



**ifeu -
Institut für Energie-
und Umweltforschung
Heidelberg GmbH**



Synopse aktueller Modelle und Methoden zu indirekter Landnutzungsänderung ILUC

KURZFASSUNG

im Auftrag des
**Bundesverband der deutschen
Bioethanolwirtschaft e.V. (BDB^e)**

Heidelberg, September 2009

Kurzfassung

Hintergrund und Ziel der Studie

Die Diskussion über Nachhaltigkeitskriterien für Bioenergieträger, die in den letzten beiden Jahren international mit großer Vehemenz geführt wurde, nähert sich langsam einem Kanon von Basisprinzipien und schlug sich Ende April 2009 auch in der europäischen Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (2009/28/EG) nieder. Der Aspekt, zu welchem sowohl die Datenlage als auch die Anwendbarkeit noch die größten Fragen offen lassen, ist dabei die indirekte Landnutzungsänderung. Die EU Kommission soll daher gemäß Artikel 19 (6) der Richtlinie bis Ende 2010 (voraussichtlich aber schon bis März 2010) einen Bericht vorlegen, in welchem dieser Sachverhalt untersucht und gegebenenfalls ein Vorschlag unterbreitet wird, der nach besten verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnissen eine konkrete Methodologie zur Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen infolge indirekter Landnutzungsänderungen (ILUC) enthält.

Im März 2009 wurde in Kalifornien erstmals ein diesbezüglicher Ansatz in die gesetzlichen Regelungen übernommen (LCFS 2009). Von der U.S. EPA (2009) wurde im Mai ebenfalls ein Vorschlag vorgelegt, dessen Umsetzung jedoch aufgrund einer Einigung im Abgeordnetenhaus am 24. Juni 2009 mit einem fünf-jährigen Moratorium belegt wurde und in der Zwischenzeit wissenschaftlich überprüft werden soll.

Aufgrund dieser zahlreichen Prozesse wird die Debatte über die „bestmögliche“ Methode zur Bewertung von ILUC sich im europäischen wie im internationalen Kontext verstärken. Vor diesem Hintergrund hat der BDB[®] das IFEU beauftragt, eine Bestandsaufnahme und Bewertung aktueller Modelle und Methoden zur Berücksichtigung der Effekte indirekter Landnutzungsänderungen zu erstellen. Dabei sollen die Stärken und Defizite der einzelnen Modelle und Methoden analysiert, Entwicklungsmöglichkeiten im Hinblick auf weitere Politikziele aufgezeigt und Handlungsfelder identifiziert werden.

Ergebnisse

Zusammengefasst zeichnen sich drei grundlegend verschiedene Ansatzweisen zur ILUC-Berechnung ab, die für die weiter gehende Diskussion zu diesem Thema relevant sein dürften:

- Komplexe **makro-ökonomische bzw. ökonometrische Modelle**;
Modelle wie GTAP, FASOM, FAPRI u.a., die vorwiegend für die Gesetzgebung in den USA sowie Kalifornien eingesetzt werden; wissenschaftliche Grundlagen in Bezug auf ILUC liefern dabei u.a. Searchinger et al. (2008), Kim et al. (2009), Plevin (2008);
- vereinfachte **deterministische Ansätze**;
Ansätze wie der ILUC-Faktor (Fritsche 2007, 2009) oder der Bonus nach der europäischen Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EC);
- weitere Ansätze, die einen **Mittelweg** zwischen diesen beiden Ansätzen beschreiten (Lywood 2009, FoE 2008) oder sich auf die Risikominimierung von ILUC konzentrieren (Dehue 2009, Eickhout 2008).

Makro-ökonomische Modelle wurden ursprünglich dazu entwickelt, die Auswirkungen von Eingriffen in den Agrarmarkt zu quantifizieren. Seit Kurzem werden sie auch zur Berechnung von ILUC-Effekten bzw. von indirekten und direkten Landnutzungsänderungen insgesamt herangezogen.

