einschätzungen werden nicht grundsätzlich in Zweifel gezogen, dennoch merken kritische Stimmen an, dass

- die Prognose des Bevölkerungswachstums sich eher am unteren Rand der UN-Projektion orientiert, also eher bei 8 als bei 9 Mrd. Einwohnern für 2050 (ALEXANDROS, 2009);
- bei einer geringeren Zunahme des Fleischverzehrs ein geringerer Flächeneinsatz für die Futterproduktion erforderlich wäre (AIKING, 2011).²⁴

²⁴ In Überschlagsrechnungen zeigt AIKING (2011) auf, dass mit 25 Mio. ha Soja die gleiche Menge an Protein erzeugt werden könnte wie tierisches Eiweiß über Schweine- und Geflügelfleisch durch Verwendung auf 400 Mio. ha erzeugten Futtermittel.

Beide Argumente sprechen dafür, dass die Nahrungs- und Futtermittelerzeugung für die erwartete wachsende Weltbevölkerung in 2050 sichergestellt werden kann. Angesichts der erwähnten Unwägbarkeiten ist aber eher davon auszugehen, dass von den bisher verfügbaren Ackerflächen keine nennenswerten Flächenpotenziale für die Bioenergieerzeugung mobilisiert werden können.

Analysen zum **Einfluss des Ernährungsverhaltens auf das Biomassepotenzial** liegen uns nur von ERB et al. (2009) sowie von ZEDDIES et al. (2009, 2012) vor. ERB et al. (2009) weisen jedoch nur die Bioenergiepotenziale, gemessen in EJ, aus. Ohne Änderung des Ernährungsverhaltens wäre 2050 weltweit ein Biomassepotenzial von 105 EJ verfügbar, womit etwa ein Fünftel des Primärenergieeinsatzes gedeckt werden könnte. Dem gegenüber würde sich das Bioenergiepotenzial in Abhängigkeit vom Ernährungsverhalten wie folgt ändern (Tabelle 4.1):

- Beim Übergang zu westlichen Ernährungsgewohnheiten mit hohem Kalorienverbrauch und der Deckung von 44 % des täglichen Eiweißbedarfs aus tierischer Herkunft würde sich das Bioenergiepotenzial annähernd halbieren, also auf 58 EJ zurückgehen.
- Im Gegensatz dazu ließe sich das Bioenergiepotenzial durch Verringerung des Kalorienverbrauchs und einer Reduktion des Fleischverzehr auf durchschnittlich 2.800 kcal pro Tag und mit einem Anteil von 22 % des Proteinbedarfs aus tierischen Produkten auf 161 EJ steigern.

Tabelle 4.1: Bioenergiepotenziale unter Berücksichtigung unterschiedlichen Ernährungsverhaltens in ausgewählten Ländern

Diet		Western high meat	Fair less meat	Current trend	Less meat	Fair less meat
Livestock system		Intensive	Intensive	Intensive	Humane	Organic
Crop yields		FAO	FAO	FAO	Interm.	Interm.
Land use		Massive	Massive	BAU	BAU	Massive
Vegetable Food	[1000 tdm/yr]	1.958	2.093	1.964	2.065	2.093
Animal Products	[1000 tdm/yr]	367	130	264	198	130
Others (Fibres etc.)	[1000 tdm/yr]	143	122	121	124	122
Food total	[1000 tdm/yr]	2.468	2.345	2.349	2.387	2.345
Bioenergy potential						
Bioenergy crops on cropland	[1000 tdm/yr]	-562	2.855	971	1.051	2.814
Residues from cropland (excl. bedding and 50% for soil conservation)	[1000 tdm/yr]	1.639	1.955	1.494	1.270	1.522
Bioenergy potential on grazing land (gross)	[1000 tdm/yr]	2.053	3.885	3.194	3.334	3.139
Bioenergy total	[1000 tdm/yr]	3.130	8.695	5.660	5.656	7.476
Bioenergy total	[EJ/yr]	58	161	105	105	138
Grazing intensity	[%]	26%	11%	21%	20%	17%

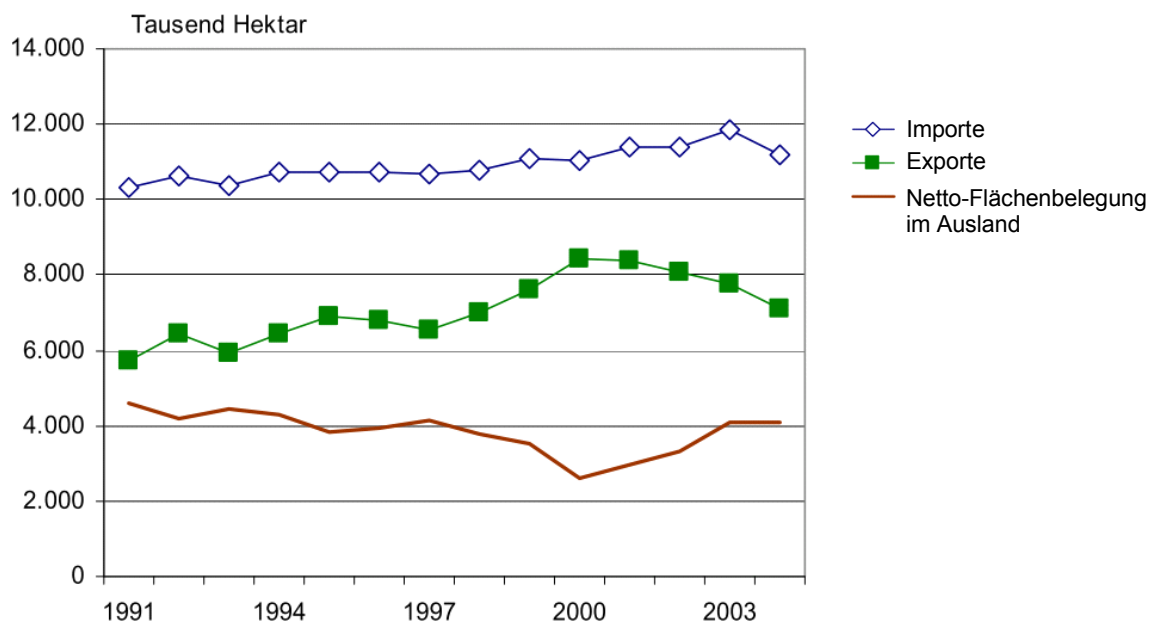
Quelle: ERB et al. (2009).

Obwohl die Ergebnisse den partiellen Effekt eines unterschiedlichen Ernährungsverhaltens auf den Flächenbedarf für Food und Feed als auch die Biomassepotenziale aufzeigen, vergrößern diese Studien die Bandbreite der Potenzialabschätzung. Technische Biomassepotenziale bis in Größenordnung des in 2050 erwarteten Primärenergieeinsatzes (SMEETS, 2007) stehen im krassen Widerspruch zur FAO, die eine ausgeglichene Flächenbilanz für 2050 (ohne Bioenergie) vorausschätzt.

5 Entwicklung der Flächennutzung in Deutschland

Die deutsche Landwirtschaft ist wie, die übrigen Wirtschaftszweige, in das globale Wirtschaftsgeschehen eingebunden. Im Gegensatz zur Position eines weltweit führenden Exporteurs im Bereich von Industrieprodukten ist Deutschland im Bereich von Agrarprodukten Nettoimporteur. Umgerechnet in Flächenäquivalente beliefen sich die Agrarimporte Deutschlands auf 11,5 Mio. ha in 2002 bis 2004 (BRINGEZU et al., 2009)²⁵, während die Exporte einem Flächenäquivalent von 7,8 bis 8,0 Mio. ha entsprachen (Abbildung 5.1). Daraus resultiert ein negativer Flächensaldo von knapp 4 Mio. ha, der im Ausland für die Versorgung der deutschen Bevölkerung eingesetzt werden muss. Hauptursache hierfür ist die starke Importabhängigkeit bei pflanzlichem Eiweiß für die tierische Veredelung, insbesondere bei Soja, aber auch bei Pflanzenölen für die menschliche Ernährung. Von einer Autarkie im Bereich Ernährung kann somit keine Rede sein. Müssten die Proteinfuttermittel im Inland erzeugt werden, so wären hierfür aufgrund der niedrigeren Erträge größere Flächen erforderlich als bei der Sojaerzeugung auf den begünstigten Standorten in USA und Südamerika. Die Importabhängigkeit wird weiterhin indirekt verstärkt durch die über Beimischungszwang forcierte Pflanzenölverwendung im Treibstoffbereich.

