

---

## **Grundlage der Bewertung des Einsatzes von Biomasse in Klimaschutzszenarien**

---

**Dipl.-Ing. Björn Pieprzyk,**  
TU Darmstadt

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Uwe Lahl**  
TU Darmstadt

---

### **1 Einleitung**

---

Der folgende Beitrag ist ein Übersichtsartikel, der den aktuellen internationalen Diskussionsstand für die Bewertung der Biomassenutzung in Klimaschutzszenarien darstellt<sup>1</sup>. Aufgabe ist es, die Bandbreite der Forschungsansätze und der vertretenen Thesen aufzuzeigen [Pieprzyk; 2011].

Die Biomasse macht derzeit in Deutschland und auch weltweit den größten Anteil der Erneuerbaren Energien aus. Auch in den Klimaschutzziele spielt sie eine sehr bedeutete Rolle. Gleichzeitig werden die Umwelt- und Klimaauswirkungen, die mit dem Ausbau der Biomassenutzung einhergehen können, sehr kritisch diskutiert. Dabei geht es vor allem um den Mehrbedarf an landwirtschaftlichen Flächen. Der folgende Beitrag geht daher als Schwerpunkt auf die Bewertung von direkten und indirekten Landnutzungseffekten ein.

---

<sup>1</sup> Diese Veröffentlichung enthält Teile der geplanten Dissertation von Björn Pieprzyk.

---

## 2 Einsatz von Biomasse in den unterschiedlichen Szenarien

---

Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Arten an Erneuerbaren Energien und ihre Einsatzgebiete.

**Tabelle 1: Heutige Einsatzbereiche von Erneuerbarer Energie in unterschiedlichen Sektoren**

Nutzbar EE	Wärme/Kälte	Strom	Kraft/Mobilität	Chemie
Sonnenlicht	+	+		
Wind		+	(+) <sup>2</sup>	
Biomasse	+	+	+	+
Wasserkraft		+	(+) <sup>3</sup>	
Geothermie	+	+		

Man erkennt, dass Biomasse die vielseitigste Erneuerbare Energie darstellt. Und sie ist in den Sektoren Chemie, in Teilbereichen der industriellen Produktion und des Transportsektors (Flug-, Schiff- und Straßen-Güterverkehr) die einzige heute verfügbare erneuerbare Quelle.

---

## 3 Die Aufgabe von Klimaschutzszenarien

---

Das International Panel on Climate Change (IPCC) hat das Arbeiten mit Klimaschutzszenarien zur Politikberatung sehr weit entwickelt. Die folgende Abbildung zeigt die klassischen SRE-Szenarien, die im Rahmen eines in 2000 erschienen Reports entwickelt wurden [Nakicenovic N. J.; Davis R. et al.; 2000].

---

<sup>2</sup> Mobilität: z.B. Segelboote, SkySails (<http://www.skysails.info>), Kraft: z.B. Windmühlen.

<sup>3</sup> Kraft: z.B. Wassermühlen.

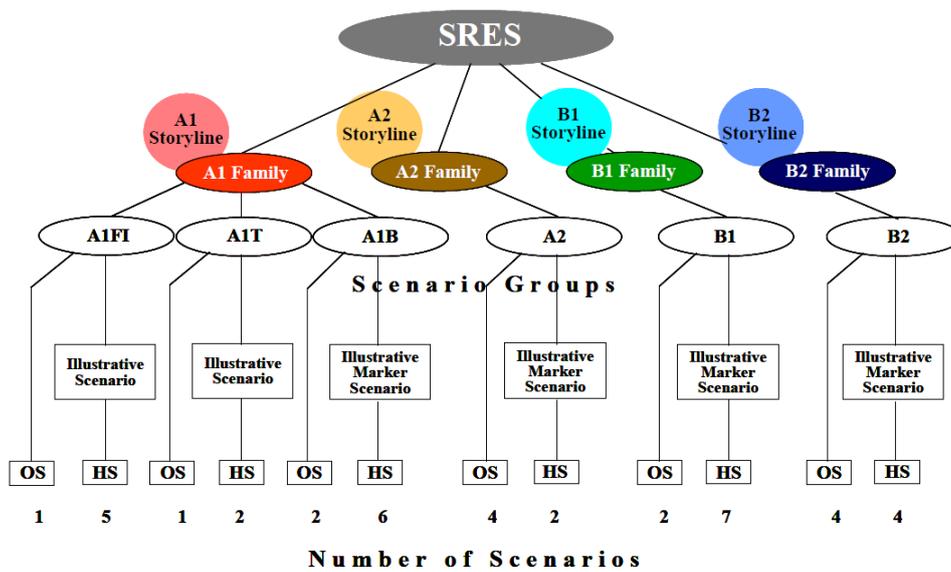


Abbildung 1: SRES-Szenarios [IPCC; 2000]

Diese Szenarien unterscheiden sich hinsichtlich ihrer „Storyline“ bezüglich ökonomischer Entwicklung, Bevölkerungswachstum und Maßnahmen des Klimaschutzes. Aus derartigen Randbedingungen werden über Annahmen Emissionsprognosen gerechnet, die in etwa so aussehen können, wie dies die folgende Abbildung zeigt.

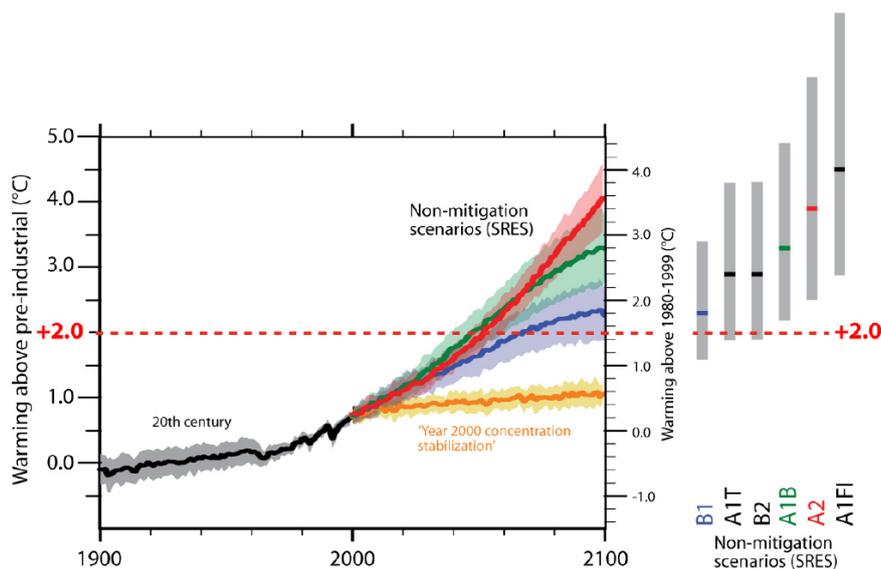
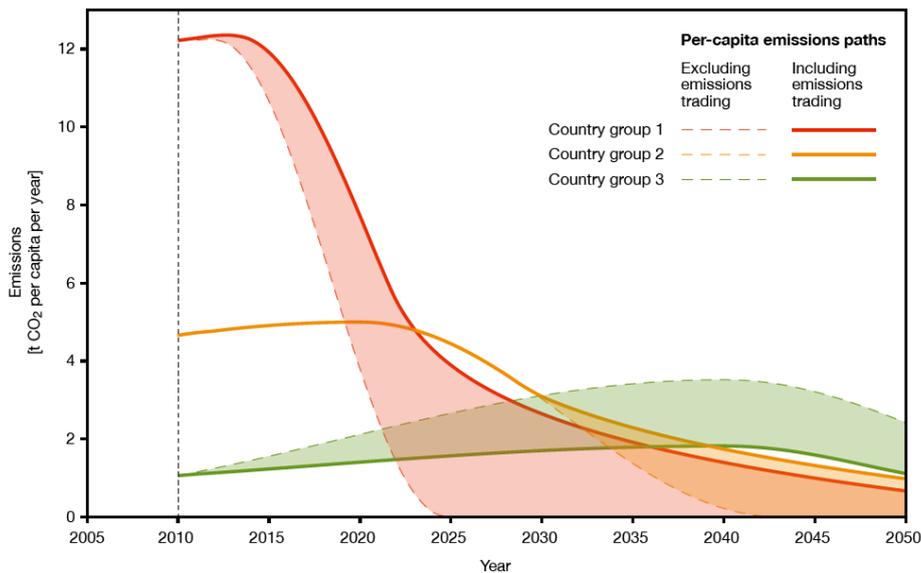


Abbildung 2: Unterschiedliche Klimaschutzszenarien nach IPCC

Mit Hilfe dieser Szenarien können auch Emissions-Prognosen gerechnet werden und auch die Auswirkungen auf das Klima abgeschätzt werden. In diese Szenarien fließt ein, wie die Treibhausgasemissionen durch den Einsatz von Erneuerbaren Energien gesenkt werden können.

Die wohl bekannteste Emissionsprognose ist die folgende Abbildung 3, die eine mögliche Lastenverteilung zwischen Entwicklungs- Schwellen- und Industrieländern zeigt, um das sogenannte 2-Grad-Ziel bis 2050 zu erreichen. Man sieht an diesen Berechnungen, dass für Entwicklungsländer ein Spielraum für höhere Emissionen gegeben ist und dies durch erhebliche Anstrengungen insbesondere der Industrieländer erreicht werden soll.

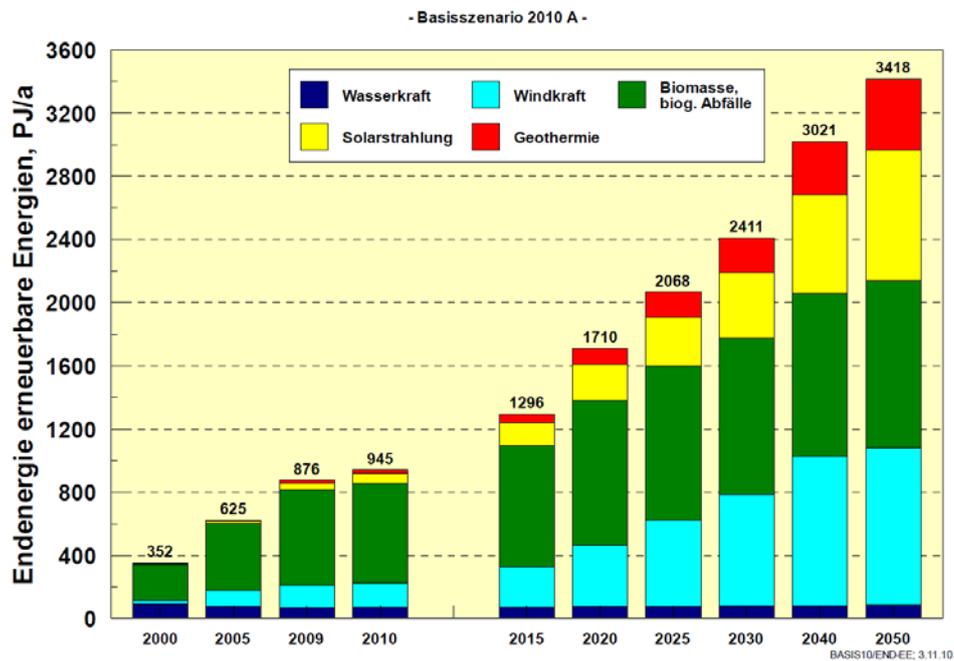


**Abbildung 3: Mögliche Szenarien einer Lastenverteilung der CO<sub>2</sub>-Einsparungen pro Kopf der Bevölkerung zwischen Entwicklungs- Schwellen und Industrieländern**  
[\[http://www.wbgu.de/wbgu\\_sn2009\\_en.pdf\]](http://www.wbgu.de/wbgu_sn2009_en.pdf)

Derartige Berechnungen zeigen, dass es nicht einfach sein wird, das viel zitierte 2-Grad Ziel zu erreichen. Aber durch andere Lebensstile, mehr technologische Effizienz und insbesondere durch die Nutzung Erneuerbare Energien erscheint dies möglich.

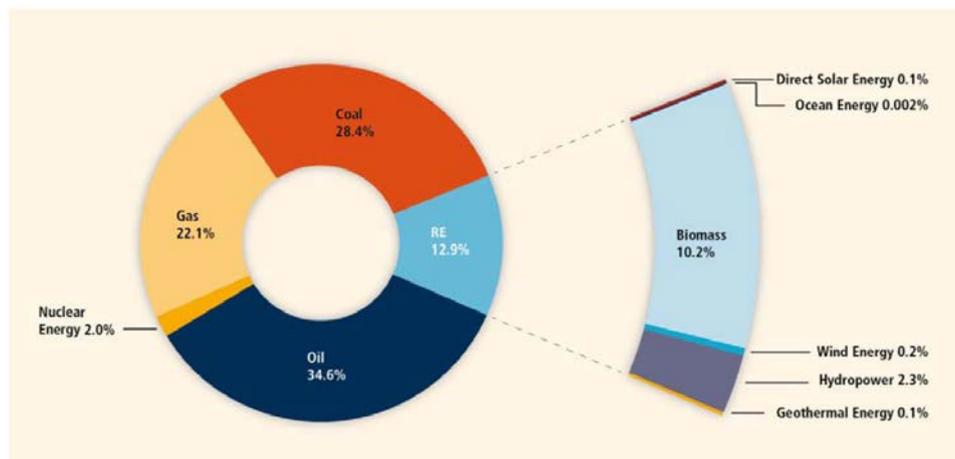
Als Erneuerbare Energien werden in diesen Berechnungen hauptsächlich die verstärkte Nutzung von Wind- und Sonnenenergie, Wasserkraft, Geothermie und insbesondere Biomasse prognostiziert.