Die Hauptproblematik der ökonometrischen Modelle liegt in ihrem komplexen Kernwesen – ihre Rechenläufe und Ergebnisse sind aufgrund der Komplexität für nicht an der Erstellung beteiligte Fachleute kaum nachvollziehbar, was notwendigerweise eine „Modell-Gläubigkeit“ nach sich zieht. Andererseits zeigen die stark variierenden Ergebnisse zwischen den prominenten Beispielen des Renewable Fuel Standard der USA mit dem Modell-Mix FASOM / FAPRI, des Low Carbon Fuel Standard aus Kalifornien mit dem GTAP-Modell und Searchinger et al. (2008), dass eine Erhöhung der Komplexität nicht zwangsläufig zu einer größeren Genauigkeit führt, da Unterschiede in den Ergebnissen aufgrund der Vielzahl an verwendeten Parametern geradezu „vorprogrammiert“ sind. Die deutlich höheren Ergebnisse von Searchinger resultieren z. B. in erster Linie daraus, dass seine Berechnungen zukünftig erwartete Ertragssteigerungen außer Acht lassen. Ob und ggf. in welchem Maße die Erträge künftig steigen werden, hängt stark von der betrachteten Kultur und der jeweiligen agroökologischen Zone (AEZ) ab.

Die Nutzung solcher Modelle ist jedoch zum Erkenntnisgewinn über Marktreaktionen, über Zusammenhänge, Sensitivitäten und Größenordnungen von Effekten extrem wertvoll. Es sei hier allerdings in Frage gestellt, ein solches Modell im Rahmen einer Rechtssetzung zu implementieren, so lange die Fachwelt sich nicht über das „richtige“ Modell einig ist. So ist beispielsweise die Bandbreite der Ergebnisse zwischen 30 und 104 g CO_{2e}/MJ Mais-Ethanol für den Anspruch wissenschaftlicher Genauigkeit nicht akzeptabel.

So breit die Ergebnisse der ökonometrischen Modelle auch streuen, sie geben zumindest eine Orientierung über die mögliche Größenordnung. Zunächst ist zu beobachten, dass die ILUC-Treibhausgasemissionen aus den USA und Kalifornien für die berechneten Fälle durchweg als Werte größer Null ausfallen. Die in den Modellen von EPA und Kalifornien angerechneten Effekte durch die Nutzung der Nebenprodukte und dadurch entstehende Entlastungen bei der Landnutzung, z.B. als Futtermittel, lassen sich jedoch rechnerisch für nicht an der Erstellung beteiligte Fachleute kaum nachvollziehen. Trotz umfänglicher Dokumentation erweisen sich die Modelle als zu komplex, um z.B. zu erkennen, ob auf dem US-Markt erzeugte Futtermittel aus Nebenprodukten deutlich andere LUC-Werte errechnen lassen als auf dem EU-Markt erzeugte Produkte.

Es sei an dieser Stelle klargestellt, dass diese Überblicksstudie keine umfängliche Analyse der Modelle beinhalten kann – eine fundierte Bewertung kann dem aktuell erschienenen Peer Review Bericht zu der Modell-Kombination FASOM/FAPRI durch ICF (2009) entnommen werden. Darin wird durch ausgewählte Experten¹ festgestellt, dass trotz grundsätzlich guter Eignung der Modell-Kombination

- kein Modell für sich die „richtige“ Antwort geben kann, da jedes der Modelle (auch GTAP und andere Modelle) spezifische Stärken und Schwächen hat und man dadurch zwangsläufig unterschiedliche Ergebnisse erhält
- die Komplexität der Modelle bereits zu hoch ist, um Nachvollziehbarkeit zu ermöglichen (Sheehan, Searchinger)
- die Komplexität noch nicht ausreichend ist, um alle abhängigen Faktoren genü-

¹ Dr. Martin Banse (Uni Wageningen), Tim Searchinger (Princeton), John Sheehan (Univ. of Minnesota), Dr. Michael Wang (Argonne)

gend einzubeziehen (Banse, Wang).

Auf einem hochrangig besetzten LUC-Workshop im Mai 2009 in Vonore, Tennessee, wurde in ähnlicher Weise zusammengefasst, dass ein einzelnes Modell immer nur Teilaspekte des Gesamtproblems aufarbeiten kann, aus der notwendigen Kombination von Modellen aber weitere Unsicherheiten durch die Schnittstellenbildung entstehen (Dale et al. 2009). Der Schritt des Verstehens, welche Modelle unter welchen Annahmen und Dateneinstellungen zu welchen Ergebnissen führen, muss noch vollzogen werden.