Abbildung 5.1: Flächenbedarf für Importe und Exporte landwirtschaftlich basierter Waren des deutschen Außenhandels 1991 bis 2004 – Netto-Konsumflächen



Quelle: BRINGEZU et al. (2009).

²⁵ Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe. UBA Texte 34, 2009, S. 145.

Die o. g. Zahlen enthalten implizit den Flächeneinsatz für nachwachsende Rohstoffe von etwa 0,8 Mio. ha. Bis 2011 ist der Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland auf 2,28 Mio. ha angestiegen²⁶, wovon 14 % auf den Anbau von Industriepflanzen entfallen. Auf 0,9 Mio. ha werden Raps für Biodiesel, 0,8 Mio. ha Pflanzen für die Biogaserzeugung (insbesondere Silomais) und 0,25 Mio. ha für die Ethanolherzeugung angebaut. Der Anbau findet fast ausschließlich auf Ackerflächen statt; daraus folgt, dass die Exporte pflanzlicher Produkte zurückgegangen sein dürften. Es ist davon auszugehen, dass die Inanspruchnahme von Flächen im Ausland weiter angestiegen sein dürfte.

Über die künftige Entwicklung liegen Schätzungen bis 2020 von SCHÖNLEBER (2009) und bis 2030 von BRINGEZU et al. (2009) vor. SCHÖNLEBER (2009) projiziert die Veränderung des Nahrungsmittel- und Futtermittelverbrauchs unter Berücksichtigung einer abnehmenden Bevölkerung und leitet technische Flächenpotenziale in Deutschland für Export und der Non-Food-Produktion ab. Diese belaufen sich auf etwa 3,2 Mio. ha in 2000 und steigen auf 5,1 Mio. ha in 2020 an; dieses schließt ca. 0,6 Mio. Grünland ein, dessen Nutzung z. B. durch Verwendung von Grassilage als Rohstoff für die Biogaserzeugung oder durch Umwandlung in Ackerfläche möglich wäre.

BRINGEZU et al. (2009) gehen in ihren Abschätzungen von exogenen Vorgaben über die Entwicklung des Biomasseeinsatzes für die Strom- und Biotreibstoffgewinnung aus, festgelegt in den aktuellen Zielvorgaben und Verpflichtungserklärungen der Regierungen, und ermitteln die dafür notwendigen Bruttoproduktionsflächen global bzw. für Deutschland. Aufgrund der angenommenen hohen Anteile von Pflanzenölen sowohl bei Strom als auch bei Biotreibstoffen ergibt sich bei sehr niedrigen Flächenerträgen ein sehr hoher Flächenbedarf. Die globale Bruttoproduktionsfläche für die in Deutschland angestrebte Bioenergiebereitstellung belief sich in 2030 auf 11,58 Mio. ha, wovon 8,37 Mio. ha im Ausland für die Deckung des Bedarfs Deutschlands über Importe bewirtschaftet würden. In Deutschland selbst würden nur 3,24 Mio. ha zur Bioenergieerzeugung eingesetzt, also nur 27 % der insgesamt für die Sicherstellung der Bioenergieerzeugung Deutschlands benötigten Flächen. Allerdings wird hierbei die Flächenfreisetzung über Beiprodukten (Ölschrote) der Agrarrohstoffe bei der Bioenergieerzeugung noch nicht einbezogen. Diese belaufen sich auf 6 Mio. ha, sodass sich der Bruttoflächenbedarf Deutschlands von 11,5 Mio. ha auf 5,6 Mio. ha reduziert. Eine weitere Differenzierung nach inländischem/ausländischem Flächenbedarf unter Berücksichtigung der Flächenfreisetzung über Neuprodukte bei der Bioenergieherstellung wird von den Autoren nicht vorgenommen.

²⁶ Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2011).
http://www.nachwachsenderohstoffe.de/presseservice/grafiken/medien-details/archive/2011/august/article/anbauflaeche-fuer-nachwachsende-rohstoffe-2011/?tx_ttnews%5Bday%5D=17&cHash=c1a3bc3f5806559be4e619228ec3bc8d

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Vorliegender Bericht gibt einen Überblick über den Stand und Projektionen der globalen Landnutzung sowie der Nahrungs- und Futtermittelversorgung bis 2050, wobei die Frage im Mittelpunkt steht, ob zum einen die wachsende Bevölkerung ernährt werden kann und zum anderen, welche Erzeugungspotenziale für Bioenergie, neben der Ernährungssicherung mobilisiert werden könnten. Bei den gegenwärtigen verfügbaren Abschätzungen handelt es sich überwiegend um „technische“ Potenziale für Bioenergie, die nach unserer Einschätzung z. T. erheblich über den „wirtschaftlich“ realisierbaren Potenzialen liegen dürften.

Projektionen der FAO anlässlich der Konferenz „Feeding the World“ in 2009 kommen zu dem Ergebnis, dass die bis 2050 auf etwa 9 Mrd. Menschen wachsende Weltbevölkerung sicher ernährt werden kann, wobei sich die Zahl der Hungernden von ca. 0,8 Mrd. auf ca. 0,35 Mrd. Personen verringert und sich die durchschnittliche kalorische Versorgung der Bevölkerung, vor allem in Entwicklungsländern, stark positiv entwickeln wird. Die dafür notwendige Steigerung der Nahrungs- und Futtermittelerzeugung könnte zu 77 % durch höhere Erträge, zu 14 % über höheren Vorleistungseinsatz und zu 9 % über Ausweitung der Anbauflächen für pflanzliche Produkte erreicht werden. Die auf FAOSTAT-Daten des Zeitraums 2002-2006 sowie Experteneinschätzung basierenden Projektionen berücksichtigen allerdings den sich abzeichnende Einfluss des Klimawandels sowie den in den letzten Jahren staatlich geförderten Ausbau der Bioenergieproduktion nur indirekt.

Die derzeitige landwirtschaftliche Produktion nutzt ca. 4,9 Mrd. ha Fläche – davon ca. 1,6 Mrd. ha als Acker- und Dauerkulturflächen sowie ca. 3,3 Mrd. ha als Gras- und Weideland. Die Forstflächen belaufen sich auf ca. 4 Mrd. ha. Über Erzeugungspotenziale liegen mehrere Untersuchungen vor mit einer riesigen Bandbreite von Ergebnissen: von Null bis zum 1,5-fachen des für 2050 prognostizierten Energiebedarfs. Die aus dem Forstbereich vorliegenden Untersuchungen lassen eher auf geringe Erzeugungspotenziale schließen (SCHWEINLE und WEIMAR, 2010); die weiter fortschreitende Abholzung von Forstflächen wird nur zu etwa ein Drittel durch Plantagenanbau ersetzt.

Anfängliche Potenzialabschätzungen zogen zunächst nur die Nutzung von Reststoffen in Betracht (insbes. Stroh und Waldrestholz) sowie Flächenpotenziale, abgeleitet aus Brachflächen, die im Rahmen der Agrarförderpolitik stillgelegt wurden sowie Flächen aus der sog. „Agrarüberschussproduktion“. In der Terminologie werden letztere häufig mit „subventionierter Überschussproduktion“ bezeichnet. Nach dem Abbau der Lagerbestände, insbesondere durch die starke Nachfrage von Agrarrohstoffen für die staatlich geförderte Biotreibstoffproduktion, dem Aussetzen der Exporterstattungen seitens der EU seit 2008 sowie dem starken Anstieg der Weltmarktpreise für Getreide, Pflanzenöle und Zucker kann von einer „Überschussproduktion“ nicht mehr die Rede sein, sodass die darauf basierenden Erzeugungspotenziale fraglich sind.