Welchen Anteil haben die unterschiedlichen Erneuerbaren Energien in diesen Berechnungen? Die folgende Abbildung zeigt das aktuelle Leitszenario des Bundesumweltministeriums für Deutschland zum Einsatz von Erneuerbaren Energien bis 2050. Man erkennt, dass Biomasse für dieses Szenario eine große Bedeutung einnimmt. Vergleicht man dieses aktuelle Szenario aber mit den früheren Szenarien, wird deutlich, dass die Autoren in diesem Szenario den weiteren Ausbau der Biomassennutzung sehr begrenzen und dafür die zukünftige Versorgung durch eine stärkere Steigerung bei Windkraft erreichen wollen. Sicherlich ein Reflex auf die kritische Diskussion über den Ausbau der Biomassennutzung.



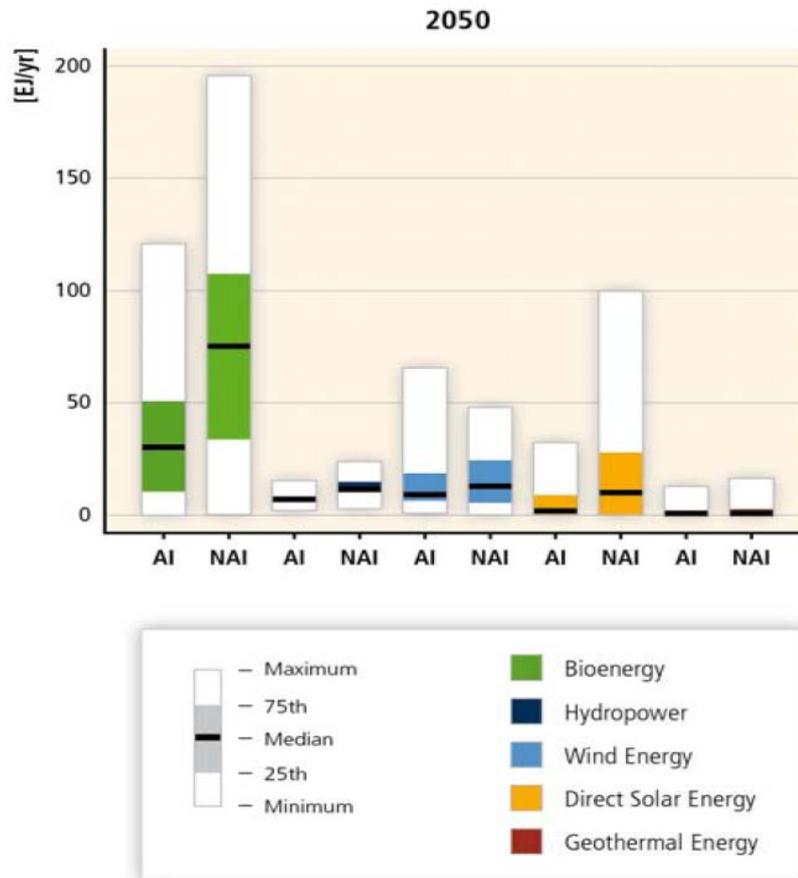
**Abbildung 4: Leitszenario 2010: Anteil der einzelnen erneuerbaren Energien im Basisszenario A an der Endenergieproduktion bis 2050 [Nitsch J.; Pregger T. et al.; 2010]**

Global ist eine ähnliche Entwicklung zu beobachten. Die folgende Abbildung zeigt zunächst die heutige Situation



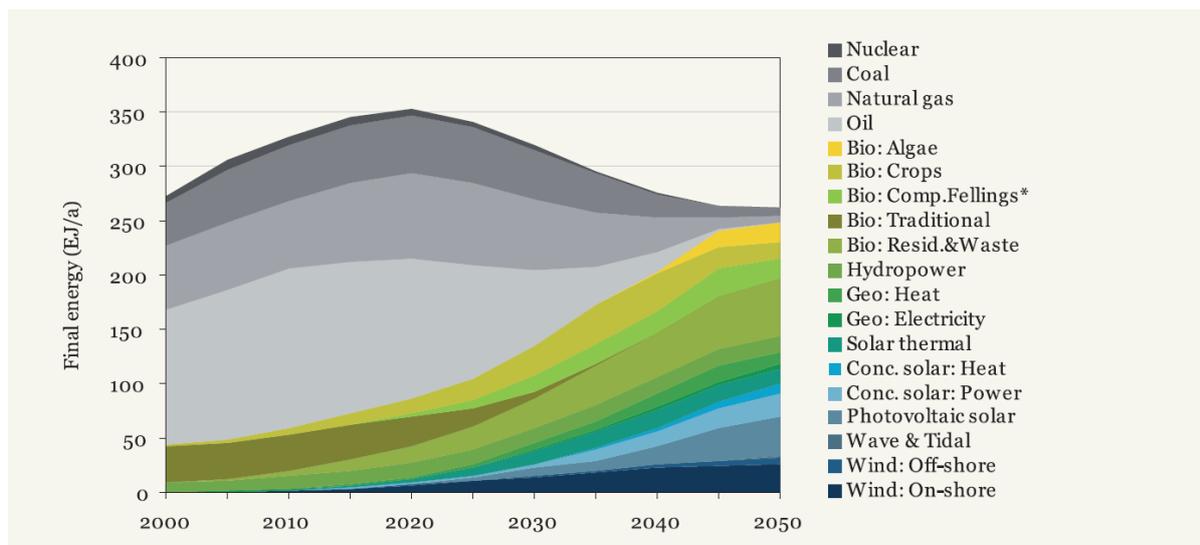
**Abbildung 5: Anteil der Energiequellen für die globale Versorgung mit Primärenergie in 2008 (492 EJ) [Ebd.]**

Es wird deutlich, dass Erneuerbare Energien mit einem Anteil von 12,9 % bereits heute einen beträchtlichen Beitrag zur Energieversorgung der Welt leisten, wobei Biomasse hierfür die mit Abstand wichtigste Einzel-Quelle darstellt.



**Abbildung 6: Prognose der globalen Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien nach Einzel-Quellen für 2050 [Ebd.]**

Abbildung 6 zeigt das Ergebnis einer Analyse von 164 Klimaschutzszenarien. Auch hier zeigt sich, dass Biomasse die wichtigste Einzelquelle für den Klimaschutz bleibt. Und selbst bei aktuellen Studien im Auftrag von Umweltverbänden bleibt Biomasse unverzichtbar, wie Abbildung 7 zeigt.

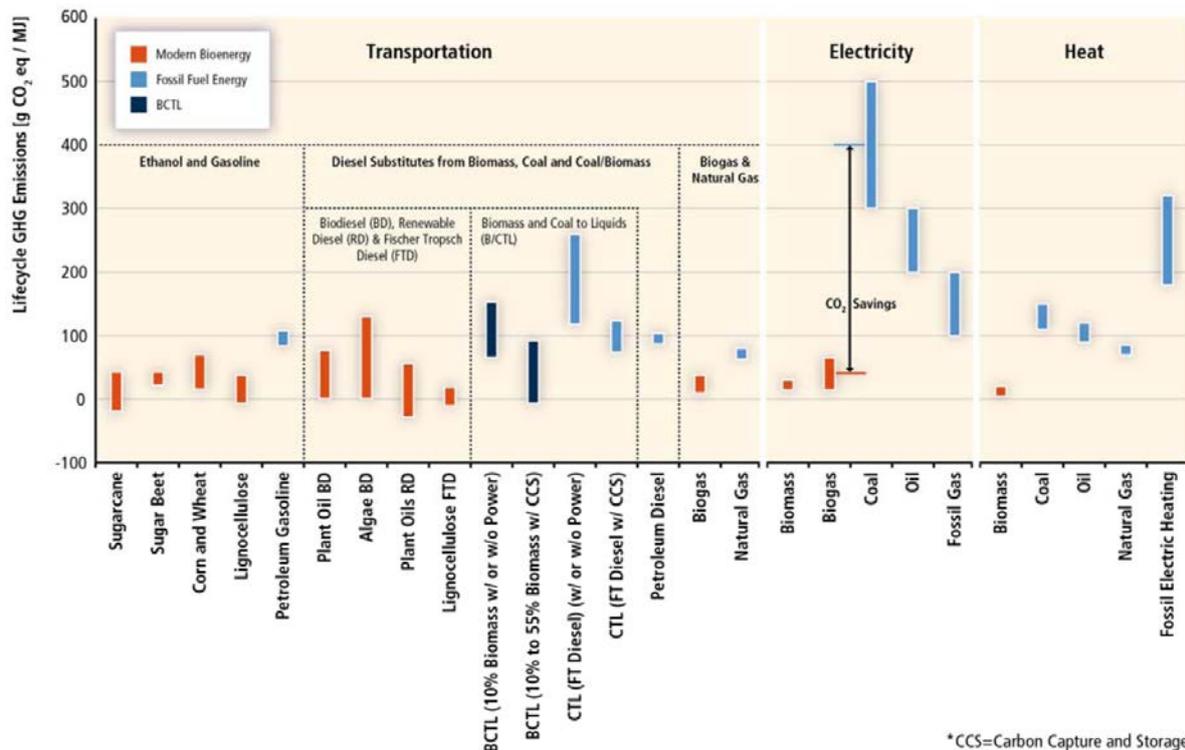


**Abbildung 7: Szenarien für die Weltenergieversorgung mit Erneuerbaren Energien [WWF; 2011]**

Ein erstes Fazit zeigt also, dass bei der Prognose von Klimaschutzszenarien der Biomassenutzung eine entscheidende Bedeutung beigemessen wird. Und am Rande sei angemerkt, dass der Einsatz von Biomasse für den Transportsektor (Biokraftstoffe) hierbei nur einen Teilbereich darstellt.

#### **4 Die Reduzierung von Treibhausgasemissionen durch Biomassenutzung**

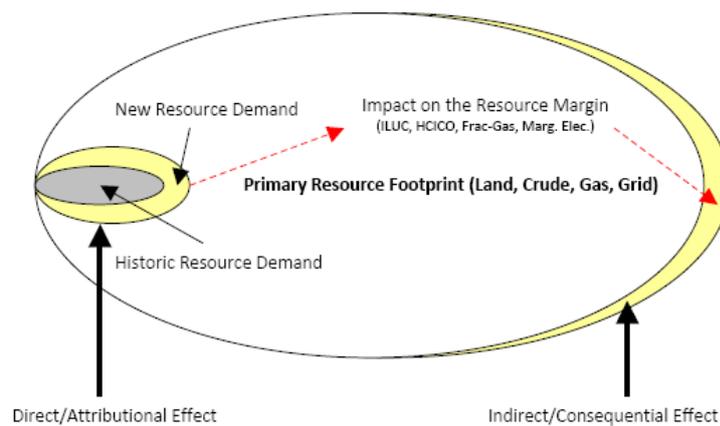
Die Bandbreite der Einsparung von Treibhausgasen durch Bioenergie ist ebenso groß wie ihre vielseitigen Einsatzmöglichkeiten. Die Treibhausgaseinsparung hängt zum einen davon ab, welche fossilen Energieträger im Strom-, Wärme- und Kraftstoffsektor ersetzt werden. Zum anderen wird das Einsparpotential durch die Emissionen der Bereitstellung von Bioenergie beeinflusst. Die folgende Abbildung zeigt die Treibhausgasemissionen verschiedener Bioenergiepfade im Vergleich zu fossilen Energien. Es wird deutlich, dass Bioenergie im Strombereich die meisten Emissionen vermeidet. Aufgrund des Einsparpotenzials scheint auf den ersten Blick der Einsatz von Bioenergie im Stromsektor für am Sinnvollsten. Wobei Abbildung 8 die Nutzung von Biomasse für die stoffliche Nutzung (u.a. Chemische Industrie) und ihre mögliche Nutzung als Kraftstoff oder Reduktionsmittel in der Industrie nicht einbezieht. Für die Bewertung der prioritären Einsatzmöglichkeiten von Bioenergie muss aber auch das Kriterium der „Alternativenvielfalt“ berücksichtigt werden. Damit ist gemeint, wie viele erneuerbare Energiesparten für die Bereiche Strom, Wärme, Kraft/Mobilität und Chemie zur Verfügung stehen. Mit Tabelle 1 ist bereits verdeutlicht worden, dass verschiedene erneuerbare Energiesparten Strom und Wärme bereitstellen können, dagegen für Kraft/Mobilität und Chemie mit wenigen Ausnahmen heute nur Biomasse genutzt werden kann. Wegen der Alternativlosigkeit sieht daher die Studie „Modell Deutschland“ im Auftrag des WWF den Einsatz von Bioenergie in einigen Verkehrsbereichen (Straßengüter- und Flugverkehr) und der Industrie als notwendig an, um langfristige Klimaschutzziele zu erreichen. [Öko-Institut; 2050]



**Abbildung 8: Das Einsparpotential an Treibhausgasemissionen durch Biomassenutzung im Vergleich mit fossiler Energie [Ebd.]**

Die obige Übersicht zeigt die LCA-Ergebnisse ohne direkte und indirekte Landnutzungsänderungen und weitere indirekte Effekte zu berücksichtigen. Diese Aspekte können das obige Bild ändern und sollen daher im Folgenden näher analysiert werden. Direkte Landnutzungsänderungen können zum Beispiel auftreten, wenn für den Anbau von Energiepflanzen Grünland umgebrochen oder Wald gerodet wird. Dadurch entstehen Treibhausgasemissionen, insbesondere durch die Freisetzung des gebundenen Kohlenstoffs.