Deterministische Ansätze bilden in gewisser Weise das Gegenstück zu den makroökonomischen Modellen bzw. Modell-Kombinationen, was die Komplexität betrifft. Zu nennen ist hier insbesondere der von Fritsche (2007) erarbeitete „risk adder“, der inzwischen zum **ILUC-Faktor** weiterentwickelt wurde (Fritsche 2009). Bei diesem Ansatz werden zunächst die globalen THG-Emissionen berechnet, die aufgrund gegebener Daten zu den für den Bioenergiesektor als wichtig erachteten Anbauprodukten (ungeachtet der tatsächlichen Nutzung) aus Landnutzungsänderungen resultieren können. In einem zweiten Schritt wird dann ermittelt, welchen Anteil hieran Landnutzungsänderungen durch eine zukünftig vermehrte Biokraftstoffnachfrage haben. Dabei werden dämpfende Effekte wie z.B. künftige Ertragssteigerungen, Nutzung von Stilllegungsflächen, Übergang zu Reststoffnutzung und anderen LUC-mindernden Faktoren einbezogen. Einige der Festlegungen sind allerdings das Ergebnis von pauschalen Annahmen und Schätzungen, die nicht auf wissenschaftlich empirischen Fakten fußen.

Der so erhaltene LUC-„Branchendurchschnitt“ wird auf Basis des jeweiligen Biomassehektarertrags und der jeweiligen Konversionsraten auf die verschiedenen Biokraftstoffe umgerechnet. Nebenprodukte werden dabei über die Allokationsmethodik nach dem Heizwert (gemäß der Erneuerbare-Energien-RL) berücksichtigt. Eine Weiterentwicklung des ILUC-Faktors anhand von empirischen Werten von Gibbs (2009) ist in Planung (Fritsche 2009).

Als Schwäche dieses Top-down-Ansatzes ist die pauschale Ableitung der LUC-Emissionen der Biokraftstoffproduktion nur mit einem einheitlichen LUC-Wert für die Gesamtbranche zu sehen, der als „Branchendurchschnitt“ ungeachtet von regionalen Effekten sowie von tatsächlichen Effekten der jeweiligen Biomasse sowie von erzeugten Nebenprodukten auf einzelne Biokraftstoffe umgerechnet wird. Damit kommt es zu dem Effekt, dass Biokraftstoffen aus LUC und ILUC-Hochrisikogebieten die niedrigsten ILUC THG-Emissionen zugewiesen werden. Konkret bedeutet dies: Rapsanbau in Deutschland mit geringerem Ertrag pro Fläche führt zu höherem ILUC-Risiko als Palmölanbau in Südostasien mit deutlich räumlich engerem Zusammenhang mit Hochrisikogebieten wie dem tropischen Regenwald. Unterstellt man ein weltweit kommunizierendes System innerhalb der begrenzt zur Verfügung stehenden Anbaufläche, mag dies konsequent sein. Effektiv werden dadurch jedoch alle Systeme bevorzugt, die hohe Flächenerträge haben, auch wenn sie Systeme sind, die in ziemlich direktem Zusammenhang mit den problematischsten LUC-Effekten stehen (z.B. Palmöl in der AEZ der tropischen Regenwälder).

Fritsche (2009) sieht daher die Notwendigkeit den aktuellen ILUC-Faktor durch eine Art regionales „risk mapping“ anzupassen. Auch die Autoren dieser Studie sehen den Bedarf, den ILUC-Faktor Ansatz methodisch zu verbessern, indem regionen- und pfadspezifische Effekte berücksichtigt werden.

Anders als bei den makroökonomischen Modellen, die bei LUC keine Unterscheidung zwischen direkt und indirekt treffen, muss bei der Anwendung eines ILUC-Faktors si-

chergestellt werden, dass eine klare Abgrenzung zu den direkten Effekten besteht, um eine Doppelzählung auszuschließen.