Bezüglich der Ackerflächen geht z. B. SMEETS (2007) davon aus, dass durch Anwendung von Verfahren mit den weltweit höchsten Erträgen nur etwa ein Drittel der derzeit landwirtschaftlich genutzten Flächen für die Ernährungssicherung erforderlich wären und damit ein Nutzungspotenzial für Biomasse von zwei Drittel der Ackerfläche verfügbar wäre. Grünland wird in die Potenzialabschätzungen nur teilweise einbezogen wie auch sonstige marginale Flächen. Nach unserer Einschätzung wecken diese errechneten Potenziale falsche Erwartungen, weil oftmals weder die natürlichen Bedingungen (Boden, Wasser, Temperatur, biologische Ressourcen), noch das Know-how der Flächenbewirtschafter sowie die rechtlichen, politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen gegeben sind, um „Höchstserträge“ zu erzielen.

Nach den im Auftrag des WBGU (SCHUBERT et al., 2008) durchgeführten Analysen stünden im Jahr 2050 240 Mio. ha zur Produktion von Biomasse zur Energiegewinnung zur Verfügung, wenn man davon ausgeht, dass für die Ernährung der Weltbevölkerung zusätzlich 120 Mio. ha benötigt und hohe Maßstäbe an den Naturschutz angelegt werden. Bis zu 500 Mio. ha stünden im Jahr 2050 für die Produktion von Biomasse zur Verfügung, wenn die Nahrungsmittel für die bis dahin gestiegene Weltbevölkerung auf der gleichen Fläche wie heute produziert und niedrige Ansprüche hinsichtlich des Naturschutzes gestellt würden. Diese Berechnungen gehen davon aus, dass Energiepflanzen (Gehölze und Gräser) angebaut werden. Nachhaltigkeitskriterien (Ernährungssicherung, Biosphärenschatz, Klimawirkungen und Bodenschutz) werden dabei berücksichtigt, wobei die Ernährungssicherung höchste Priorität hat.

Auf Ergebnisse der im Rahmen des BMELV Auftrags von der UNI Hohenheim (ZEDDIES et al., 2012) durchgeführten Analysen für die Welt und Deutschland wird hier nicht eingegangen. Bezüglich des weltweiten Potenzials sind sie mit denen der WBGU-Studie vergleichbar (SCHUBERT et al., 2008), bzgl. Deutschlands mit Ergebnissen von BRINGEZU et al. (2009) und BRINGEZU (2011).

Die große Bandbreite der verfügbaren Potenzialabschätzungen ist u. a. darauf zurückzuführen, dass sie sich auf z. T. unzureichende und wenig belastbare Datenquellen stützen. Teilweise werden unrealistische Annahmen getroffen bzgl. der Erträge von Energiepflanzen sowie bei Potenzialen von Agrarrohstoffen und Erwartungen zur Entwicklung von Technologien, speziell bei der Herstellung von Kraftstoffen der zweiten Generation. Die im US Biofuel Programm genannte Produktion von „Switchgrass“ weist bisher einen Flächenumfang von wenigen Tausend Hektar auf, und viele der in Afrika und Asien initiierten *Jatropha* Projekte stehen bisher noch im Stadium *Nascendi* und sind noch weit von der Wirtschaftlichkeit entfernt. Ökonomisch basierte Modellanalysen wären notwendig, um auch wirtschaftlich realisierbare Potenziale einzugrenzen. Modelle des Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIC) gehen in diese Richtung, wobei den verwendeten Programmiermodellen ein sehr grobes „Grid-Raster“ zugrunde liegt (BERINGER und LUCHT, 2008).

Hinsichtlich der Bioenergiepolitik sei folgendes angemerkt:

- Durch die Energieknappheit kommt ihr eine hohe Bedeutung zu. Allerdings führt die bisherige Bioenergiepolitik zu massiven Marktverzerrungen, die das im Agrarbereich bisher erreichte Förderniveau bei Weitem übersteigen. Der Subventionsbegriff ist bzgl. der staatlichen Eingriffsintensität nicht Ziel führend, da durch Beimischzwänge bzw. staatlich garantierte „(Einspeise)Vergütungen“ Verbraucherbelastungen induziert werden. Schließlich werden z. B. Biofuel-Ziele mit einem viel zu kurzen Zeithorizont formuliert, in dem das Rohstoffangebot nicht hinreichend gesteigert werden kann. Dadurch werden Warenströme vom Food- und Feed-Sektor in den Biotreibstoff-Sektor umgeleitet, wie z.B. bei der Bioethanolerzeugung, die inzwischen fast die Hälfte des Maisanbaus in USA sowie die Hälfte des Zuckerrohranbaus in Brasilien beansprucht. Dies wiederum führt zu Preissteigerungen auf den Agrarmärkten, die Produktionssteigerungen induzieren. Der preisinduzierte Rückgang der Nahrungs- und Futtermittelnachfrage wird durch das starke Bevölkerungswachstum überlagert. Während die Agrarmarktpolitik weltweit liberalisiert wird, werden im Bereich Bioenergie staatliche Preisgarantien für lange Zeiträume gegeben, die weit über den Gleichgewichtspreisen liegen und im Zeitablauf nur unzureichend an veränderte Rahmenbedingungen angepasst werden.
- Schließlich sind im Hinblick auf Nachhaltigkeit Einschränkungen bzgl. der Flächennutzung vorgesehen, die zu einer weiteren Flächenverknappung und Verteuerung des Bodens führen. Dies wiederum führt zu einer Kostensteigerung und Verteuerungen der Agrarproduktion. Da ein erheblicher Teil der für Biodiesel verwendeten Pflanzenöle/Ölsaaten sowie Ethanol aus Drittländern eingeführt wird, müsste die EU-Nachhaltigkeitsrichtlinie (EU-RL 2009/28) vor allem in Drittländern wirken und die Umwandlung von Grünland, Steppen und Buschflächen, Moorflächen und tropischem Regenwald für die Biomasseerzeugung verhindern. Dies betrifft aber nur die im Sinne der Richtlinie geförderten Biotreibstoffe, und zwar der im Rahmen des Beimischungszwangs eingesetzten. Die Richtlinie greift jedoch nicht, wenn z. B. bei einem starken Energiepreisanstieg die Biotreibstoffproduktion über die Beimischungsanteile hinaus wirtschaftlich wäre. Zweitens greift sie auch nicht bei Nahrungs- und Futtermitteln, deren Erzeugung infolge einer Verdrängung durch Biotreibstoffe auf urbar gemachten Landflächen ausweichen müsste.