Indirekte Effekte sind Umweltauswirkungen, die vor allem durch Verdrängungseffekte entstehen (siehe Abbildung 9). Das können zum Beispiel indirekte Landnutzungsänderungen (Indirect Land Use Change – iLUC) durch die Bioenergienutzung sein, wenn der Anbau von Energiepflanzen in Deutschland die vorherigen Anbauprodukte in andere Regionen der Welt verdrängt und dort zu einer Ausdehnung der landwirtschaftlichen Flächen führt. Verdrängungseffekte finden aber auch im fossilen Kraftstoffsektor statt. Wenn z.B. in Europa Biokraftstoffe fossile Kraftstoffe verdrängen, wirkt sich diese Substitution auf die globale Produktion fossiler Kraftstoffe aus.



**Abbildung 9: Schematische Darstellung von direkten und indirekten Effekten**

Während direkte Umweltauswirkungen in der Regel noch relativ gut erfasst werden können, ist die Bewertung von indirekten Effekten inhaltlich aber auch methodisch sehr schwierig. Die heutige Methodik der Ökobilanz berücksichtigt diese Effekte daher noch nicht. In den folgenden beiden Kapiteln wird die Bewertungsproblematik von indirekten Effekten beschrieben.

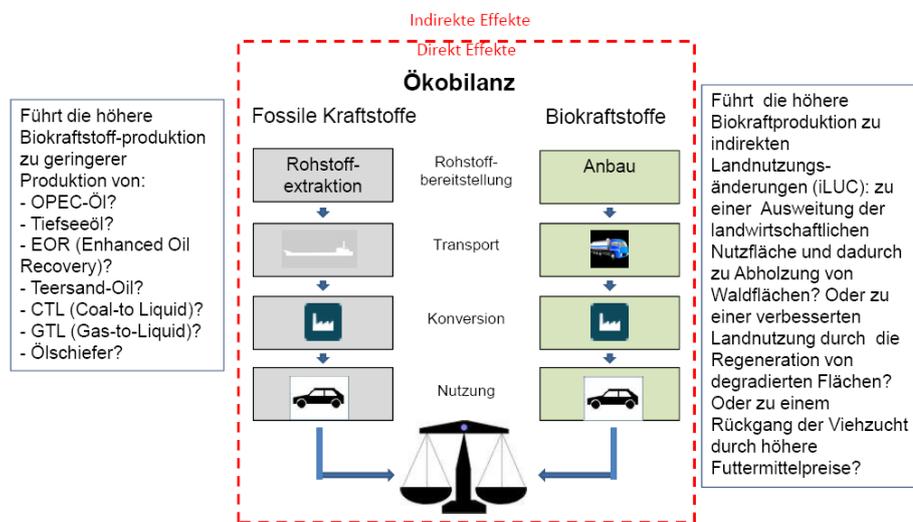
---

## 5 Erfassung und Nutzung von indirekten Effekten der energetischen Biomassenutzung

---

### 5.1 Systemgrenzen von direkten und indirekten Effekten der Bioenergie

Indirekte Effekte haben im Gegensatz zu direkten Effekten keine klaren Untersuchungsgrenzen und können nicht mit der Input-Output-Analyse der bestehenden Ökobilanzmethodik erfasst werden. Abbildung 10 zeigt eine schematische Darstellung der Systemgrenzen von direkten und indirekten Effekten von Biokraftstoffen. Indirekte Effekte können sowohl in unmittelbarer räumlicher und zeitlicher Nähe aber auch in großer räumlicher und zeitlicher Entfernung stattfinden. Zum Beispiel können Biokraftstoffe die heutige Förderung von Nordseeerdöl vermeiden oder die zukünftige Produktion von Teersanden in Kanada verhindern. Es können viele alternative Wirkungen auftreten, wie die Auflistung von Marginal-Oil-Typen und indirekten Landnutzungseffekten in der Abbildung 10 verdeutlicht.



**Abbildung 10: Systemgrenzen zwischen direkten und indirekten Effekten von fossilen Kraftstoffen und Biokraftstoffen**

## 5.2 Die Komplexität von indirekten Landnutzungseffekten

Die indirekten Landnutzungseffekte (indirect Land Use Change, iLUC) der Bioenergienutzung können, wie ebenfalls in Abbildung 10 dargestellt, vielfältig sein. Ein illustratives Beispiel dafür ist die Ethanolproduktion in den USA:

Durch die Ethanolproduktion in den USA aufgrund der Biokraftstoffziele der US-Regierung wächst die Nachfrage nach Mais. Die erhöhte Maisnachfrage kann zu unterschiedlichen Effekten führen [Dale B. E.; 2008]:

1. Die Landwirte in den USA erhöhen die Produktivität
2. Die Landwirte in den USA verändern die Fruchtfolgen
3. Die Landwirte in den USA weiten die Anbaufläche aus
4. Die Landwirte in den USA bauen mehr Mais als Soja an. Dadurch sinken die US-Sojaexporte und die Weltsojapreise steigen. Dadurch wird die Anbaufläche für Soja in Brasilien im Amazonasgebiet ausgeweitet.

Welche der genannten Entwicklungen werden eintreten? Keine einfache Aufgabe für ein Prognosemodell.

Die Erfassung und Bewertung von indirekten Effekten wird aber auch durch die Komplexität der Prozesse, die indirekte Effekte verursachen, erschwert. [Liska, A. und Perrin R.; 2009]. Die Abbildung 11 zeigt die Komplexität der verschiedenen möglichen indirekten Effekte durch eine Zunahme der

Rapsölnachfrage für die Biodieselproduktion. Es wird deutlich, dass indirekte Landnutzungsänderungen (iLUC) eine große räumliche und zeitliche Bandbreite aufweisen. Es können zudem Kausalketten unterschiedlicher Länge, d.h. mit unterschiedlich vielen Wirkungen, die miteinander verknüpft sind, auftreten.

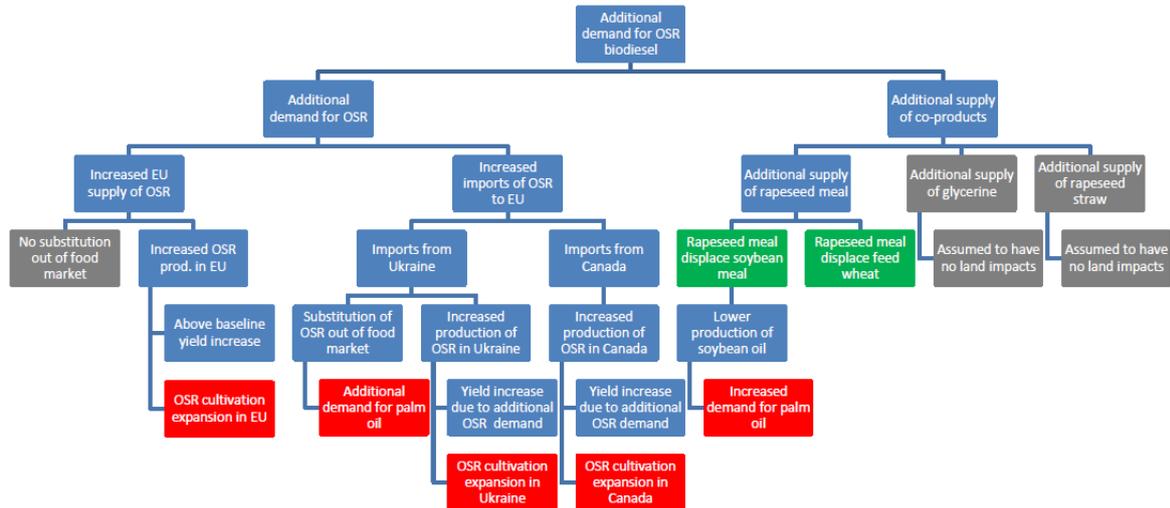


Figure 10. Market responses to an increase in demand for oilseed rape biodiesel.

Land expansion, or iLUC "debts" are shaded red and avoided land expansion, or iLUC "credits" are shaded green. Market responses depicted in the diagram in grey are not considered further for reasons explained in the text.

### Abbildung 11: Mögliche indirekte Effekte durch die Zunahme der Rapsölnachfrage für die Biodieselproduktion [Bauen, A. et.al; 2010]

Die Komplexität von iLUC-Prozessen ist aber nicht nur auf den großen räumlichen und zeitlichen Abstand zwischen Ursache und Wirkung und lange Kausalketten zurückzuführen. Der Grad der Unsicherheit wird außerdem von der Anzahl möglicher Effekte, die alternativ auftreten können, und der Anzahl möglicher Ursachen, die den Effekt auslösen können (Multikausalität), bestimmt. Die Multikausalität von Landnutzungsänderungen in den Tropen wird von Geist und Lambin beschrieben, die 157 regionale Studien ausgewertet haben [Geist H. J., Lambin E. F.; 2002]. Nach Geist und Lambin ist die Abholzung von tropischem Regenwald nie das Ergebnis einer einzelnen Ursache sondern des Zusammenspiels vieler Faktoren (siehe Abbildung 12). Die Untersuchungen von Armond T. Joyce der Landnutzungsänderungen in Costa Rica von 1966 bis 2006 bestätigen diese Ergebnisse [Joyce A.T.; 2006]. Nach Joyce beeinflussen mindestens 14 Faktoren die Landnutzung in Costa Rica.

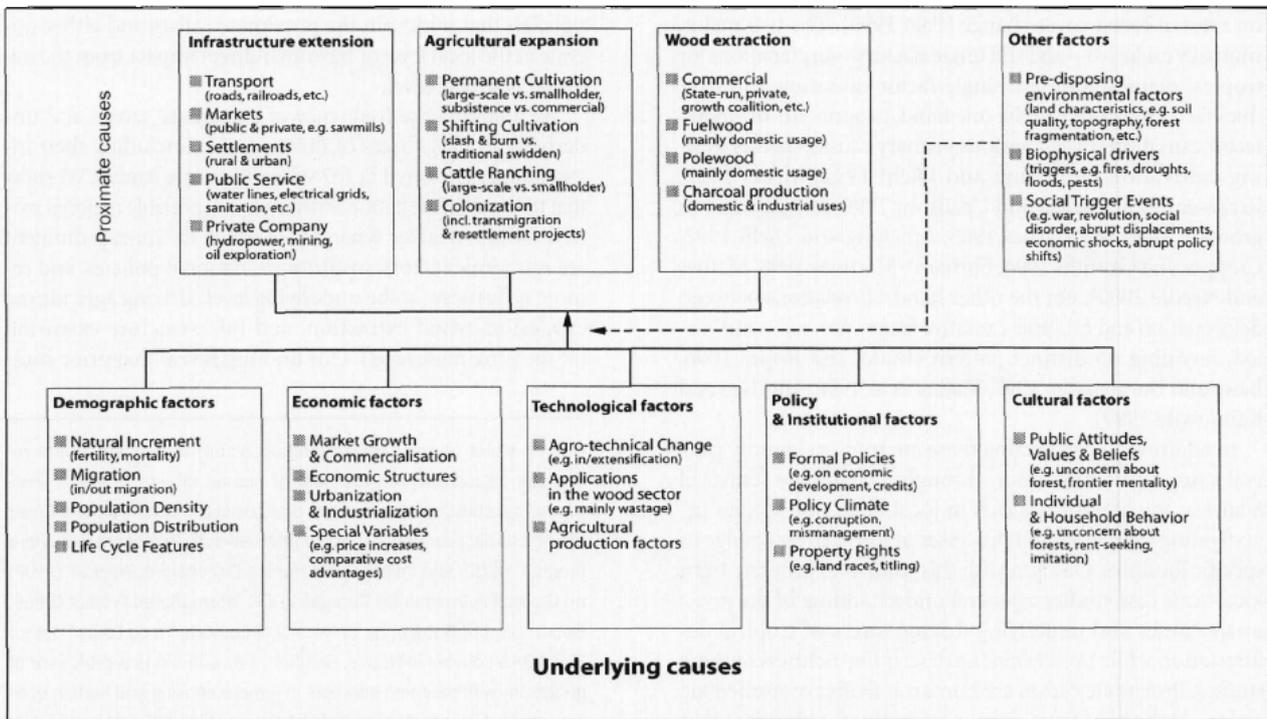


Figure 1. Causes of forest decline. Five broad clusters of underlying driving forces (or fundamental social processes) underpin the proximate causes of tropical deforestation, which are immediate human actions directly impacting forest cover.

Abbildung 12: Ursachen für Regenwaldabholzung [Geist H. J., Lambin E. F.; 2002]

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen außerdem, wie stark die Ursachen von Landnutzungsänderungen in den verschiedenen tropischen Regionen weltweit variieren.