Eine Kombination aus makro-ökonomischer Modell-Erkenntnis und deren Einbau in einen einfacheren, deterministischen Ansatz könnte der „Königsweg“ sein. Mit **Spreadsheet-Modellen** haben verschiedene Autoren schon in diese Richtung vorgearbeitet. Zu nennen wäre hier insbesondere das von Lywood entwickelte Modell (2008, 2009). Dabei wird zunächst (aufgrund historischer Daten) untersucht, welcher Anteil einer bestimmten Mehrnachfrage je Biomasse durch vermehrte Landnutzung und welcher durch erhöhte Produktivität bedient wird. Nach Einrechnung der Nebenprodukte ergibt sich daraus ein Netto-Landnutzungseffekt. Für die Nebenprodukte wird untersucht, welche intra- und interregionalen Substitutionseffekte sich ergeben und welche Arten von Landflächen in den jeweiligen Regionen zu Ackerflächen umgewidmet werden (ebenfalls aufgrund historischer Daten). Daraus wiederum ergibt sich der CO₂-Ausstoß der neuen Flächen, welcher in einen jährlichen ILUC-Faktor umgerechnet wird. Dieser Ansatz ist somit biomasse- und regionenspezifisch.

Bei diesem Vorschlag sind hauptsächlich zwei Detailpunkte näher zu untersuchen:

1) der historische Bezug ist durchaus sinnvoll, jedoch werden die Ertragszuwächse nur global betrachtet.

2) Eine Differenzierung in verschiedene Weltregionen kommt beim Einbezug der Nebenprodukte zum Tragen. Allerdings werden die Zusammenhänge zwischen den Landnutzungen in verschiedenen Weltregionen aufgrund des globalisierten Marktes nicht betrachtet, d.h. die internationale Verflechtung des ILUC bleibt hier unberücksichtigt.

Lywood führt hier zur Berechnung von ILUC die Substitutionsmethode ein. Diese ist gegenwärtig in der Richtlinie Erneuerbare Energien generell nicht vorgesehen, sondern nur im Rahmen der Überwachung und Berichterstattung der von den Mitgliedstaaten angegebenen Treibhausgasemissionseinsparungen von der Kommission als Referenzmodell zu verwenden (§23 EE-Richtlinie) bzw. existiert in Annex V Teil C Nummern 15 und 16 sowie in §19 Absatz 7. Aufgrund der Wahlmöglichkeiten bezüglich einer optimalen Bewertung von Einzelfällen auf betriebswirtschaftlicher Ebene schreibt die EU-Kommission für die individuelle Berechnung bei der Nebenproduktsbetrachtung die Allokation anstelle der Substitutionsmethode vor. Auf der übergeordneten (volkswirtschaftlichen) Betrachtungsebene muss die Kommission im Rahmen der Folgenabschätzung von Treibhausgasemissionseinsparungen das Substitutionskonzept als Vergleichsmaßstab verwenden.

Bei Lywood nun wird z.B. für in Europa erzeugtes DDGS in Südamerika produziertes Sojaschrot mit real wesentlich niedrigeren Flächenerträgen, d.h. entsprechend erheblichen LUC-Effekten, gutgeschrieben. Insofern die Nebenprodukte dermaßen gravierende (im Falle von Weizen gravierend positive) ILUC-Effekte nach sich ziehen sollten, ist ein solcher Ansatz auch zu rechtfertigen. Auch in einer Studie des IFEU (Rettenmaier et al. 2008) wurde dieser Effekt im Rahmen von Nebenproduktszenarien abgebildet.

Grundsätzlich ist dabei zu bedenken, dass die Festlegung eines speziellen substituierten Produktes durch ein Nebenprodukt zwar eine gerechtfertigte Szenarienbetrachtung darstellen kann - für ein allgemeines Modell wird aber die Frage aufgeworfen, wie die Substitution genau dieses Produktes (z.B. Sojaschrot, erzeugt in frisch gerodeten Wäldern Südamerikas) als der für die Gesamtheit der erzeugten Nebenprodukte anzuwendende Fall nachzuweisen sei. Ein weiterführender Ansatz wäre folglich, über Szenariountersuchungen zu ermitteln, welchen Einfluss im Lywood-Modell andere mögliche (denkbare) Substitutionsfolgen als die Sojasubstitution auf das Ergebnis haben.