Literaturverzeichnis

- AIKING H (2011): Future Protein Supply and the EU. 2011 CIGR Section VI International Symposium on Towards a Sustainable Food Chain Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management
- ALEXANDROS N (2009): Highlights and views from mid-2009. Expert meeting on How to Feed the World in 2050. Rome 24-26 June
- BERINGER T, LUCHT W (2008) Simulation nachhaltiger Bioenergiepotentiale – Übersicht. Expertise fort he WBGU Report ‚World in Transition: Future Bioenergy and Sustainable Land Use‘.
http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2008/wbgu_jg2008_ex01.pdf
- BRINGEZU S, SCHÜTZ H, SCHEPELMANN P, LANGE U, VON GEIBLER J, BIENGE K, KRISTOF K, ARNOLD K, MERTEN F, RAMESOHL S, FISCHEDICK M, BORELBACH P, KABASCI S, MICHELS C, REINHARDT G, GÄRTNER S, RETTENMAIER N, MÜNCH J (2009): Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe. Dessau: Umweltbundesamt
- BRINGEZU S (2011): Is there enough land? Seminar ‘The global need for food, fibre and fuel. The Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry (KSLA), Stockholm 27. September.
<http://www.sifi.se/wp-content/uploads/2011/10/Stefan-Bringezu.pdf>
- BRUINSMA J (2009): The Resource Outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Expert meeting on How to Feed the World in 2050. Rome 24-26. June
- BUCHANAN G, HERDT R, TWEETEN L (2010): Agricultural Productivity Strategies for the Future: Addressing U.S. and Global Challenges. Council for Agricultural Science and Technology, CAST Issues Paper
- BURELL A et al. (2010): Impact of the EU Biofuel Target on Agricultural Markets and land Use. JRC Reference Report, IPTS Seville
- CAI X, ZHANG X, WANG D (2011): Land availability for biofuel production. *Environmental science & technology* 45(1):334-339
- CHAVAS JP (2011): Agricultural policy in a uncertain World. *Eur Rev Agric Econ* (2011) 38 (3): 383-407. <http://erae.oxfordjournals.org/content/38/3/383.full.pdf+html>
- CREMAQ P (2010): Brazilian Agriculture - The Miracle of the cerrado. *The Economist*, 26. Aug. <http://www.economist.com/node/16886442>
- DEININGER K, BYERLEE D (2011): Rising Global Interest in Farmland - Can It Yield Sustainable and Equitable Benefits? The World Bank. Internetseite The World Bank: <http://www.profor.info/profor/sites/profor.info/files/RisingGlobalInterestinFarmland-WB-2011.pdf>. Stand 01.08.2011

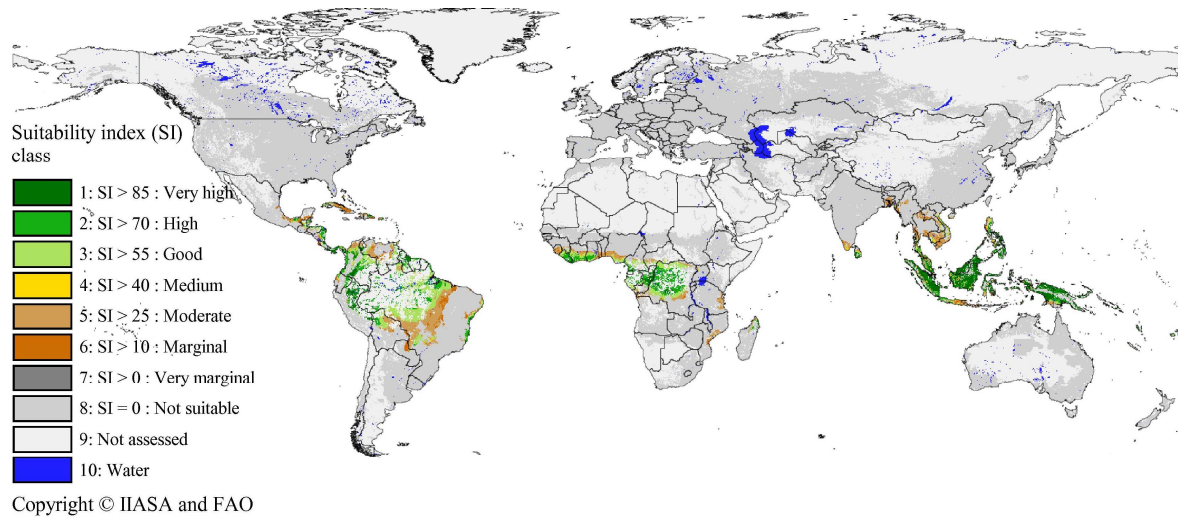
- ERB KH, HABERL H, KRAUSMANN F, LAUK C, PLUTZAR C, STEINBERGER J, MÜLLER C, BONDEAU A, WAHA K, POLLACK G (2009): Eating the Planet: Feeding and fuelling the world sustainably, fairly and humanly - a scoping study. Wien: Universität Klagenfurt, Social Ecology Working Papers
- FAAJ A (2008): Bioenergy and Food Security. Berlin: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen
- FISCHER G (2009): Food and Agriculture to 2030/2050: How do climate change and bioenergy alter the long term outlook for food and agricultural resource availability. FAO Expert meeting on How to Feed the World in 2050. Rome 24-26 June
- FISCHER G, NACHTERGAELE, F, PRIELER S, TEIXERA, H.T, VAN VELTHUIZEN H, VERELST, L, WIBERG, D (2008): Global Agro-ecological Zones Assessment für Agriculture (GAEZ 2008), IIASA, Laxenburg, Austria and FAO, Rome, Italy
- FISCHER G, HIZSNYIK E, PRIELER S, SHAH M, VAN VELTHUIZEN H (2011): Biofuels and Food Security. Wien: The OPEC Fund for International Development (OFID)
- FOLEY J et al. (2011): Solutions for a cultivated planet. Nature, Vol 478, 337-342. DOI:doi:10.1038/nature10452
- FORESIGHT (2011): The Future of Food and Farming – Final Project Report. The Government Office of Science, London.
<http://www.bis.gov.uk/assets/bispartners/foresight/docs/food-and-farming/11-546-future-of-food-and-farming-report.pdf>
- HABERL H, ERB KH, KRAUSMANN F, GAUBE V, BONDEAU A, PLUTZAR C, GINGRICH S, LUCHT W, FISCHER-KOWALSKI M (2007): Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104(31):12942-12947
- HERTEL TW (2010): The Global Supply and Demand for Agricultural Land in 2050: A Perfect Storm in the Making? : Purdue University
- HOOGWIJK MM (2004): On the Global and Regional Potential of Renewable Energy Sources. Utrecht, University Utrecht
- ISERMEYER F, ZIMMER Y (2008): Wie die Energiemärkte und die Bioenergie-Politik die Welternährung verändern. 7. Ernährungssymposium der Heinz Lohmann Stiftung, Hamburg, 23. Oktober
- KEYZER MA, MERBIS MD, VOORTMAN RL (2008): The biofuel controversy. WP - 08 - 01. Vrije Universiteit Amsterdam, Staff Working Paper
- MCINTYRE BD et al. (2009): Agriculture at a Crossroads – Global report. International assessment of agriculture knowledge, science and technology for development (IAASTD). Washington.
[http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads_Global%20Report%20\(English\).pdf](http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads_Global%20Report%20(English).pdf)

- NILSSON S (2011): The 5-Fs and Land Availability. Seminar 'The global need for food, fibre and fuel. The Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry (KSLA), Stockholm 27. September.
<http://www.sifi.se/wp-content/uploads/2011/10/Sten-Nilsson1.pdf>
- OECD, FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2011): OECD-FAO Agricultural Outlook 2011 – 2020. Paris.
http://www.agri-outlook.org/pages/0,2987,en_36774715_36775671_1_1_1_1,00.html#publication
- REINHARDT G, DETZEL A, GÄRTNER S, RETTENMAIER N, KRÜGER M (2007): Nachhaltige Rohstoffe für die chemische Industrie: Optionen und Potenziale für die Zukunft. Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU)
- SCHÖNLEBER N (2009): Entwicklung der Nahrungsmittelnachfrage und der Angebotspotentiale der Landwirtschaft in der EU. Hohenheim, Universität Hohenheim
- SCHUBERT R, SCHELLNHUBER HJ, BUCHMANN N, EPINEY A, GRIEBHAMMER R, KULESSA M, MESSNER D, RAHMSTORF S, SCHMID J (2008): Future Bioenergy and Sustainable Land Use. Sterling, USA: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderung (WBGU)
- SCHWEINLE J, WEIMAR J (2010): Globale und regionale Verteilung der Biomassepotentiale. Anhang IV – Globale forstwirtschaftliche Biomassepotentiale. Deutsches BiomasseForschungsZentrum FKZ: SF-10.08.36.2
- SEIDENBERGER T, THRÄN D, OFFERMANN R, SEYFERT U, BUCHHORN M (2008): Global Biomass Potentials. Leipzig: Deutsches Biomasse Forschungszentrum
- SMEETS E, FAAIJ A, LEWANDOWSKI I, TURKENBURG W (2007): A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050. Progress in Energy and Combustion Science 33(1):56-106
- TWEETEN L, THOMPSON S (2008): Long-term Global Agricultural Output Supply-Demand Balance and Real Farm and Food Prices. The Ohio State University, Working paper
- WOLF J, BINDRABAN PS, LUIJTEN JC, VLEESHOUWERS LM (2003): Exploratory study on the land area required for global food supply and the potential global production of bioenergy. Agricultural Systems 76(3):841-861
- ZEDDIES J, GAMER W (2009): Aktuelle Situation auf den Märkten für Lebensmittel und Energie (Welt, EU, Deutschland). IN: SCHMITZ PM, ZEDDIES J, ARNOLD K, VETTER A Potenziale der Bioenergie. Frankfurt am Main: DLG e. V., S. 9-99
- ZEDDIES J, BAHRS E, SCHÖNLEBER, N, GAMER W (2012): Globale Analyse und Abschätzung des Biomasse-Flächenpotentials. Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim (unveröffentlicht)