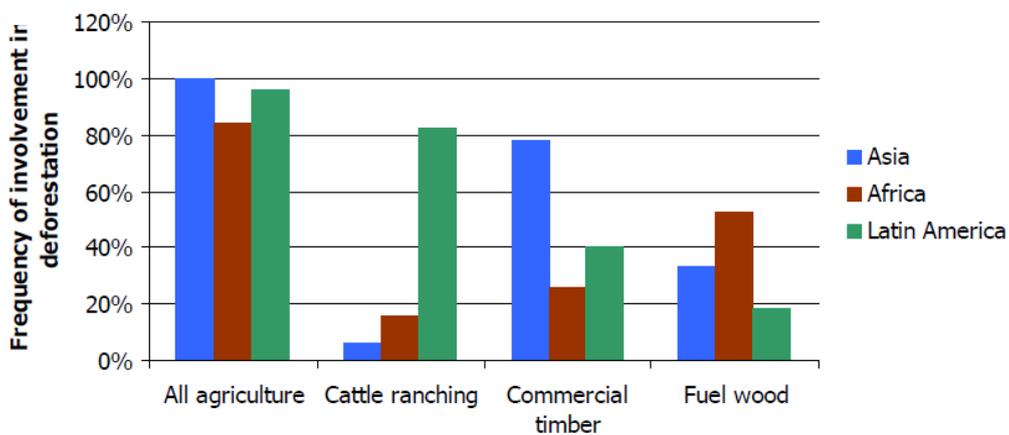
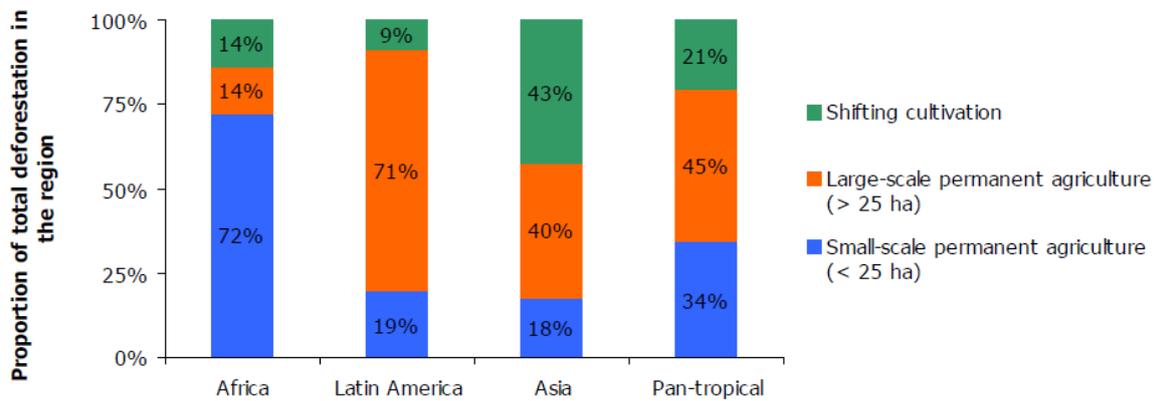
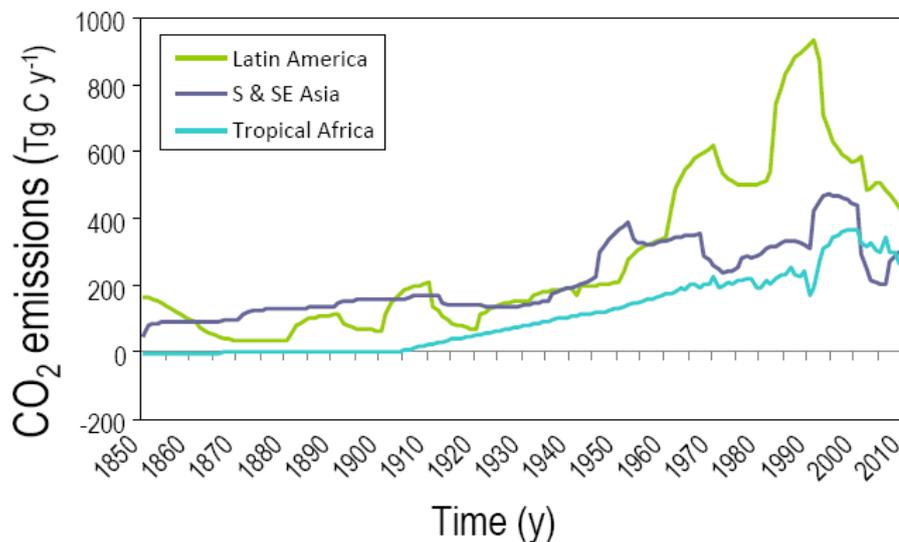


Abbildung 13: Ursachen für die Waldrodung in verschiedenen Regionen [Bellassen V. et. al; 2008]



**Abbildung 14: Landwirtschaftliche Nutzungstypen auf gerodeten Flächen [Ebd.]**

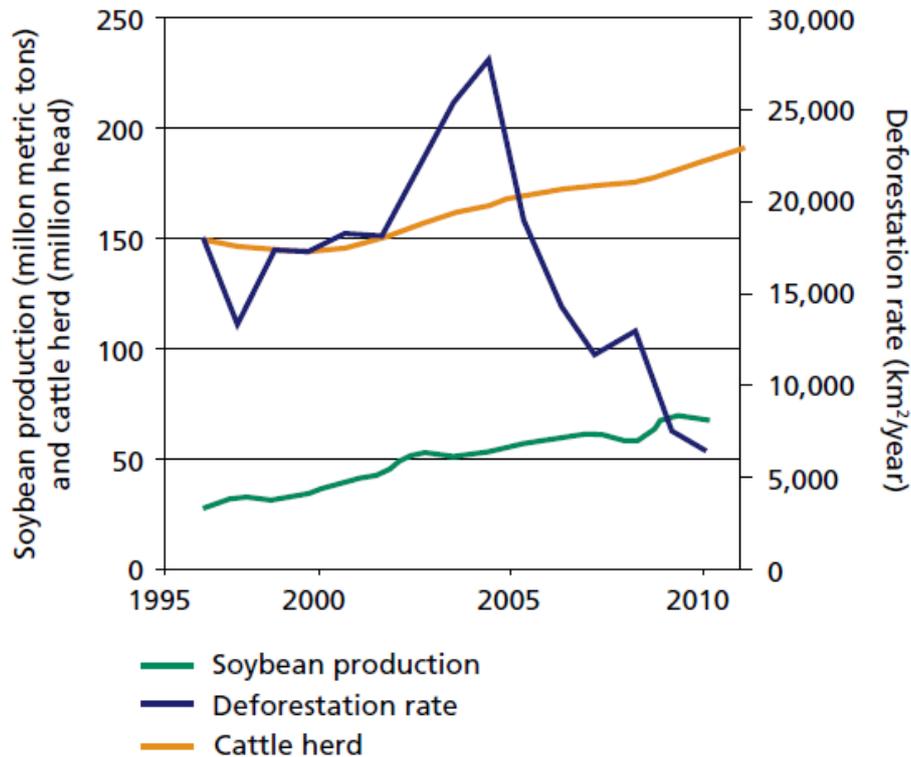
Die folgende Abbildung verdeutlicht, dass sich Landnutzungsänderungen in den verschiedenen tropischen Regionen zum Teil sehr unterschiedlich entwickelt haben.



**Abbildung 15: CO<sub>2</sub>-Emissionen von Landnutzungsänderungen in verschiedenen tropischen Regionen [Global Carbon Projekt; 2010]**

Der Vergleich der jährlichen Abholzung mit der Sojaproduktion und Viehhaltung in Brasilien ist ein weiteres Beispiel dafür, dass Landnutzungsänderungen – und damit auch iLUC-Effekte – nicht auf monokausale Zusammenhänge zurückzuführen sind (siehe Abbildung 16). Während die jährliche Abholzung seit 2005 um fast 80 % gegenüber 2004 zurückgegangen ist, sind die Sojaproduktion und die Viehzucht weiter gestiegen. Damit lässt sich ein vereinfachter Zusammenhang zwischen Agrarproduktnachfrage und Waldrodung in Brasilien nicht nachweisen. Stattdessen wird der Einfluss

politischer Maßnahmen auf die Flächennutzung deutlich. Die derzeitige Entwicklung in Brasilien wird vor allem auf die Satelliten-Überwachung, die Ahndung durch die brasilianischen Institutionen und das Moratorium der brasilianischen Fleischindustrie zurückgeführt.



**Abbildung 16: Abholzung, Viehhaltung und Sojabohnenproduktion in Brasilien [Union of Concerned Scientist; 2011]**

Brasilien ist hinsichtlich der Multikausalität von Landnutzungsänderungen kein Einzelfall. Eine Untersuchung der London School of Economics (LSE), dem Massachusetts Institute of Technology (MIT) und der South Dakota University (SDSU) belegt den Einfluss der steigenden Fragmentierung von politischen Zuständigkeiten und des Wahlzykluses auf die Entwaldungsrate in Indonesien [Burgess, R. et al.; 2011]. Eine Untersuchung der Universität Manchester kommt auf globaler Ebene ebenfalls zum Ergebnis, dass die Entwicklung der Abholzung nicht vereinfacht mit Makro-Ökonomischen Faktoren erklärt werden kann [Scricciu, S. S.; 2006].

Ein weiteres Zwischenfazit: Die Prognose indirekter Effekte ist sehr komplex und schwierig!

Kann man dennoch die indirekte Landnutzungsänderungen seriös modellieren, um Vorhersagen zu treffen und wie sind die erhaltenen Ergebnisse zu bewerten? Sicherlich eine der wichtigsten aktuellen Fragen der Diskussion um iLUC durch verstärkte Biomassenutzung. Aber bevor diese Frage diskutiert wird, soll zunächst der Stand der bisherigen Modell- bzw. Methodenentwicklungen dargestellt werden.

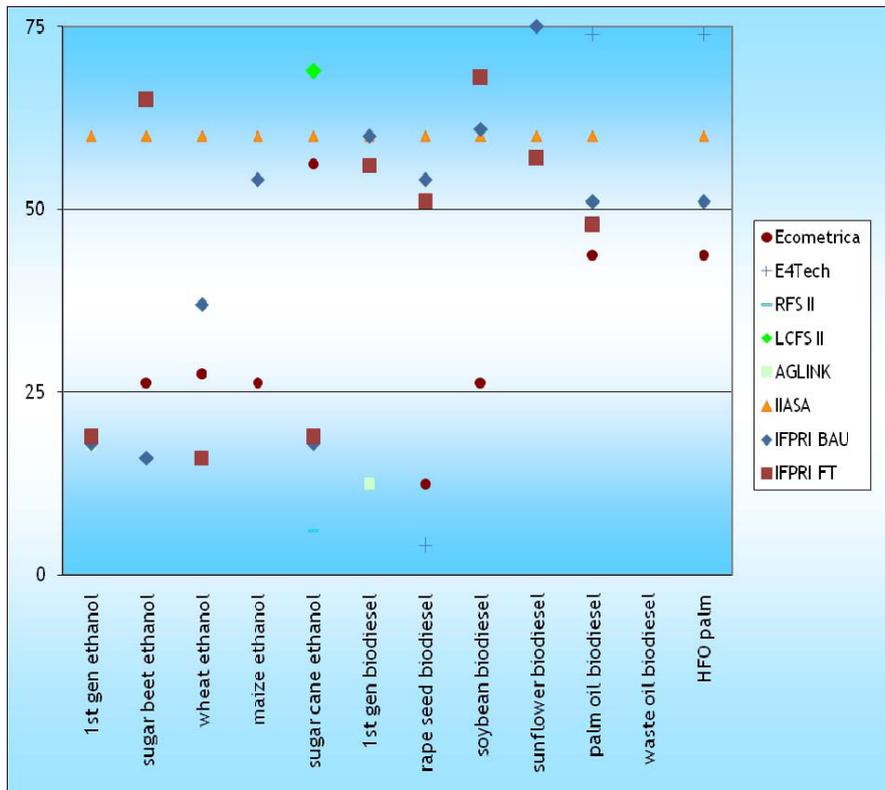
---

### 5.3 Die Bewertung von indirekten Landnutzungsänderungen (iLUC) mit ökonomischen Agrarmodellen am Beispiel von Biokraftstoffen

In den letzten Jahren wurden vorhandene ökonomische Agrarmodelle für die Berechnung von iLUC-Effekten weiterentwickelt. Dazu gehören Berechnungsmodelle wie GTAP der Purdue Universität, IMPACT des IFPRI (International Food Policy Research Institute) oder CAPRI der Universität Bonn [LCFS Workgroup; 2010]. Die erste iLUC-Studie wurde 2008 von Searchinger et al. veröffentlicht, der die globalen indirekten Landnutzungseffekte der US-amerikanischen Ethanolproduktion berechnet hat [Searchinger T, Heimlich R.; 2008]. Die ökonomischen Modelle, aber auch die vereinfachten deterministischen Ansätze, versuchen den iLUC-Effekt auf globaler Ebene zu erfassen und zu quantifizieren [Lahl U.; 2010].

Welche Ergebnisse wurden erhalten? Nach den Ergebnissen von Berechnungen mit diesen Modellen kann iLUC in der LCA von Biokraftstoffen eine große Rolle Bedeutung haben. Ob dies der Fall ist, hängt von den Modellen selbst ab und von den Randbedingungen für die Berechnungen. Daher ist ein weiteres Ergebnis die hohe Streuung der erhaltenen Ergebnisse.

Eine Studie im Auftrag verschiedener europäischer NGOs zu iLUC und Klimaeffekten von Biokraftstoffen („Biofuels: Indirect land use change and climate impact“) zeigt die große Streubreite der Prognose-Ergebnisse für unterschiedliche Modelle bzw. Berechnungen [Croezen H.J., Bergsma G.C.; 2010]. Wie in Abbildung 17 ersichtlich, liegt die Streubreite der Modelle für die Ermittlung von iLUC hier – nach Ausschluss von Extrem-Modellen (Corbey, WBGU, Ensus) –, bei bis zu rund 50 g CO<sub>2</sub>eq pro MJ Biokraftstoff, was sich gut mit Ergebnissen anderer Studien etwa [Cornelissen S., Dehue B.; 2009] deckt.