Es bedarf jedoch immer einer Verifizierung, welche Annahmen die Realität gut abbilden. Hierzu können Vergleichsrechnungen mit verschiedenen makroökonomischen Modellen vorgenommen werden, da diese schließlich den Anspruch erheben, die „marginalen“ (Grenz-)Substitutionseffekte abbilden zu können. Bei gleicher Einstellung der relevanten Parameter sollte eine weitgehende wechselseitige Reproduzierbarkeit der LUC-Werte möglich sein. Nach Stand der Analyse ist dies mit Blick auf die Ergebnisse aus den USA und Kalifornien aktuell nicht gegeben, ohne dies allein einem der Ansätze negativ anlasten zu können, da derzeit keiner von diesen aus Sicht der Autoren ausreichend transparent ist.

Resümee

Mit dem Zeitplan der EU-Kommission und der Diskussion in den USA wird das Thema ILUC in naher Zukunft ein Kernthema der Nachhaltigkeitsanforderungen und Treibhausgasbilanzen für Bioenergieträger darstellen.

Die vorgestellten Ansätze lassen jeweils für sich keine abschließende Bewertung des komplexen Themas zu. Die hohe Streuung der Ergebnisse weist darauf hin, dass ein erhebliches Defizit in der Eingrenzung der quantitativen Höhe des Effektes vorliegt. Stellt man den Umfang an veröffentlichten Ergebnissen der verschiedenen Ansätze dar, so führen die makroökonomischen Modelle ausschließlich zu zusätzlichen LUC-Emissionen, während der Lywood-Ansatz im Einzelfall auch Netto-Einsparungen errechnet. Der deterministische ILUC-Faktor bestimmt per jeweiligem Grundansatz einen Malus (zusätzlicher Anbau auf „normaler Fläche“) oder einen Bonus (degradierte Fläche).

In jedem Fall führen die Resultate unabhängig vom Ansatz zu signifikanten Effekten in den Gesamtbilanzen der Bioenergieträger. Dies hat erhebliche Konsequenzen im Hinblick auf die Erfüllbarkeit der erforderlichen Emissionseinsparungen.

Die Diskussion über den „richtigen“ Ansatz oder das „richtige“ Modell wird daher fortzusetzen sein. Die Autoren sehen die Notwendigkeit, ILUC adäquat als Folge zusätzlicher Flächeninanspruchnahme für Biomasseanbau für Energiezwecke, die Produktion von Nahrungsmitteln und die stoffliche Biomassenutzung einzubeziehen. Ob einer der voran genannten Ansätze sich als akzeptabler Standard durchsetzen wird, muss derzeit als offen bewertet werden. Komplexe Modelle sind mit Sicherheit dringend notwendig, um die von den Marktreaktionen abhängigen indirekten Wirkungen zusätzlicher Biomasseproduktion zu erforschen und Zusammenhänge erkennbar zu machen. Für die Umsetzung in gesetzliche Normen werden jedoch eine hohe Transparenz und eine Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse auch für Nicht-Experten unabdingbar sein. Tatsächlich findet derzeit eine Aufholjagd der Wissenschaft gegenüber der Politik und deren Zielvorgaben statt. Ziel sollte es sein, ein Stadium zu erreichen, in welchem mit den unterschiedlichen Modellen und Ansätzen eng beieinander liegende Ergebnisse für ILUC reproduziert werden können, weil die Faktoren für die Abweichungen erkannt sind.

Bei der Lebenswegbilanz im Allgemeinen bzw. bei der von Bioenergieträgern im Speziellen sind zwei Module zu unterscheiden, die für eine Gesamtbewertung zusammengeführt werden müssen:

- direkte Effekte, die sich aus einer Prozessbilanzierung ergeben (klassische Ökobilanz)
- indirekte Effekte, die in Ihrer Gesamtheit mit einer separaten Methode erfasst und bewertet werden müssen.