Anhang

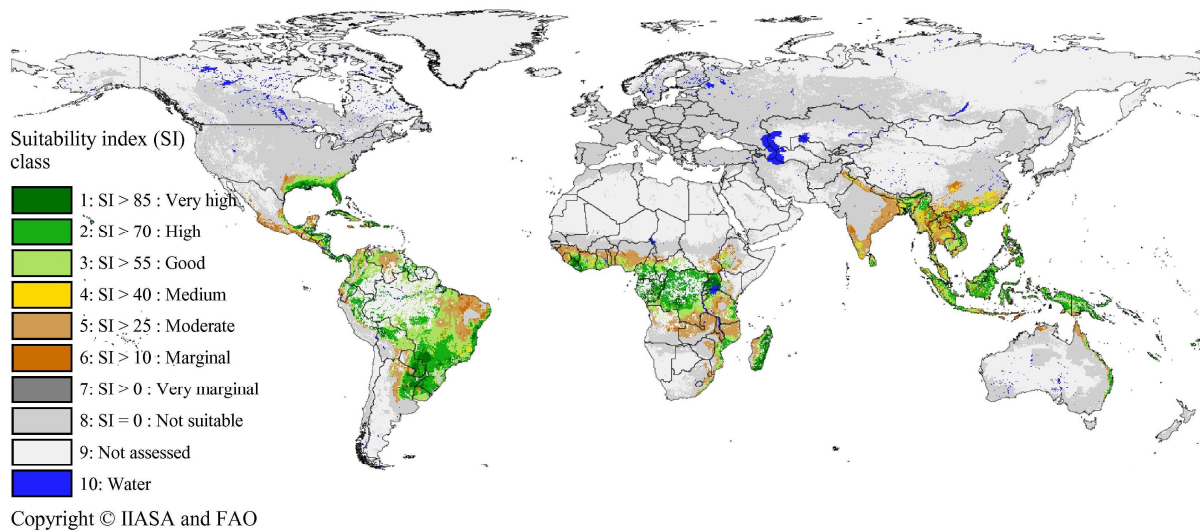
Anhang 1

Anbaueignung für Rohstoffpflanzen

Karte A1: Anbaueignung für Ölpalmen (1961–1990)

Selection: Oilpalm/Rain-fed/High input level/1961-1990/World//No filters

Source: http://www.gaez.iiasa.ac.at/w/ctrl?_flow=Vwr>VwrMap&_view=...

Karte A2: Anbaueignung für Zuckerrohr (1961–1990)

Selection: Sugarcane/Rain-fed/High input level/1961-1990/World//No filters

Source: http://www.gaez.iiasa.ac.at/w/ctrl?_flow=Vwr>VwrMap&_view=...

Anhang 2

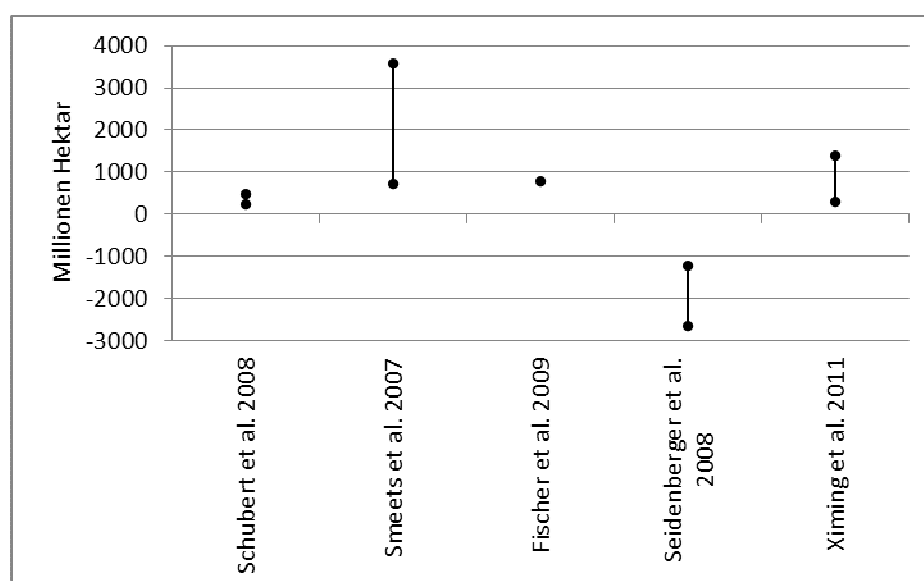
Überblick über die Potenzialabschätzungen verschiedener Autoren²⁸

²⁸ Bearbeitet von F. Junker (vTI-MA).

Überblick

- Mit Ausnahme von SEIDENBERGER et al. (2008) gehen alle Autoren auch unter der Prämisse der Sicherstellung der Ernährung von einem **signifikanten Flächenpotenzial** für den Energiepflanzenanbaus aus.
- In allen Studien wird der Produktion von **Lebensmitteln Vorrang** gegenüber der von Energiepflanzen eingeräumt.
- Alle betrachteten Analysen beziehen sich auf das rein technisch **pflanzenbauliche Potenzial** bestimmter Flächen für den Energiepflanzenanbau. Auf ökonomische Aspekte (beispielsweise notwendige Investitionen zur Erschließung des Potenzials und langfristige Wirtschaftlichkeit) wird in keiner der Studien eingegangen.
- **Informelle Nutzung** der Flächen, zum Beispiel durch nomadische Tierhaltung, Sammeln von Wildpflanzen, als Lebensraum für Wildtiere sowie Sammeln von Feuerholz, bleibt weitgehend unberücksichtigt. Dies führt zu einer Überschätzung des Flächenpotenzials für die Bioenergiegewinnung
- Als insgesamt **am realistischsten wird die Einschätzung von SCHUBERT et al. (2008) mit 240 bis 500 Mio. ha** Flächenpotenzial angesehen. Die Realisierung dieses Flächenpotenzials setzt aber, wie in den anderen Analysen auch, erhebliche Investitionen voraus.
- Ohne Investition in die Erschließung bisher landwirtschaftlich nicht genutzter Flächen oder ohne erhebliche Ertragssteigerungen entsteht laut SEIDENBERGER et al. (2008) ein **Flächendefizit** von rund 2.600 Mio. ha. Dies ist gleichbedeutend mit einem kalorischen Defizit für die globale Ernährungssicherung.