**Abbildung 17: iLUC-Faktoren für Biokraftstoffe nach verschiedenen Studien (g CO<sub>2</sub>eq/MJ)**

Ein aktueller Vergleich von sechs neueren Studien (vier allein aus 2010) zum iLUC-Faktor nur von Bioethanol aus US-amerikanischem Mais ergibt sogar einen Streubereich von 14 bis 104 bei einem Range von 14 bis 200 g CO<sub>2</sub>eq/MJ (für einen 30-Jahre-Zeitraum), vgl. Tabelle 2 [Plevin R. J., O'Hare M.; 2005]. Bezogen auf einen 20-Jahre-Horizont müssten die Werte noch um 50 % erhöht werden.

**Tabelle 2: Published estimates of iLUC emissions induced by expansion of corn ethanol in the US and EU**

All studies are reported with ILUC emissions amortized over 30 years of production for comparison. To normalize any value to 20 years of production, add 50%. (Based on Plevin, O'Hare et al., in review) [21]

Study	Target year	Shock size (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	ILUC factor (g CO <sub>2eq</sub> /MJ)	Range (g CO <sub>2eq</sub> /MJ)
Searchinger et al. (2008)	2016	56	104	20–200 <sup>a</sup>
Hertel et al.(2010)	2001 <sup>b</sup>	50	27	15–90 <sup>c</sup>
Dumortier et al.(2009)	2018/19	30	n/a	21–118 <sup>d</sup>
USEPA (2010)	2012	7.5	81	62–104 <sup>e</sup>
	2017	14	58	43–76 <sup>e</sup>
	2022	10	34	25–45 <sup>e</sup>
Al Riffai et al. (2010)	2020 <sup>f</sup>	0.47	36	36–53 <sup>g</sup>
Tyner et al.(2010)	2015	7.6	14	14–18 <sup>h</sup>

a Calculated from reported sensitivity results.  
b Based on the GTAP-6 2001 database, adjusted for 10% greater corn yield in 2010.  
c Based on a combination of high and low values for various economic model parameters.  
d Based on evaluating alternative model assumptions.  
e 95% CI around mean considering only the uncertainty in satellite data analysis and carbon accounting.  
f Based on the GTAP-7 2004 database, using the model to project out to 2020.  
g Effect of additional 10<sup>6</sup> GJ after meeting 5.6% mandate. Higher value is for greater trade liberalization.  
h Based on 2006 data constructed from 2001 GTAP database. Low value includes yield and population growth.

Zurzeit wird über die Bewertung indirekter Landnutzungsänderungen von Biokraftstoffen intensiv in der EU-Kommission [Europäische Kommission; 2010] und im Rahmen des kalifornischen Low Carbon Fuel Standard (LCFS) diskutiert. Das kalifornische Air Ressource Board (CARB) hat dafür in 2010 eine Experten-Workgroup gegründet, dessen Ergebnisse vor kurzem veröffentlicht worden sind [LCFS Expertenworkgroup].

Die Abschlussberichte der LCFS-Workgroup zeigen, dass die Erfassung und Bewertung von iLUC mit großen Unsicherheiten verbunden ist [O' Hare, M. et al.; 2009] Nach der CARB-Subgroup „Uncertainty“ können die Unsicherheiten bei der Bewertung von iLUC auch durch eine Verbesserung der Modelle nur bedingt reduziert werden [O' Hare, M. et al.; 2009].

Nach Dale können die ökonomischen Agrarmodelle die Komplexität von iLUC-Prozessen trotz mehrerer tausend Parameter nur vereinfacht abbilden [Dale; 2008] Noch deutlicher formuliert Kline et al. die Kritik an diesen Modellen [Kline, K., Dale V. H.; 2009]. ILUC-Effekte ließen sich nicht mit Hilfe von ökonomischen Modellen erfassen, da Landnutzungsänderungen nicht primär durch ökonomische Faktoren beeinflusst würden. Ob eine steigende Agrargüternachfrage Waldrodungen verursacht, sei daher weniger eine ökonomische sondern vielmehr eine politisch-soziale Frage.

Eine weitere Analyse der bisher durchgeführten Modellberechnungen zum Nachweis bzw. zur Prognose von iLUC durch Biokraftstoffe ist der im Auftrag der GD Energie erstellte Inhouse-Review [Europäische Kommission; 2010]. Die Ergebnisse wurden durch eine kritische Auswertung der relevanten wissenschaftlichen Literatur der letzten Jahre erhalten.

---

Der Bericht kritisiert vor allem die folgenden Annahmen bzw. Eigenschaften der Modellberechnungen:

- die große Bandbreite des global verfügbaren Agrarlandes
- die Ernteertragsentwicklung je Fläche
- die fehlende Berücksichtigung des Rückgangs der Agrarflächen der EU
- die unzureichende Berücksichtigung der Nebenprodukte der Biokraftstoffherstellung
- die fehlende Berücksichtigung der Auswirkungen der EU-Gesetzgebung auf die Landnutzung
- das Verhältnis der Expansion von Ackerflächen zu Lasten von Wald oder Grünland
- die fehlende oder unzureichende Erfassung von multikausalen LUC- bzw. iLUC-Effekten
- die fehlende bzw. fehlerhafte Differenzierung der unterschiedlichen Biokraftstofftypen
- die fehlende bzw. unzureichende regionale Differenzierung von iLUC-Effekten

Als Zwischenfazit kann darauf hingewiesen werden, dass die Anwendung von ökonometrischen Agrarmodellen auf die iLUC-Fragestellung erst ein relativ junges Forschungsgebiet darstellt. Daher erklärt sich sicher auch die vielfältigen Kritikpunkte an den vorliegenden Studien. Es ist hierbei zudem zu berücksichtigen, dass der Untersuchungsgegenstand, insbesondere die Prognose von iLUC-Effekten – wie dargestellt – sehr komplexe Vorgänge erfassen müsste.

#### **5.4 Die Bewertung von indirekten Landnutzungsänderungen mit deterministischen Modellen**

Neben den ökonometrischen Modellen werden auch vereinfachte deterministische Modelle entwickelt, um iLUC-Effekte zu berechnen. Bei deterministischen Modellen werden die wichtigen globalen Berechnungsgrößen „bestimmt“, es werden also keine Ergebnisse über mathematische Modelle berechnet, sondern Festlegungen getroffen, die die Wirklichkeit bestmöglich abbilden sollen. Die Modelle kommen mit einfachen Annahmen aus und werden über wenige Rechenbezüge zu Ergebnissen geführt. Daher sind sie im Unterschied zu den hoch komplexen ökonometrischen Modellen natürlich viel transparenter als diese.

Eine Studie wurde für das UK Department for Transport durchgeführt [E4tech; 2010]. Ein weiteres deterministisches Modell wurde im Auftrag des deutschen Umweltministeriums entwickelt. In seiner ersten Fassung von 2008 wurde mit diesem Modell ein sogenannter „risk adder“ ermittelt, der den Biokraftstoffen als Malus hinzugefügt werden sollte. Zur Ableitung des Modells [Fritsche U. et al.; 2008] wird die Eingangsfrage gestellt, welche Art der Landnutzungsänderung ungünstigstenfalls durch einen Verdrängungsprozess auftreten kann. Da in diesem Modell die Verdrängungseffekte primär global angenommen werden, sind hiernach alle Länder betroffen, die am Welthandel als Exporteure teilnehmen. Das CO<sub>2</sub>-Emissions-potenzial aus iLUC wird vereinfacht als Mittelwert der Flächenanteile

für Agrarexporte nach Weltregionen und jeweiliger C-Freisetzung durch dortige Landnutzungsänderung bestimmt.

In einer weiterentwickelten Form des Modells (2010) wurde eine Umbenennung vorgenommen [Fritsche U. R.; 2010]. Das Ergebnis der Berechnung wird nun nicht mehr als „risk adder“, sondern als „iLUC-Faktor“ bezeichnet.

**Tabelle 3: Beispielhafte Ableitung von iLUC-Faktoren nach dem Vorschlag von Fritsche (2007, 2009) unter Einbeziehung von Flächenertragswerten und Allokationswerten nach Fehrenbach et al. (2007)**

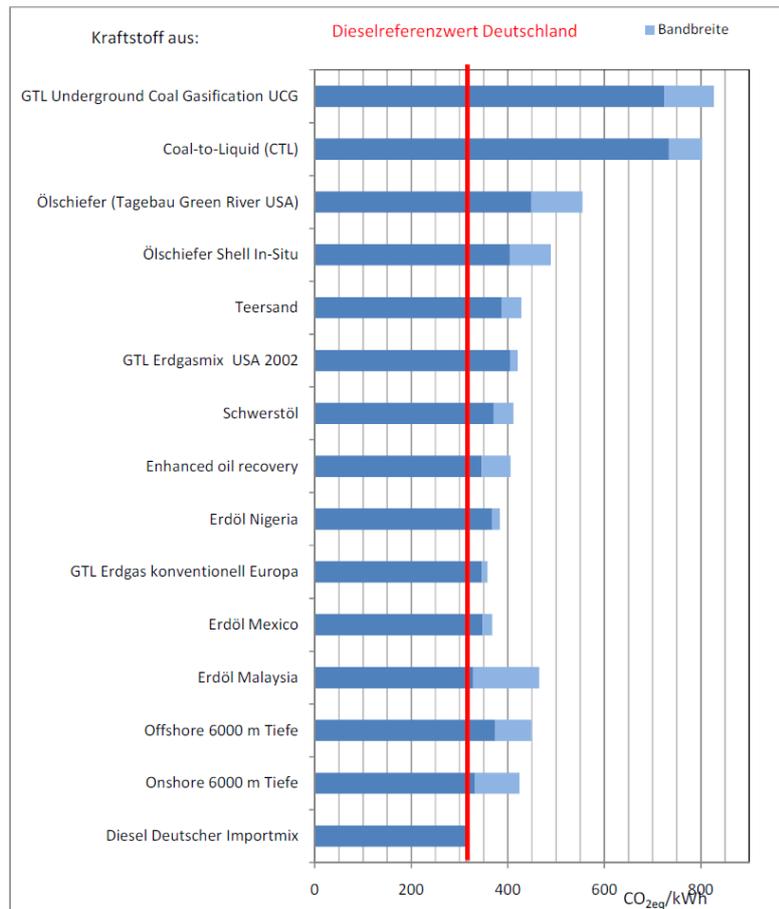
Region, Kultur	Flächenbedarf m <sup>2</sup> /GJ Biomasse <sup>a)</sup> (Haupt- und Nebenprodukte)	Allokationsanteil für Biokraftstoff <sup>a)</sup> Hauptprodukt	iLUC-Wert <sup>b)</sup> g CO <sub>2</sub> /MJ
EU, Raps	200	60 %	60
EU, Weizen	174	55 %	48
USA, Mais	131	55 %	36
Brasilien, Zuckerrohr	121	88 %	53
Indonesien, Palmöl	79	48 %	15

<sup>a)</sup> Werte aus nach Fehrenbach et al. (2007) – nicht identisch mit Berechnungsgrundlage von EE-RL Annex V  
<sup>b)</sup> verrechnet mit 5 Mg CO<sub>2eq</sub>/ha (25 % von 20 Mg CO<sub>2eq</sub>/ha)

Die sehr einfach strukturierten deterministischen Ansätze spielen aktuell eine Rolle bei der Frage, wie man die vorhandenen Regulierungen ergänzen kann, um den iLUC-Effekt in die LCA von beispielsweise Biokraftstoffen einzubeziehen. Für die wissenschaftliche Diskussion zur Modellierung und Prognose von iLUC-Effekten sind sie nicht problemadäquat (s.o.).

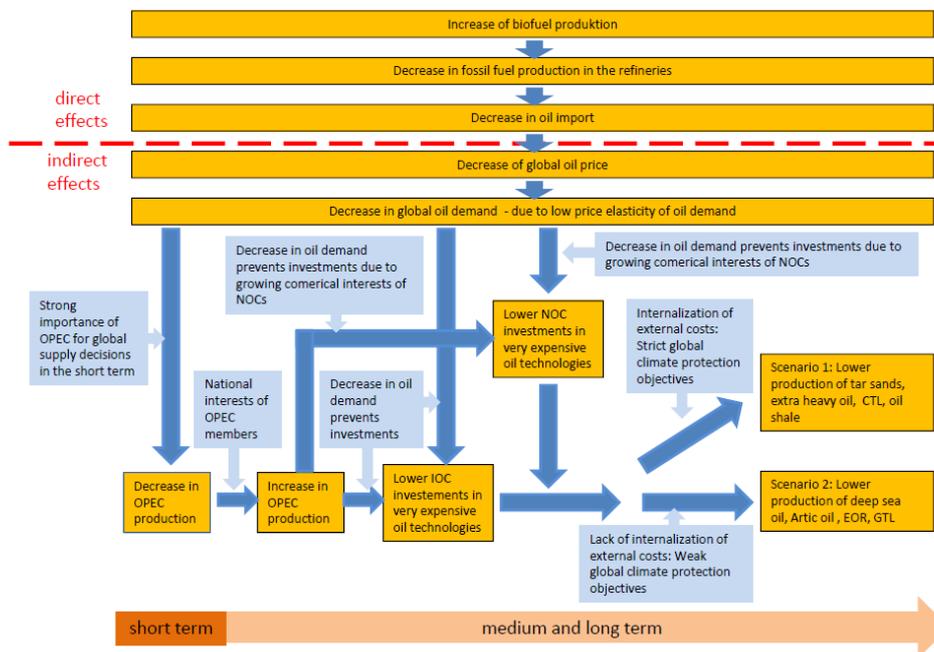
### 5.5 Die Komplexität und Bewertung von Marginal Oil

Durch die Biokraftstoffnutzung muss Deutschland weniger Erdöl importieren. Das löst Preiseffekte aus, die sich auf die Welterdölproduktion auswirken können. Welches Erdöl deswegen weniger erzeugt wird, ist dabei die entscheidende Frage. Wird Nordseeöl ersetzt oder Kraftstoff aus Teersand? Die Bandbreite der Treibhausgasbilanzen der verschiedenen konventionellen und unkonventionellen Erdöle und fossilen Kraftstoffe ist sehr groß, wie die folgende Abbildung verdeutlicht.