Unabhängig davon, mit welcher Methode ein rechnerischer ILUC-Wert ermittelt wird, ist in der Fachwelt klar, dass dieser immer nur eine – jedoch akzeptable - Hilfskonstruktion sein kann. In der Realität sind so genannte „indirekte Effekte“ der Biomasseproduktion durch andere Sektoren (wie z.B. die Nahrungsmittel- oder Faserproduktion) verursachte direkte Effekte. Die in der Theorie anzustrebende Ideallösung eines alle Sektoren umfassenden einheitlichen Modells zur gesamtheitlichen Regelung von Landnutzungsänderungen bzw. daraus entstehender Treibhausgasemissionen scheint in der Praxis allerdings höchstens mittel- bis langfristig realistisch, so dass diese Ausdehnung der Dimension aktuell mehr ein theoretischer Gedanke ist.

Literatur

- Dale, V., Efroymson, R., Kine, K., Goss Eng, A., Haq, Z.: Land-Use Change and Bioenergy: Report from the 2009 Workshop by ORNL and DOE; Vonore, Tennessee; Mai 2009
- Dehue, B., Meyer, S.: Responsible Cultivation Areas; Practical definition and methodology to identify areas for responsible energy crop cultivation; im Auftrag von Shell Global Solutions und Neste Oil; Utrecht 2009
- Eickhout, B.: Monitoring macro-impacts of bioenergy; PBL publication number 500143002/2008
- Fritsche, U.: GHG Accounting for Biofuels: Considering CO₂ from Leakage; Extended and updated version, Darmstadt (Germany), May 21, 2007
- Fritsche, U. et al: The ILUC factor as a means to hedge risks of GHG emissions from ILUC associated with bioenergy feedstock provision, Oeko Institute, 2008
- 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. März 2009
- Gibbs, H.: Mapping Land Sources for New Biofuel Croplands; AAAS Annual Meeting, 2009
- ICF International: Life Cycle Greenhouse Gas Emissions due to Increased Biofuel Production, Model Linkage; Peer Review Report, 2009
- Kim, H., Kim, S., Dale, B. E.: Biofuels, Land Use Change, and Greenhouse Gas Emissions: Some Unexplored Variables; Environ. Sci. Technol., 2009, 43 (3), 961-967 • DOI: 10.1021/es802681k • Publication Date (Web): 06 January 2009
- LCFS - Low Carbon Fuel Standard: Proposed regulation to implement the low carbon fuel standard, California Air Resources Board (CARB) 5 Mar 2009
- Lywood, W.: Evidence provided by Ensus Ltd to the RFA study on the indirect effects of biofuels, Ensus Ltd, Apr 2008, UK RFA, www.renewablefuelsagency.org, Methodology for evaluation of indirect land use change from biofuel crops and estimate of GHG emissions
- Lywood, W.: Indirect LUC modelling; JRC/EEA/OECD Workshop, Paris 2009; http://re.jrc.ec.europa.eu/biof/pdf/iluc_bioenergy_policies_paris/ensus_iluc_modelling.pdf

- Plevin, R.: Analysis of GHG Emissions from Indirect Land Use Change; Life Cycle Assessment VIII Seattle, WA September 30, 2008
- Rettenmeier, N., Reinhardt, G., Gärtner, S., Münch, J.: Bioenergy from grain and sugar beet: Energy and greenhouse gas balances; IFEU study commissioned by the Verband Landwirtschaftliche Biokraftstoffe LAB (heute: BDB^e); 2008
- Searchinger, T. et al.: Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change, : Science, 2008, Vol. 319. 5867, pp.1238-1240, 10.1126/science.1151861.
- Tipper, R. et al.: A practical approach for policies to address GHG emissions from ILUC associated with biofuels, Arbeit für Ecometrica für Greenenergy, Technical Paper - TP-080212-A; Jan 2009
- UNICA: Comments on California's Low Carbon Fuel Standard; Brief an CARB vom 16.April 2009
- U.S.EPA: Draft Regulatory Impact Analysis: Changes to Renewable Fuel Standard Program; EPA-420-D-09-001; May 2009
<http://www.epa.gov/OMS/renewablefuels/420d09001.pdf>