Abbildung A1: Vergleich der globalen Flächenverfügbarkeit zur Bioenergieerzeugung: Einschätzung verschiedener Autoren (jeweils Maximum und Minimum)



SCHUBERT et al. (2009): Future Bioenergy and Sustainable Land Use**Zusammenfassung:**

- 240 Mio. ha stehen im Jahr 2050 zur Produktion von Biomasse zur Energiegewinnung zur Verfügung, wenn davon ausgegangen wird, dass für die Ernährung der Weltbevölkerung zusätzlich 120 Mio. ha benötigt werden und hohe Maßstäbe an den Naturschutz angelegt werden.
- Bis zu 500 Mio. ha stehen im Jahr 2050 für die Produktion von Biomasse zur Verfügung, wenn die Nahrungsmittel für die bis dahin gestiegene Weltbevölkerung auf der gleichen Fläche wie heute produziert werden und niedrige Ansprüche an den Naturschutz gestellt werden.
- Bei diesen Berechnungen wird davon ausgegangen, dass ausschließlich reine Energiepflanzen (Gehölze und Gräser) angebaut werden.

Bewertung:

Es handelt sich um eine ausgesprochen umfassende Analyse. Bei der Berechnung der Flächen- und Energiepotenziale werden viele Nachhaltigkeitskriterien (Ernährungssicherung, Biosphärenschatz, Klimawirkungen und Bodenschutz) berücksichtigt. Die Ernährungssicherung hat dabei die höchste Priorität. Eine Vielzahl von Experten unterschiedlicher Disziplinen hat an der Studie mitgewirkt. Die Ergebnisse können daher als vergleichsweise belastbar eingestuft werden.

FISCHER et al. (2009): Biofuels and Food Security

Für die Studie wurden zwei Ansätze gewählt: A) eine Betrachtung der heutigen Potenziale für den Energiepflanzenanbau, und B) eine modellgestützte Analyse verschiedener Szenarien für das Jahr 2050

A) Heutiges Potenzial

- Gegenwärtig sind 3.400 Mio. ha ungeschützte Gras- und Buschflächen vorhanden, von denen rund
 - 700 Mio. ha für den Anbau von Sojabohnen,
 - 600 Mio. ha für den Anbau von Mais,
 - 400 Mio. ha für den Anbau von Cassava,
 - 44 Mio. ha für den Anbau von Ölpalmen technisch geeignet sind.
- Nach Abzug von Weideland schätzen die Autoren, dass gegenwärtig 700 bis 800 Mio. ha geeigneten und ungeschützten Gras- und Buschlands für die Produktion von Biokraftstoffen der zweiten Generation zur Verfügung stehen.

B) Szenarioanalyse für das Jahr 2050

- Im Jahr 2050 werden zusätzlich 150 Mio. ha Land für die Ernährung der Weltbevölkerung in Kultur genommen (S. 148). Dies bedeutet eine Steigerung um etwa 10 % gegenüber dem Jahr 2000.
- Je nach Annahmen über die Nachfrage nach Biokraftstoffen und über die Verfügbarkeit von Biokraftstoffen der zweiten Generation steigen die Preise für manche landwirtschaftliche Erzeugnisse im Jahr 2030 um bis zu 50 % (Grobgetreide) gegenüber einer Situation, in der die Nachfrage nach Agrarrohstoffen für die Biokraftstoffproduktion auf dem Niveau von 2008 konstant bliebe (S. 151).
- Unter pessimistischen Annahmen erreicht die Zahl der Menschen, die durch die Ausdehnung der Biokraftstoffproduktion zusätzlich von Unterernährung betroffen sind, ein Maximum von über 120 Mio. im Jahr 2020. Bei optimistischen Annahmen über die Verfügbarkeit von Biokraftstoffen der zweiten Generation und geringer Nachfrage nach Biotreibstoffen sind im Jahr 2020 etwa 40 Millionen Menschen durch Ausdehnung der Biokraftstoffproduktion von Unterernährung zusätzlich betroffen (S. 157).

Bewertung:

Die Annahmen über die Verfügbarkeit von Flächen für die Bioenergieproduktion scheinen recht optimistisch. Die Autoren räumen ein, dass bei der Berechnung der für die Produktion von Biokraftstoffen der zweiten Generation verfügbaren Flächen verschiedene ökologische und soziale Funktionen nicht berücksichtigt wurden (z. B. Futterbedarf von Wildtieren, sammeln von Feuerholz etc.). Es scheint weder realistisch noch wünschenswert, alle technisch dafür geeigneten Gras- und Buschflächen in Kultur zu nehmen.

Für die Szenarioanalyse (Teil B) wurde ein geographisches Modell mit einem ökonomischen (World Food System Model) verbunden. Dadurch wird eine detaillierte Betrachtung mit vergleichsweise geringen Einschränkungen möglich. Leider werden die Ergebnisse der Szenarioanalyse (Teil B) kaum in Verbindung mit der Analyse des heutigen Potenzials (Teil A) in Verbindung gebracht. Es ist zum Beispiel nicht ersichtlich, ob die 150 Mio. ha, die zusätzlich für die Nahrungsmittelproduktion benötigt werden, ebenfalls ungeschütztes Gras- und Buschland sind oder andere Flächen wie beispielsweise gerodete Waldflächen.

Die Gesamteindruck der Studie wird durch inhaltliche Inkonsistenzen getrübt: So wird an einer Stelle von 700 - 800 Millionen Hektar von für den Anbau von Energiepflanzen verfügbarer Fläche gesprochen, an anderer wird aber nur von rund der Hälfte ausgegangen.

SMEETS et al. (2007): A bottom-up assessment and review of global bio-energy potentials to 2050**Ergebnisse:**

Die Autoren gehen davon aus, dass zur Produktion der im Jahr 2050 global benötigten Nahrungsmittelmenge etwa 30 bis 85 % der gegenwärtig²⁹ landwirtschaftlich genutzten Fläche ausreichen (S. 83). Damit werden große Mengen an Nutzfläche für die Energieerzeugung frei.

Die Energiemenge, die auf diesen Flächen produziert werden kann (es wird davon ausgegangen, dass auf diesen Flächen vor allem Gehölze wie Pappeln und Weiden angebaut werden), zuzüglich Energie aus land- und forstwirtschaftlichen Abfällen und überschüssigem Waldaufwuchs liegt je nach Annahmen zwischen 370 und 1.500 EJ pro Jahr (S. 91).

Annahmen:

- Tierproduktion findet 2050 weltweit entweder in industriellen Systemen oder in gemischten Systemen (Gemisch aus Weidehaltung und industriellen Systemen) statt (S. 63).
- Die Futtermittelverwertung erreicht 2050 global das in 1998 höchste beobachtete Niveau. Für Rindfleischproduktion bedeutet dies, dass in 2050 weltweit das Niveau von Japan 1998 erreicht wird; in der Milchproduktion das von Nordamerika; in der Schweine- und Geflügelproduktion das Westeuropas (S. 70).
- Die geographische Verteilung der Pflanzenproduktion wird optimiert, d. h., der Anbau einer bestimmten Frucht findet dort statt, wo die natürlichen Gegebenheiten dafür am besten geeignet sind (S. 72).
- Es wird davon ausgegangen, dass 2050 im Pflanzenbau weltweit eine landwirtschaftliche Praxis angewandt wird, die auf dem Niveau der EU, der USA und darüber liegt (S. 73)
- Die Weltbevölkerung steigt bis 2050 auf 8,8 Milliarden Menschen (S. 63).
- Im Jahr 2050 werden genug Nahrungsmittel produziert, um die die gestiegene Weltbevölkerung kalorisch insgesamt hinreichend zu ernähren. Aufgrund von Verteilungsproblemen bleibt Unterernährung aber ein Problem.
- Die sich aus dem Klimawandel ergebenden möglichen Änderungen wurden nicht berücksichtigt.