**Abbildung 18: Treibhausgasemissionen fossiler Kraftstoffe (WTW) [Pieprzyk, B. et al.; 2009]**

Für die Bewertung dieser Substitutionsprozesse gibt es aber noch keinen vergleichbaren Forschungsprozess wie bei iLUC. Während bereits viele Forschungsarbeiten zu iLUC vorliegen, sind nur wenige Arbeiten zu fossilen Kraftstoffen und Marginal Oil vorhanden [Liska, A. und Perrin R.; 2009]. Eine CARB-Subgroup [Heirigs et al.; 2010] der LCFS-Workgroup beschäftigte sich zwar mit den indirekten Effekten von fossilen Kraftstoffen, konnte aber keine methodischen Lösungsvorschläge präsentieren. Ein erster Ansatz den Substitutionsprozess von fossilen Kraftstoffen durch Biokraftstoffe zu analysieren, ist die Studie von Pieprzyk und Kortlüke, die auf dem 4. Treffen der LCFS-Workgroup in Sacramento vorgestellt und diskutiert worden ist [Pieprzyk, B. und Kortlüke, N.; 2010]. Die folgende Abbildung ist eine vereinfachte Darstellung des möglichen Substitutionsprozesses.



**Abbildung 19: Vereinfachte schematische Darstellung des Substitutionsprozesses von fossilen Kraftstoffen durch Biokraftstoffe [Pieprzyk, B.; 2010]**

Auf europäischer Ebene kann noch mit recht genauer Sicherheit die Herkunft des durch erhöhten Biokraftstoffeinsatz ersetzten Erdöls bestimmt werden. Der Substitutionsprozess auf globaler Ebene ist dagegen sehr komplex und hängt von vielen Faktoren ab. Die „Subgroup on Indirect Effects of Other Fuels“ kommt in ihrer Perspektive 1 zum Ergebnis, dass Biokraftstoffe wahrscheinlich mittel- und langfristig zunehmend die marginale Erdölförderung ersetzen werden [Hierigs, P. et al.; 2010]. Ob damit auch die fossilen Kraftstoffe mit den höchsten Treibhausgasemissionen und Umweltschäden vermieden werden, hängt aber vor allem von der Internalisierung externer Kosten und damit von politischen Prozessen ab.

Weiteres Zwischenfazit: Die Notwendigkeit die indirekten Substitutionseffekte zu erfassen, ist aber ebenso groß wie bei den iLUC-Effekten auf der Biomasseseite, da der fossile Referenzwert sich stetig verschlechtert: Leicht zu förderndes Erdöl geht bald zu Neige [Pieprzyk et al.; 2009]. Damit wachsen die Umweltauswirkungen fossiler Kraftstoffe. Ob Biokraftstoffe den heutigen Erdölmix oder zukünftige Kraftstoffe aus Kohle oder Ölschiefer ersetzen, kann Unterschiede der Treibhausgasemissionen von bis zu 250 % bedeuten [Ebd.].

## 6 Das Flächenpotential für die Biomassenutzung

Eine wesentliche Voraussetzung der Bewertung von direkten und indirekten Landnutzungsänderung der Biomassenutzung ist die Untersuchung der weltweiten Flächenpotenziale. Wenn die Flächenverfügbarkeit stark eingeschränkt ist, muss die landwirtschaftliche Fläche für eine steigende Bioenergieerzeugung auf Kosten von Wald ausgedehnt werden. Wenn es dagegen genügend zusätzliche Fläche gäbe, können direkten und indirekten Landnutzungsänderungen durch Bioenergie zwar immer noch stattfinden, aber durch effektive Flächennutzungsinstrumente vermieden werden.

Die Studien zu globalen Bioenergiepotenzialen weisen sehr unterschiedliche Ergebnisse auf. Die Literaturlauswertung im Rahmen des IPCC-Berichtes zu Erneuerbaren Energien hat eine Bandbreite von 50 bis 1000 EJ/a ergeben (siehe folgende Tabelle) [IPCC; 2011]. Die stark abweichenden Ergebnisse sind vor allem auf unterschiedliche Annahmen hinsichtlich zukünftigen Nahrungs- und Futtermittelbedarf, Flächenproduktivitätsentwicklung, Brachflächen, Flächenbedarf für Biodiversität und Naturschutz und degradierten Flächen zurückzuführen [Pieprzyk, B.; 2009]. Der WWF verweist in seinem weltweiten Energieszenario-Bericht außerdem auf die Flächenpotenziale, die durch die Verringerung des Flächenbedarfs für die Viehhaltung entstehen können [WWF]. Derzeit werden etwa nach FAO Angaben 3,4 Mrd. Hektar als permanentes Weideland genutzt. Die Flächenintensität dieser Flächen ist oft sehr gering. Sie beträgt in Brasilien zum Beispiel durchschnittlich etwa eine Vieheinheit pro Hektar, obwohl sie auf über 6 Vieheinheiten gesteigert werden könnte [Nepstad, Daniel et al.; 2008]. Durch die Intensivierung von Weideflächen kommt die WWF-Studie auf ein Potenzial von über 600 Mio. ha für Energiepflanzen.

**Tabelle 4: Land- und forstwirtschaftliche Biomassepotenziale für die energetische Nutzung**

<b>Biomass Category</b>	<b>2050 Technical potential (EJ/yr)</b>
Category 1. Residues from agriculture	15 - 70
Category 2. Dedicated biomass production on surplus agricultural land	0 - 700
Category 3. Dedicated biomass production on marginal lands	0 - 110
Category 4. Forest biomass	0 - 110
Category 5. Dung	5 - 50
Category 6. Organic wastes	5 - >50
<b>Total</b>	<b>&lt;50 - &gt;1000</b>

---

## **7 Biomasse aus der Abfallwirtschaft**

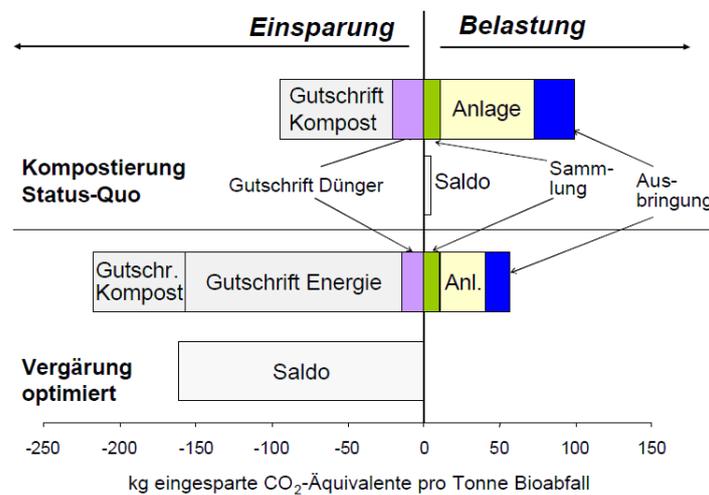
---

Einmal abstrahiert von der Frage, was am Ende der wissenschaftliche Exkurs über LUC bzw. iLUC ergibt: Eine sichere Lösung wäre es, vermehrt Biomasse aus dem Abfallsektor einzusetzen. Biomasse aus dem Abfallsektor ist iLUC-frei, weil sie nicht angebaut wird. Und sollte die originäre Biomasse LUC bzw. iLUC bewirkt haben, so wäre dieser Emissionsbeitrag methodisch der primären Nutzung zuzuordnen.

Ähnliches gilt für andere negative Effekte, die einer verstärkten Biomassennutzung in Klimaschutzszenarien angelastet werden, wie Verlust von Biodiversität, schlechte Arbeitsbedingungen,

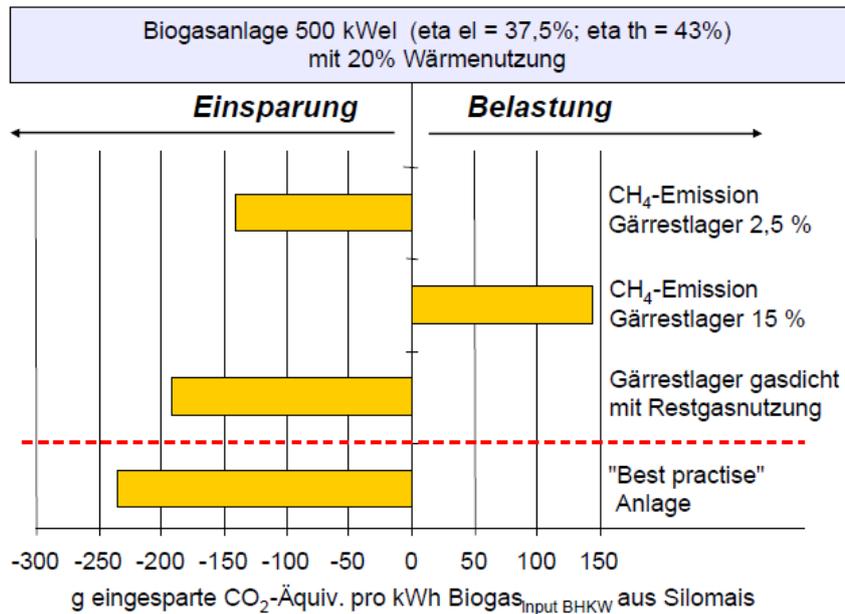
Landraub oder Chemikalieneinsatz in der Landwirtschaft. All diese Effekte sind der Primärnutzung zugeordnet. Also ist Biomasse aus der Abfallwirtschaft in der fachlichen und auch in der politischen Diskussion frei von diesen „Belastungen“. Dies erklärt die aktuelle Renaissance der Abfallbiomasse in Klimaschutz-Szenarien.

Die bisher favorisierte Kompostierung von Abfall-Biomasse wird in diesem Rahmen zunehmend skeptisch gesehen, weil sie eine negative Treibhausgasbilanz aufweist. Für die Kompostierung wird, je nach Standard der Anlage relativ viel Energie benötigt und das Produkt Kompost weist ökobilanziell einen eher niedrigen Wert (Gutschrift) auf. Die Abfallvergärung schneidet hier im Vergleich deutlich besser ab.



**Abbildung 20: Vergleich der Treibhausgasbilanz für die Bioabfall-Kompostierung zur Bioabfall-Vergärung [BMU 2008]**

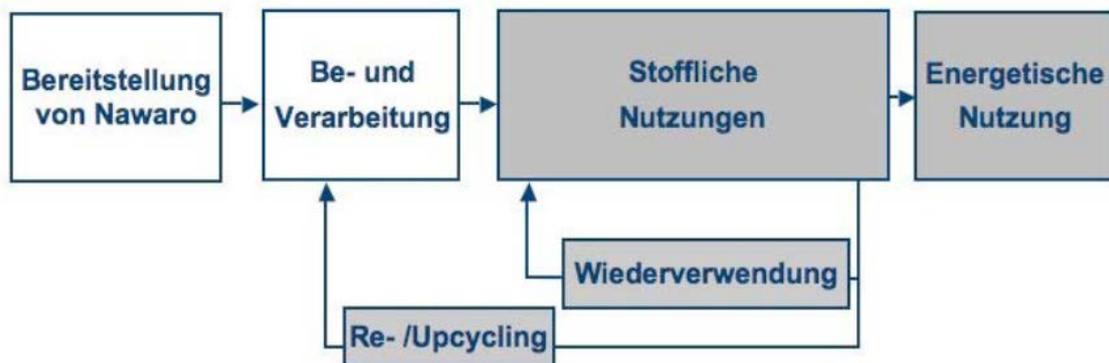
Abbildung 20 zeigt einen Vergleich der heute üblichen Kompostierung mit der Bioabfall-Vergärung, wobei es sich um eine optimierte Anlagentechnik handelt. Denn bei der Bioabfallvergärung ist es wichtig, dass die diffusen Methanemissionen und insbesondere die Methanemissionen aus den Gärresten minimiert werden.



**Abbildung 21: Treibhausgasbilanz einer Modellanlage zur Biogasnutzung mit unterschiedlicher Ausstattung des Gärrestlagers [BMU; 2008]**

Die Abbildung 21 zeigt, wie sich die Treibhausgasbilanz einer 500 kW-Anlage verändert, je nach Standard des Immissionsschutzes. So würde bei offenem Gärrestbehälter, was heute nicht selten Praxis ist, keine positive Bilanzergebnisse erhalten werden.

Von diesem Aspekt einmal abstrahiert, also unterstellt, dass "best practice" sich zukünftig durchsetzen wird, so stellt die Bioabfall-Vergärung eine Technologie dar, die große Beiträge für den Klimaschutz erbringen kann. Eine Stoffliche Nutzung von Abfallbiomasse könnte noch bessere Bilanzergebnisse bringen, weil mit ihr eine Kaskadennutzung möglich wäre.