²⁹ Die prozentualen Veränderungen beziehen sich auf Daten aus dem Jahr 1998

Bewertung:

Die in der Studie gemachten Annahmen über die landwirtschaftliche Produktion im Jahr 2050 sind ausgesprochen optimistisch und scheinen den Autoren dieser Studie teilweise unrealistisch. So ist es kaum plausibel, dass die Futtermittelverwertung im Jahr 2050 weltweit die in der jüngeren Vergangenheit beobachteten Spitzenwerte (vergleichbar mit denen in Japan, der EU und den USA) erreicht. Genauso wenig ist davon auszugehen, dass im Jahr 2050 der Pflanzenbau weltweit ein Technologieniveau vergleichbar mit dem der kommerziellen Produktion der EU, der USA und darüber erreicht. Die aus diesen Annahmen abgeleitete Reduzierung der für die Ernährung der Weltbevölkerung benötigten Fläche im Jahr 2050 scheint daher wenig realistisch.

SEIDENBERGER et al. (2008): Global Biomass Potentials

Ergebnisse:

- Im Jahr 2050 stehen nach Abzug der Flächen für die Lebensmittelproduktion keinerlei Flächen zur Produktion von Energiepflanzen zur Verfügung, wenn nicht Ertragssteigerungen über den Trend der letzten Jahre hinaus realisiert werden können (S. 43).
- Bei der Fortschreibung gegenwärtiger Trends und Politiken entsteht weltweit im Jahr 2050 ein Defizit von 1200 Millionen ha an landwirtschaftlicher Nutzfläche (S. 43).
- Das Defizit vergrößert sich, wenn gegenüber der gegenwärtigen Situation erhöhte Anforderungen an den Umweltschutz (z. B. Verbot von Abholzung von Wäldern, Ausweitung der Ökologischen Landwirtschaft) gestellt werden. (S. 46-48).
- Wird in Regionen mit einem hohen Pro-Kopf-Verbrauch 30 % an Lebensmitteln weniger konsumiert, so verringert sich das für 2050 prognostizierte Flächendefizit um etwa 25 % (S. 46 und S. 49).

Annahmen:

- Energiepflanzen werden nur auf landwirtschaftlichen Flächen, die gegenwärtig ungenutzt sind (z. B. durch politisch gewollte Flächenstilllegung) oder künftig aufgrund von Ertragssteigerungen nicht mehr für Nahrungs- und Futtermittelherstellung benötigt werden, produziert.
- Flächen, die gegenwärtig *nicht* landwirtschaftlich genutzt werden (z. B. verbuschte Flächen) werden *nicht* in die Berechnungen einbezogen.

Bewertung:

Dies ist die einzige Studie, die zu dem Ergebnis kommt, dass im Jahr 2050 keine Flächen für den Anbau von Biomasse zur Verfügung stehen und im Gegenteil ein großes Flächendefizit, gleichbedeutend mit einer Verschlechterung der Welternährungssituation, entsteht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ausschließlich die landwirtschaftliche Nutzfläche betrachtet wird, während in anderen Studien auch zur Zeit nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen (z. B. Gras- und Buschland) als geeignet für die Produktion bestimmter Energiepflanzen erachtet werden.

Die Beschränkung auf gegenwärtig als landwirtschaftliche Nutzfläche ausgewiesene Gebiete ist insofern sinnvoll, als davon ausgegangen werden kann, dass auf diesen Flächen die entsprechende Infrastruktur für kommerzielle Produktion von Biomasse zur Verfügung steht. Andere Flächen, z. B. Gras- und Buschland in bisher wenig erschlossenen Gebieten mögen technisch für den Anbau bestimmter Energiepflanzen geeignet sein. Allerdings ist schwer zu beurteilen, ob diese Nutzung nicht durch andere Hemmnisse wie beispielsweise mangelnde Transportinfrastruktur verhindert wird.

CAI et al. (2011): Land Availability for Biofuel Production

Ergebnisse:

- In Afrika, China, Europa (ohne Russland), Indien, Südamerika und den USA zusammen sind 320 Mio. ha ungenutzter marginaler landwirtschaftlicher Flächen für den Anbau von Gräsern, einheimischen Dauerkulturen, Miscanthus und Rutenhirse als Energiepflanzen vorhanden (S. 337).
- Wird zusätzlich marginales Grasland, Savanne und verbuschtes Land in die Betrachtung mit einbezogen, steigt die potenzielle Anbaufläche nach Abzug von benötigtem Weideland auf 1107 Mio. ha (S. 337).
- Mit der auf diesen Flächen erzeugten Agrarrohstoffen könnten 10 bis 55 % des gegenwärtigen Verbrauchs an flüssigen Kraftstoffen ersetzt werden (S. 337).
- Mehr als ein Drittel der potenziellen Anbauflächen befindet sich in Afrika (S. 338).

Einschränkung:

- Die Analyse bezieht sich auf die Gegenwart. Zu erwartende Entwicklungen in Bezug auf Bevölkerungszahl, Ernährungsgewohnheiten, Energiebedarf und Klimawandel werden nicht berücksichtigt.

Bewertung:

Das vornehmliche Ziel der Studie ist eine gegenüber dem bisherigen Forschungsstand verbesserte Datenbasis über das Vorhandensein marginaler landwirtschaftlicher Flächen, die für den Anbau von Energiepflanzen geeignet sind, zu schaffen. Das Vorgehen scheint angemessen und zielführend.

Da Russland in der Analyse ausgespart wurde, genauso wie Kanada, Mexiko, Australien und Neuseeland, kann davon ausgegangen werden, dass die Flächenpotenziale tendenziell eher unter- als überschätzt wurden.

BRUINSMA (2009): The Resource Outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050?

Ergebnisse:

- Im Jahr 2050 stehen weltweit ausreichend Landreserven zur Verfügung, um die bis dahin gestiegene Weltbevölkerung zu ernähren.
- Bis 2050 wird eine Ausdehnung der Ackerfläche für die Nahrungsmittelproduktion um 70 Mio. ha oder weniger als 5 % prognostiziert.
- Die erforderliche Zunahme der pflanzlichen Produktion wird weitgehend über Ertragssteigerungen und einen höheren Vorleistungseinsatz erreicht.

Einschränkung:

- Die Bioenergiefördermaßnahmen und der daraus resultierende Landbedarf wurden nicht berücksichtigt.
- Die möglichen Folgen des Klimawandels wurden ebenfalls nicht explizit mit in die Abschätzungen einbezogen.

Bewertung:

In der Arbeit wird der Frage nachgegangen, ob 2050 noch ausreichend Land zur Verfügung stehen wird, um die gestiegene Weltbevölkerung zu ernähren. Die Ergebnisse beruhen vor allem auf Experteneinschätzungen. Modelle wurden nur in geringerem Maß für die Abschätzungen zu Hilfe gezogen.

Generell ist das Vorgehen schwer nachvollziehbar und daher kaum auf Plausibilität zu prüfen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die FAO über ausreichend Erfahrung und Expertise für eine fundierte Einschätzung verfügt.

Der Frage, ob im Jahr 2050 noch Flächen für die Produktion von Energiepflanzen zur Verfügung stehen, wird in der Studie nicht nachgegangen. Angesichts des als gering prognostizierten zusätzlichen Bedarfs an Ackerflächen für die Nahrungsmittelproduktion kann jedoch davon ausgegangen werden, dass in gewissem Umfang auch Flächen für die Produktion von Energiepflanzen vorhanden sein werden.

Verzeichnis der Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie

- Nr. 01/2008 Margarian A:
Sind die Pachten im Osten zu niedrig oder im Westen zu hoch?
- Nr. 02/2008 Lassen B, Friedrich C, Prübe H:
Statistische Analysen zur Milchproduktion in Deutschland – Geografische Darstellung (Stand: Januar 2008)
- Nr. 03/2008 Nitsch H, Osterburg B, von Buttlar Ch, von Buttlar HB:
Aspekte des Gewässerschutzes und der Gewässernutzung beim Anbau von Energiepflanzen
- Nr. 04/2008 Haxsen G:
Calculating Costs of Pig Production with the InterPIG Network
- Nr. 05/2008 Efken J:
Online-Befragung von Erhalterinnen seltener Nutztiere oder Nutzpflanzen zu Ihren Aktivitäten und Einstellungen
- Nr. 06/2008 Rudow K, Pitsch M:
Fallstudie zur Wirkung der Ausgleichszulage im Landkreis Oberallgäu (Bayern)
- Nr. 07/2008 Daub R:
Fallstudie zur Wirkung der Ausgleichszulage im Landkreis Vogelsberg (Hessen)
- Nr. 08/2008 Haxsen G:
Interregionale und internationale Verflechtung der Ferkelversorgung in Deutschland – Berechnung regionaler Versorgungsbilanzen und Kalkulationen der Produktionskosten für Ferkel im interregionalen sowie internationalen Vergleich
- Nr. 09/2008 Lassen B, Isermeyer F, Friedrich C:
Milchproduktion im Übergang – eine Analyse von regionalen Potenzialen und Gestaltungsspielräumen
- Nr. 10/2008 Gasmi S:
Fallstudie zur Wirkung der Ausgleichszulage im Landkreis St. Wendel (Saarland)

- Nr. 11/2008 Pohl C:
Fallstudie zur Wirkung der Ausgleichszulage im Altmarkkreis Salzwedel (Sachsen-Anhalt)
- Nr. 12/2008 Gömann H, Heiden M, Kleinhanß W, Kreins P, von Ledebur EO, Offermann F, Osterburg B, Salamon P:
Health Check der EU-Agrarpolitik – Auswirkungen der Legislativvorschläge
- Nr. 13/2008 von Ledebur EO, Ehrmann M, Offermann F, Kleinhanß W:
Analyse von Handlungsoptionen in der EU-Getreidemarktpolitik
- Nr. 14/2008 Ehrmann M, Kleinhanß W:
Review of concepts for the evaluation of sustainable agriculture in Germany and comparison of measurement schemes for farm sustainability
- Nr. 01/2009 Gömann H, Kleinhanß W, Kreins P, von Ledebur EO, Offermann F, Osterburg B, Salamon P:
Health Check der EU-Agrarpolitik – Auswirkungen der Beschlüsse
- Nr. 02/2009 Schmitz J, von Ledebur, EO:
Maispreisverhalten – Maispreistransmission während des Preisbooms an den Terminmärkten
- Nr. 03/2009 Osterburg B, Nieberg H, Rüter S, Isermeyer F, Haenel HD, Hahne J, Krentler JG, Paulsen HM, Schuchardt F, Schweinle J, Weiland P:
Erfassung, Bewertung und Minderung von Treibhausgasemissionen des deutschen Agrarsektors und Verbraucherschutz
- Nr. 04/2009 Osterburg B, Röder N, Elsasser P, Dieter M, Krug J:
Analyse ausgewählter internationaler Studien und Dokumente über Kosten und Potenziale der Minderung von Treibhausgasemissionen sowie des Aufbaus und der Erhaltung von C-Senken im deutschen Agrar- und Forstsektor
- Nr. 05/2009 Lutter M:
Strukturwandel in der europäischen Milchviehhaltung: Ergebnisse einer regional differenzierten Befragung

- Nr. 06/2009 Pufahl A:
Einkommens- und Beschäftigungswirkungen von Agrarumweltmaßnahmen, der Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete und der Ausgleichszahlung für Gebiete mit umweltspezifischen Einschränkungen
- Nr. 07/2009 Osterburg B, Nitsch H, Laggner B, Roggendorf W:
Auswertung von Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems zur Abschätzung von Wirkungen der EU-Agrarreform auf Umwelt und Landschaft
- Nr. 08/2009 Lassen B, Busch G:
Entwicklungsperspektiven der Milchproduktion in verschiedenen Regionen Niedersachsens – ein agri benchmark dairy-Projekt
- Nr. 09/2009 Pitsch M, Gasmi S:
Fallstudie zur Entwicklung der Landwirtschaft in einem benachteiligten Gebiet ohne Ausgleichszulage am Beispiel zweier Landkreise im Westharz (Niedersachsen)
- Nr. 01/2010 Plankl R, Weingarten P, Nieberg H, Zimmer Y, Isermeyer F, Krug J, Haxsen G:
Quantifizierung „gesellschaftlich gewünschter, nicht marktgängiger Leistungen“ der Landwirtschaft
- Nr. 02/2010 Steinrück B, Küpper P:
Mobilität in ländlichen Räumen unter besonderer Berücksichtigung bedarfsgesteuerter Bedienformen des ÖPNV
- Nr. 03/2010 Tietz A:
Auswirkungen von Health Check und EU-Konjunkturprogramm auf die ländlichen Entwicklungsprogramme der deutschen Bundesländer
- Nr. 04/2010 Becker H, Strohm-Lömpcke R:
Wohnortnahe Grundschulversorgung in ländlichen Räumen – Rahmenbedingungen und Gestaltungsmöglichkeiten
- Nr. 05/2010 Rothe A, Osterburg B:
Entwicklung der Biogasproduktion in Niedersachsen und Auswirkungen auf die Flächennutzung

- Nr. 06/2010 Friedrich C:
Milchverarbeitung und -vermarktung in Deutschland – eine deskriptive Analyse der Wertschöpfungskette
- Nr. 07/2010 Kleinhanß W, Offermann F, Ehrmann M:
Evaluation of the Impact of Milk quota – Case Study Germany
- Nr. 08/2010 Wolter M, Schierholz F, Lassen B:
Künftige Veränderungen in der Lieferantenstruktur einer Molkerei an drei Standorten – Ergebnisse einer Befragung
- Nr. 09/2010 Strohm K:
Stoffstromanalyse des deutschen Biokraftstoffsektors für das Jahr 2007
- Nr. 10/2010 Margarian A:
Methodische Ansätze zur Quantifizierung der Arbeitsplatzeffekte von Maßnahmen zur ländlichen Entwicklung
- Nr. 11/2010 Margarian A:
Gewinnentwicklung und Betriebsaufgabe in der Landwirtschaft: Angebotseffekte, Nachfrageeffekte und regionale Heterogenität
- Nr. 12/2010 Deumelandt F, Lassen BJ, Schierholz F, Wagner P:
Entwicklungstendenzen der Milchproduktion in Schweden – Ergebnisse einer Befragung von Milcherzeugern
- Nr. 01/2011 Mehl P:
Das agrarsoziale Sicherungssystem in Frankreich. Zentrale Merkmale und Entwicklungen aus der Perspektive der landwirtschaftlichen Sozialversicherung in Deutschland
- Nr. 02/2011 Kriehn C:
Erwerbstätigkeit in den ländlichen Landkreisen in Deutschland seit 1995
- Nr. 03/2011 Plankl R:
Finanzielle Staatshilfen für den Agrarsektor und deren regionale Verteilung
- Nr. 04/2011 Peter G:
Gemeinschaftliche Absatz- und Exportförderung für Agrarerzeugnisse und Lebensmittel in Österreich und den USA

- Nr. 05/2011 von Ledebur O, Schmitz J:
Preisvolatilität auf landwirtschaftlichen Märkten
- Nr. 06/2011 Klepper R:
Energie in der Nahrungsmittelkette
- Nr. 07/201 Kleinhanß W, Offermann F, Butault JP (INRA), Surry Y:
Cost of production estimates for wheat, milk and pigs in selected EU member states
- Nr. 08/201 Grajewski R:
Ländliche Entwicklungspolitik ab 2014. Eine Bewertung der Verordnungsvorschläge der Europäischen Kommission vom Oktober 2011.
- Nr. 01/201 Margaritan A:
The relation between agricultural and non-agricultural economic development: Technical report on a empirical analysis of European regions
- Nr. 02/201 Plankl R:
Regionale Verteilung raumwirksamer finanzieller Staatshilfen im Kontext regionalwirtschaftlicher Entwicklung
- Ne. 03/201 Kleinhanß W, Junker F:
Analyse und Abschätzung des Biomasse-Flächennutzungspotentials