**Abbildung 22: Schematische Darstellung der Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffen [ARNOLD; 2009]**

---

Im Rahmen einer Kaskadennutzung wird Biomasse zunächst stofflich genutzt. Im Fall der Abfallbiomasse könnte dies in Form von biotechnologischen Verfahren zur Herstellung von Plattformchemikalien sein. Aus diesen Basischemikalien werden dann Kunststoffe oder andere Produkte erzeugt. Diese werden nach ihrer Nutzungsphase recycelt und nach einigen stofflichen Kreisläufen energetisch verwertet. Derartige Strategien werden heute von vielen Seiten favorisiert; sie sind aber noch nicht praxisreif und sind zum Teil auch noch in der Erforschung. Auf das Entwicklungsfeld "Bioraffinerien" sei verwiesen.

Aber insgesamt kann die Abfallwirtschaft, selbst bei optimierter Kaskadennutzung nur einen Teilbeitrag für die Erfüllung der Klimaschutzszenarien erbringen. Je nach Klimaschutzszenario und den hierfür erforderlichen Randbedingungen dürfte der Beitrag der Abfallwirtschaft unterhalb von 10 % ggf. sogar unterhalb von 5 % liegen [Umweltbundesamt; 2010].

---

## **8 Fazit und weiterer Forschungsbedarf**

---

Klimaschutzszenarien sind zwischenzeitlich ein anerkanntes Instrument geworden, um aufzuzeigen, mit welchen technischen und regulatorischen Maßnahmen Klimaschutzziele auf lokaler, nationaler und globaler Ebene erreicht werden können. Daher dient dieses wissenschaftliche Instrument auch der Politikberatung, wo es in den letzten Jahren eine hohe Bedeutung erhalten hat. So wird die gesamte internationale Klimaschutzpolitik im Grundsatz auf derartige Szenarien aufgebaut. Regelmäßig spielt in diesen Szenarien die Nutzung von Erneuerbaren Energien den wesentlichen Hebel, für mehr Klimaschutz. Und unter den Erneuerbaren Energien ist wiederum die Nutzung von Biomasse der wichtigste Grundpfeiler, um Treibhausgaseinsparungen zu erreichen. Es wird in diesen Szenarien also, für die unterschiedlichsten Einsatzbereiche der Ausbau der Biomassenutzung angenommen bzw. prognostiziert.

Parallel zu diesem Entwicklungsstrang hat sich in den letzten Jahren in der Wissenschaft ein Forschungsbereich etabliert, der untersucht, wie diese verstärkte Biomassenutzung ökobilanziell zu bewerten ist. Aus einer kritischen Diskussion über Sinn oder Unsinn von Biokraftstoffen (Tank oder Teller) heraus sind Forschungsergebnisse erarbeitet worden, wonach ein Ausbau der Biomassenutzung zu einem Mehrbedarf an landwirtschaftlichen Flächen führen kann oder führen wird. Diese Flächen wiederum werden ganz oder anteilig – je nach Studie - durch Umwandlung kohlenstoffreicherer Naturflächen gewonnen, was zu Treibhausgasemissionen führt, die die Treibhausgaseinsparungen durch die Biomassenutzung ganz oder anteilig aufzehren würde.

Diese Ergebnisse werden auf der Basis von Modellen entwickelt. In diese Modelle fließen, wie in jedem Modell, Annahmen ein. Diese Annahmen können zum Teil eine hohe Ergebnisrelevanz haben. Kein Wunder also, dass die Modellergebnisse, wie dargestellt, eine erhebliche Streubreite aufweisen.

Daher hat sich parallel zur Präsentation der Modellergebnisse auch eine kritische Diskussion etabliert, über diese Modelle und ihrer Anwendung. Die wesentlichen Aspekte dieser Diskussion werden in diesem Beitrag dargestellt. Wichtige Punkte sind:

- Die Vielfalt möglicher Landnutzungsänderungen: Wird für die zusätzliche Nachfrage die Agrarfläche ausgeweitet und dafür Wald gerodet oder Weideland umgebrochen? Oder wird die zusätzliche Nachfrage durch Flächenintensivierungen gedeckt?

- 
- Die Multikausalität von Landnutzungsänderungen: Was sind die eigentlichen Ursachen von Waldrodungen?
  - Reduzierung von Unsicherheit: Wie kann die Komplexität von Agrar- und Landnutzungssystemen bei der Modellierung von LUC- und iLUC-Effekten berücksichtigt werden?
  - Und insbesondere Governance: Wie wirken sich beispielsweise Waldschutzpolitiken auf mögliche LUC- und iLUC-Effekte aus?

Auf die Einschläge Diskussion in den verschiedenen Foren wird verwiesen. U.E. besteht der zukünftige Forschungsbedarf auf drei Ebenen:

- Weitere Klärung von Detailfragen in den jeweiligen Modellen,
- Bessere Validierung der Modelle,
- Anwendungsgrenzen der Modelle.

Letzteres dürfte deshalb wichtig sein, weil die Belastbarkeit der eingangs geschilderten Klimaschutzszenarien unsicher geworden ist. Sollte eine substantielle Treibhausgaseinsparung durch Biomassenutzung für die Stoff-, Energie- und Kraftherzeugung nicht gegeben sein, so dürften viele Klimaschutzszenarien umzuschreiben sein. Aber an dem Punkt ist man sicherlich noch nicht. Zunächst müssen belastbare Forschungsergebnisse für die Landnutzungsdebatte erarbeitet werden. Der jetzige Wissensstand stellt noch keine Grundlage für politische Entscheidungen dar.

Auch der IPCC identifiziert die Unsicherheit, die Komplexität und Multikausalität als wesentliche Probleme für die iLUC-Erfassung. Sind effektive Landnutzungspolitiken (Governance) der Ausweg aus dem Dilemma? Der IPCC weist auch darauf hin, dass noch nicht ausreichend erforscht wurde, wie effizient die Instrumente von Good Governance auf die Biomasse-LCA wirken können. Also beispielsweise die Frage, ob die Modelle die Optionen von Regierungen im Bereich ihrer Landnutzungspolitiken erfassen können oder hier ihre Anwendungsgrenzen aufweisen.

Vielleicht lässt sich die Belastbarkeit der Modelle auch nicht so weit steigern, dass sie konsistente Ergebnisse liefern. Die Probleme der Modelle scheinen systeminhärent zu sein, d.h. sie verfolgen Ziele, die sie wahrscheinlich nicht erfüllen können: die Prognose von globalen Landnutzungsänderungen. Stattdessen muss untersucht werden, ob die Unsicherheit bei der iLUC-Berechnung durch engere räumliche und zeitliche Systemgrenzen reduziert werden kann.

Parallel dazu wäre es im IPCC-Sinne notwendig, Modelle zu entwickeln, wie die Instrumente von Good or Bad Governance auf die Biomasse-LCA wirken! Modelle, die transparent machen, wie sich Governance auf iLUC auswirkt (bzw. ausgewirkt hat) und wie sich hierdurch die LCA der Biomasse aus der Region verändert hat.

---

## 9 Literatur

---

- ARNOLD 2009: Arnold K. et al.: Klimaschutz und optimierter Ausbau erneuerbarer Energien durch Kaskadennutzung von Biomasseprodukten – Potenziale, Entwicklungen und Chancen einer integrierten Strategie zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse. Wuppertal Report Nr. 5, Dezember 2009 [http://www.wupperinst.org/uploads/tx\\_wibeitrag/wr5.pdf](http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/wr5.pdf)
- Bauen, A. et al.(2010)  
A causal descriptive approach to modelling the GHG emissions associated with the indirect land use impacts of biofuels. Final report. A study for the UK Department for Transport.
- Bellassen, V. et al.(2008)  
Reducing emissions from degradation: What contribution from carbon markets?
- BMU (2008)  
Biogas und Umwelt – ein Überblick <http://www.ifeu.de/landwirtschaft/pdf/BMU-Biogasprojekt%202008-Broschuere.pdf> (Stand November 2011)
- Burgess, R., Hansen, M., Olken, B., Potapov, P., and Sieber, S.(2011)  
The Political Economy of Deforestation in the Tropics. London School of Economics
- Croezen H.J., Bergsma G.C., Otten M.B.J., van Valkengoed M.P.J. (2010)  
Biofuels: Indirect land use change and climate impact. Delft, CE Delft, [http://www.ce.nl/publicatie/biofuels%3A\\_indirect\\_land\\_use\\_change\\_and\\_climate\\_impact/1068](http://www.ce.nl/publicatie/biofuels%3A_indirect_land_use_change_and_climate_impact/1068) (Stand November 2011)
- Cornelissen S., Dehue B. (2009)  
Summary of approaches to accounting for indirect impacts of biofuel production. ECOFYS, 8 October 2009, PEGENL084576  
[http://energycenter.epfl.ch/webdav/site/cgse/shared/Biofuels/Documents%20and%20Resources/09-10-09\\_Ecofys%20-%20Summary%20of%20approaches%20to%20accounting%20for%20indirect%20impacts%20of%20biofuel%20production.pdf](http://energycenter.epfl.ch/webdav/site/cgse/shared/Biofuels/Documents%20and%20Resources/09-10-09_Ecofys%20-%20Summary%20of%20approaches%20to%20accounting%20for%20indirect%20impacts%20of%20biofuel%20production.pdf) (Stand November 2011)
- Dale, B. E.(2008)  
Life cycle analysis of biofuels & land use change: a path forward? Vortrag auf dem Environmental Defense Fund Workshop. Berkeley, Kalifornien. 1. -2. Juli. 2008.  
[http://www.edf.org/documents/8135\\_MicrosoftPowerPoint-Session6Dale-LCAandIndirectLandUse\\_EDFWorkshopJuly08.pdf](http://www.edf.org/documents/8135_MicrosoftPowerPoint-Session6Dale-LCAandIndirectLandUse_EDFWorkshopJuly08.pdf)
- Die LCFS-Expertenworkgroup war in 9 Subgroups unterteilt (2011).  
<http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/workgroups/ewg/expertworkgroup.htm>. (Stand November 2011)
- Europäische Kommission (2010)  
The impact on land use change on greenhouse gas emissions from biofuels and bioliquids. Literature review,. An in-house review conducted for DG Energy as part of the European Commission's analytical work on indirect land use change. July 2010.

---

[http://ec.europa.eu/energy/renewables/consultations/doc/public\\_consultation\\_iluc/study\\_3\\_land\\_use\\_change\\_literature\\_review\\_final\\_30\\_7\\_10.pdf](http://ec.europa.eu/energy/renewables/consultations/doc/public_consultation_iluc/study_3_land_use_change_literature_review_final_30_7_10.pdf) (Stand November 2011)

E4tech (2010)

iLUC Study (various papers); London 2010. <http://www.ilucstudy.com> (Stand November 2011)

Fritsche U. et al. (2009)

The ILUC factor as a means to hedge risks of GHG emissions from ILUC associated with bioenergy feedstock provision. Oeko Institute, 2008. Und: Fritsche, U.: Accounting for GHG Emissions from Indirect Land Use Change: The iLUC Factor Approach; IEA Bioenergy Task 38 Workshop "Land Use Changes due to Bioenergy - Quantifying and Managing Climate Change and Other Environmental Impacts", Helsinki, 30.-31.

Fritsche U. R. (2010)

with contributions from Klaus Hennenberg and Katja Hünecke: The „iLUC Factor“ as a Means to Hedge Risks of GHG Emissions from Indirect Land Use Change. Working Paper, Öko-Institut

Geist H. J., Lambin E. F.(2002)

Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. BioScience Vol. 52, #2, p. 143-150

Global Carbon Project (2010):

Carbon Budget 2009

Hierigs, P. et al. (2010)

Subgroup on Indirect Effects of Other Fuels. Expert Working Group des Low Carbon Fuel Standard – Indirect Effects. Final Report.

IPCC (2010)

Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. 2011.

IPCC (2011)

Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. 2011.

Joyce, A. T. (2006)

Land Use Change in Costa Rica.

Kline, K., Dale V. H., Lee R. und Leiby P. (2009)

(Center for BioEnergy Sustainability Oak Ridge National Laboratory) 2009: In Defense of Biofuels, Done Right. In: Issues in Science and Technology. Spring 2009 (volume 25, issue 3, pages 75-84. Darmstadt, July 2010 <http://www.oeko.de/oekodoc/1030/2010-082-en.pdf> (Stand November 2011)

Lahl, U. (2010): iLUC und Biokraftstoffe in der Analyse. Regionale Quantifizierung klimaschädlicher Landnutzungsänderungen und Optionen zu deren Bekämpfung.

LCFS-Workgroup (2010)

Vortrag der "Model Comparison Subgroup" auf dem 5. Treffen der LCFS (Low Carbon Fuel

---

Standard)-Workgroup am 17.7.2010 in Sacramento, Kalifornien.  
<http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/workgroups/ewg/expertworkgroup.htm> (Stand November 2011)

Liska, A. und Perrin R. (2009)

Indirect land use emissions in the life cycle of biofuels: regulations vs science. In: Biofuels, Bioproduction. Biorefinery. 2009. DOI: 10.1002/bbb.153. Life Cycle Associates: Assessment of Direct and Indirect GHG Emissions Associated with Petroleum Fuels For New Fuels Alliance. 2009.

Liska, A. und Perrin R. (2009)

Indirect land use emissions in the life cycle of biofuels: regulations vs science. In: Biofuels, Bioproduction. Biorefinery. DOI: 10.1002/bbb.153.

Nepstad, Daniel et al. (2008)

“Interactions Among Amazon Land Use, Forests and Climate: Prospects for a Near-Term Forest Tipping Point.” Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 363:1737–1746.

Nitsch J.; Pregger T. et al. (2010)

Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Eurpa und global - Leitstudie 2010

O'Hare, M. et al. (2009)

Air Resources Board Expert Workgroup on Indirect Land Use Change. Subgroup: Uncertainty. Final report 2010. Siehe auch: Babcock B. A.: Overview of the CARD/FAPRI Modeling System. Vortrag auf dem CRC Workshop in Life Cycle Analysis of Biofuels. Argonne National Laboratory, 20. – 21. Oktober 2009. [www.crao.org/workshops/LCA%20October%202009/LCAindex.html](http://www.crao.org/workshops/LCA%20October%202009/LCAindex.html) (Stand November 2011)

Öko-Institut, Prognos (2011)

Deutschland – Klimaschutz bis 2050. [http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf\\_neu/WWF\\_Modell\\_Dutschland\\_Endbericht.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/WWF_Modell_Dutschland_Endbericht.pdf) (Stand November 2011)

Pieprzyk, B., Kortlüke, N. und Rojas Hilje, P. (2009)

The impact of fossil fuels. Greenhouse gas emissions, environmental consequences and socio-economic effects. 2009. [www.energy-research-architecture.com](http://www.energy-research-architecture.com) (Stand November 2011)

Pieprzyk, B. (2009)

Globale Bioenergienutzung – Potenziale und Nutzungspfade Analyse des WBGU-Gutachtens “Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung”.

Pieprzyk, B. und Kortlüke, N. (2010)

Substitution von fossilen Kraftstoffen durch Biokraftstoffe. Kurzstudie im Auftrag des Verbandes der Deutschen Biokraftstoffindustrie e.V. (VDB)

Pieprzyk, B. (2010)

Direct and indirect effects of fossil fuels. Vortrag auf dem Treffen der LCFS (Low Carbon Fuel

---

Standard)-Workgroup am 17.7.2010 in Sacramento, Kalifornien.  
<http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/workgroups/ewg/expertworkgroup.htm> (Stand November 2011)

Plevin R. J., O' Hare M. (Universität von Berkely) (2010)

Characterizing uncertainty in emissions from biofuel-induced indirect land use change. August 5, 2010, sowie Plevin, R. J., M. O'Hare, A. D. Jones, M. S. Torn and H. K. Gibbs (In review): The greenhouse gas emissions from market-mediated land use change are uncertain, but potentially much greater than previously estimated. Environmental Science & Technology.

Scricciu, S. S. (2006)

Can economic causes of tropical deforestation be identified at a global level? Institute for Development Policy and Management, School of Environment and Development, The University of Manchester

Searchinger T, Heimlich R, Houghton RA, Dong F, Elobeid A, Fabiosa J et al. (2008)

Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. In: Science 319:1238–1240

Umweltbundesamt (2011)

Energieziele 2050: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3997.pdf> siehe auch: M. Kern: [http://www.abfallforum.de/downloads/ks\\_22\\_kern\\_raussen.pdf](http://www.abfallforum.de/downloads/ks_22_kern_raussen.pdf) (Stand November 2011)

Union of Concerned Scientist (2011)

Brazil's Success in Reducing Deforestation. 2011.  
[www.ucsusa.org/global\\_warming/solutions/forest\\_solutions/brazils-reduction-deforestation.html](http://www.ucsusa.org/global_warming/solutions/forest_solutions/brazils-reduction-deforestation.html)  
(Stand November 2011).

WWF (2011)

The Energy report 100 % Renewable Energy 2050.  
[http://wwf.panda.org/what\\_we\\_do/footprint/climate\\_carbon\\_energy/energy\\_solutions/renewable\\_energy/sustainable\\_energy\\_report/](http://wwf.panda.org/what_we_do/footprint/climate_carbon_energy/energy_solutions/renewable_energy/sustainable_energy_report/) (Stand November 2011)

## Allgemeines



## Veranstaltungsort

EUMETSAT  
Eumetsat-Allee 1  
64295 Darmstadt

## Teilnahmegebühr

Die Teilnahmegebühr beträgt 180 € pro Person (ermäßigt 150 € \*) und für Studenten mit gültigem Studentenausweis 80 €. Die Teilnahmegebühr ist mehrwertsteuerfrei und beinhaltet ein Seminarband sowie die Pausengetränke und einen Mittagsimbiss. Referenten sind von der Teilnahmegebühr befreit.

\*) Mitglieder des IWAR Fördervereins und der „Freunde der TU Darmstadt e.V.“, Behörden und Hochschulangehörige

## Anmeldung

Die Anmeldung erfolgt auf dem Postweg oder per Fax und muss bis spätestens 24.11.2011 erfolgen. Bei verspäteten Anmeldungen können wir Sie in der Teilnehmerliste leider nicht mehr berücksichtigen. Das Anmeldeformular und weitere Informationen zum Seminar stehen online zur Verfügung. Nach Eingang Ihrer Anmeldung erhalten Sie von uns mit separater Post die Teilnehmerkarte und die Rechnung für das Seminar.

Bitte Überweisen Sie die Teilnahmegebühr erst nach Erhalt Ihrer Rechnung auf das Konto des IWAR Fördervereins Nr. 17000403 bei der Sparkasse Darmstadt, BLZ 508 501 50 unter dem Kennwort „87. Seminar“ und der Angabe der Rechnungsnummer und der/des Teilnehmer/s. Zahlungen an der Tageskasse sind ebenfalls möglich. Bei Um- bzw. Abmeldung wird ein Unkostenbeitrag von 30 € erhoben. Abmeldungen müssen bis spätestens 30.11.2011 vorliegen, andernfalls wird die volle Anmeldegebühr erhoben.

Es besteht die Möglichkeit nach dem Seminar noch an einer Führung von EUMETSAT teilzunehmen.

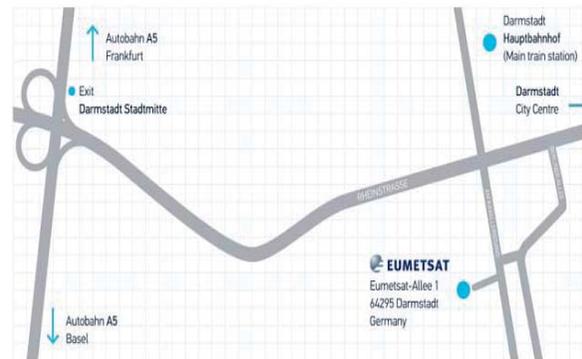
Die Teilnahme an der Führung ist auf 60 Personen begrenzt. Daher bitten wir Sie um Verständnis, dass verspätete Anmeldungen hierfür nicht mehr mit berücksichtigt werden können.

## Anreise mit den öffentlichen Verkehrsmitteln

Vom Hauptbahnhof fahren Sie mit der Buslinie K in Richtung Darmstadt Kleyerstraße etwa drei Minuten und steigen an der Haltestelle Heinrich-Herz-Str. aus. Sie befinden sich dann „Am Kavalleriesand“ und gelangen von dort in die Eumetsat-Allee.

## Anreise mit dem PKW

Von der A67 oder A5 kommend fahren Sie Richtung Stadtmitte. Vor der Eisenbahnbrücke fahren Sie rechts in den „Am Kavalleriesand“ und biegen Sie in die Eumetsat-Allee ein.



## Kontakt

Dipl.-Ing. Jan Kannengießer  
Technische Universität Darmstadt  
Institut IWAR  
Petersenstr. 13  
64287 Darmstadt  
Tel. 06151 – 16 28 48  
Fax. 06151 – 16 37 39  
[www.iwar.bauing.tu-darmstadt.de](http://www.iwar.bauing.tu-darmstadt.de)  
E-Mail: [j.kannengiesser@iwar.tu-darmstadt.de](mailto:j.kannengiesser@iwar.tu-darmstadt.de)

# Biobasierte Produkte und Energie aus Biomasse

87. Darmstädter Seminar Abfalltechnik  
08. Dezember 2011



IWAR



Es lädt ein: Verein zur Förderung des Instituts IWAR  
In Kooperation mit:



Hessen

Umwelttech

---

---

## Biobasierte Produkte und Energie aus Biomasse

---

Sehr geehrte Damen und Herren,

sowohl die Erzeugung von Biomasse als auch die Erzeugung von Energie stehen mehr denn je im Mittelpunkt des Geschehens. Ab dem Jahre 2022 sollen alle Kernkraftwerke in Deutschland vom Netz genommen werden, wodurch regenerative Energiequellen, wie Energie aus Biomasse, an Bedeutung dazu gewinnen werden. Die zum Anbau von Biomasse zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Fläche ist begrenzt und bereits heute gibt es Kontroversen hinsichtlich der Nutzung von Biomasse als Nahrungsmittel oder als Ausgangsprodukt von Biokraftstoffen.

Um die landwirtschaftlich erzeugte Biomasse zu schonen müssen Alternativen erforscht werden, um sowohl den Energiemarkt, als auch den Gütermarkt befriedigen zu können. Es besteht bereits heute die Möglichkeit nicht nur Energie, sondern auch Bioprodukte mittels Biokonversion aus Abfällen herzustellen, wodurch die Abfallbehandlung, besonders in den „Schwellen- und Entwicklungsländern“, an Bedeutung dazu gewinnen wird.

Auf dem 87. Darmstädter Seminar Abfalltechnik am 08.12.2011, werden aktuelle Nutzungsstrategien und Beispiele für die Verwendung von Biomasse und Abfällen, im Hinblick auf die Herstellung von Bioprodukten und Energie, präsentiert.

Im Mittelpunkt steht dabei, neben der Nutzung von Biogas aus Biomasse und Abfällen als Energielieferant und Treibstoff, auch die Herstellung von Bioprodukten aus Biomasse und Abfällen.

---

### Prof. Dr. Johannes Jäger

---

Ich wünsche allen Teilnehmern eine interessante und erfolgreiche Veranstaltung, fachlich anregende Diskussionen und natürlich einen angenehmen Aufenthalt in Darmstadt.

Ihr



Prof. Dr. rer. nat. Johannes Jäger



---

---

## Programm

---

- 8:30 Uhr Anmeldebeginn
- 9:00 Uhr Eröffnung  
*Prof. Dr. rer. nat. Johannes Jäger*
- 9:10 Uhr Grußworte  
*Prof. Dr. rer. nat. habil. Uwe Lahl*

---

### Grundlagen zur Bioökonomie und Förderung biobasierter Produkte

---

- 9:20 Uhr Grundlage der Bewertung des Einsatzes von Biomasse in Klimaschutzenszenarien  
*Prof. Dr. rer. nat. Uwe Lahl*  
*BLZ Kommunikation und Projektsteuerung GmbH*
- 9:40 Uhr Bioökonomie in Deutschland und der EU  
*Dr. Christian Patermann*  
*Mitglied des Bioökonomierates der Bundesregierung*
- 10:00 Uhr Förderung biobasierter Produkte am Beispiel der EU  
*Dr. Francesca Aulenta*  
*BASF SE; Plastic Affairs and Communications*
- 10:20 Uhr Kaffeepause

---

### Stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse

---

- 10:50 Uhr Pentose-Vergärung mit rekombinanten Hefen  
*Prof. Dr.-Ing. Eckhard Boles*  
*Goethe-Universität Frankfurt*
- 11:10 Uhr Neue biobasierte Produkte aus der anaeroben Vergärung von biologisch abbaubaren Abfällen  
*Prof. Dr. rer. nat. Johannes Jäger*  
*Technische Universität Darmstadt*
- 11:30 Uhr Biomasseströme zu Energie  
*Dipl.-Ing. Günther Müller*  
*Ingut-Ingenieurbüro für Umwelttechnologie*
- 11:55 Uhr Diskussion
- 12:25 Uhr Mittagspause

---

---

## Programm

---

### Energiegewinnung aus Abfällen und Emissionen bei der Biogaserzeugung

---

- 13:45 Uhr Wasserstoff- u. Methanherzeugung aus Abfällen  
*Dr.-Ing. Ruth Brunstermann*  
*Universität Duisburg-Essen*
- 14:05 Uhr Potentiale und Grenzen der Co-Vergärung in Faulungsanlagen  
*Dr.-Ing. C. Schaum*  
*Technische Universität Darmstadt*
- 14:25 Uhr Klimarelevante Emissionen bei der Vergärung von Biomasse  
*Dr.-Ing. J. Liebetrau*  
*Deutsches Biomasse Forschungszentrum*
- 14:45 Uhr Siloxane bei der Biogaserzeugung  
*Prof. Dr.-Ing. Anke Bockreis*  
*Universität Innsbruck*
- 15:05 Uhr Kaffeepause

---

### Gewinnung biobasierter Produkte durch Erweiterung bestehender Anlagen und Herstellung von Biokraftstoffen

---

- 15:35 Uhr Konversion eines Kompostwerkes und Generierung von selektiven Vergärungsprodukten  
*Dipl.-Ing. M. Hoffmann*  
*Technische Universität Darmstadt*
- 15:55 Uhr „Das Bioworld - Projekt“ - Ein Versorgungskonzept der Zukunft  
*Dipl.-Ing. Jürgen Runkel*  
*Handelshaus Runkel*
- 16:15 Uhr Stoffliche Nutzung von biogenen Roh- und Reststoffen auf dem Weg zur Bioökonomie  
*Prof. Dr. Thomas Hirth*  
*Universität Stuttgart*
- 16:35 Uhr Herstellung biogener Kraftstoffe aus Biomasse  
*Prof. Dr.-Ing. Christina Dornack*  
*Brandenburgische Universität Cottbus*
- 16:55 Uhr (Bio-)Erdgas als Kraftstoff- Sachstand und Herausforderungen bei Nutzung u. Vermarktung  
*M.A. Dörte Schulte-Derne*  
*Mainova Aktiengesellschaft*
- 17:15 Uhr Diskussion
- 18:00 Uhr Get-Together und Führung durch EUMETSAT
- 19:00 Uhr Ende der Veranstaltung
-