

Zusätzlicher Biomassebedarf für den Klimaschutz – Regulierungsvorschläge für Indirect Land Use Change –

Uwe Lahl und Björn Pieprzyk

1.	Klimaschutzszenarien.....
2.	Die Reduzierung von Treibhausgasemissionen durch Biomassenutzung.....
3.	Erfassung und Bewertung von indirekte Effekten der energetischen Biomassenutzung
3.1.	Systemgrenzen von direkten und indirekten Effekten der Bioenergie.....
3.2.	Die Komplexität von indirekten Landnutzungseffekten.....
3.3.	Die Bewertung von indirekten Landnutzungsänderungen (iLUC) mit ökonomischen Agrarmodellen am Beispiel von Biokraftstoffen
4.	Das Flächenpotenzial für die Biomassenutzung.....
5.	Biomasse aus der Abfallwirtschaft
6.	Regulierungsvorschläge auf EU-Ebene.....
7.	Fazit und weiterer Forschungsbedarf
8.	Quellenverzeichnis.....

Die Biomasse macht derzeit in Deutschland und auch weltweit den größten Anteil der Erneuerbaren Energien aus. Auch in den Klimaschutzzielen spielt sie eine 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 und stellt die aktuellen Regulierungsvorschläge vor.

1. Klimaschutzszenarien

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC; Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen, kurz Weltklimarat) hat das Arbeiten mit Klimaschutzszenarien zur Politikberatung sehr weit entwickelt. Mit Hilfe dieser Szenarien können Emissionsprognosen berechnet und auch die Auswirkungen auf das Klima abgeschätzt werden. In diese Szenarien fließt auch ein, wie die Treibhausgasemissionen durch den Einsatz von

Erneuerbaren Energien gesenkt werden können. Derartige Berechnungen zeigen, dass es nicht einfach sein wird, das viel zitierte Zwei-Grad-Ziel zu erreichen. Als Erneuerbare Energien werden in diesen Berechnungen hauptsächlich die verstärkte Nutzung von Wind- und Sonnenenergie, Wasserkraft, Geothermie und Biomasse prognostiziert[10].

Welchen Anteil haben die unterschiedlichen Erneuerbaren Energien in diesen Berechnungen? Bild 1 zeigt zunächst die globale Situation für das Jahr 2008.

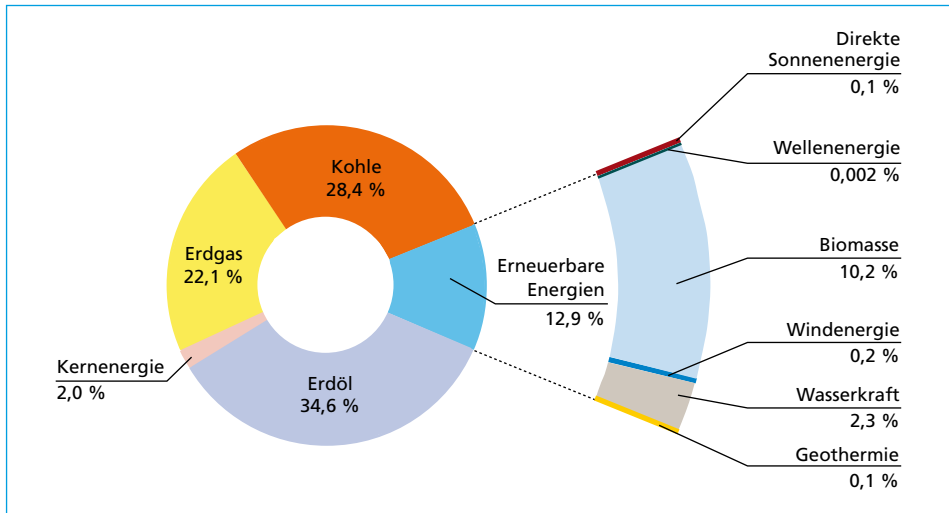


Bild 1: Anteil der Energiequellen für die globale Versorgung mit Primärenergie in 2008; RE = Renewable Energy (492 EJ)

Quelle: IPCC: Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. 2011. http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_SPM.pdf, 2011

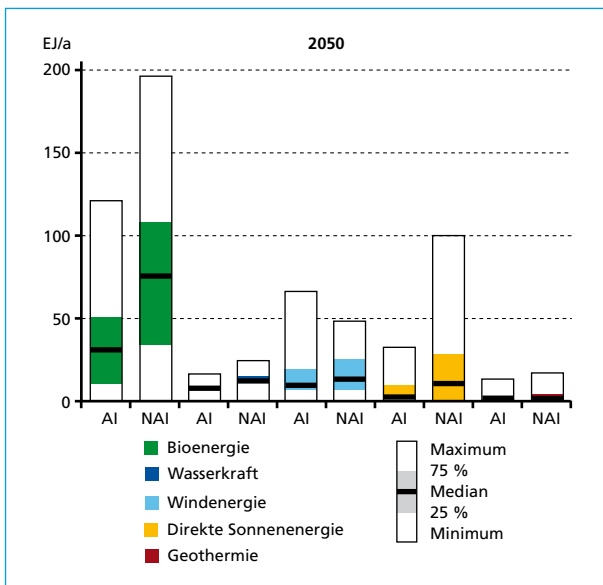


Bild 2: Prognose der globalen Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien nach Einzelquellen für 2050

Quelle: IPCC: Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. 2011. http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_SPM.pdf, 2011

Es wird deutlich, dass Erneuerbare Energien mit einem Anteil von 12,9 % schon vor fünf Jahren einen beträchtlichen Beitrag zur Energieversorgung der Welt leisteten, wobei Biomasse hierfür die mit Abstand wichtigste Einzelquelle darstellte.

Wie wird sich die Situation zukünftig entwickeln? Bild 2 aggregiert das Ergebnis einer Analyse von 164 Klimaschutzzszenarien. Es zeigt sich, dass Biomasse auch zukünftig die wichtigste Einzelquelle für den Klimaschutz darstellen wird.

2. Die Reduzierung von Treibhausgasemissionen durch Biomassenutzung

Die Bandbreite der Einsparung von Treibhausgasemissionen durch Bioenergie ist ebenso groß wie ihre vielseitigen Einsatzmöglichkeiten. Die Höhe der Emissionseinsparung hängt zum einen davon ab, welche fossilen Energieträger im Strom-, Wärme- und Kraftstoffsektor ersetzt werden. Zum anderen wird das Einsparpotenzial durch die Emissionen der Bereitstellung von Bioenergie beeinflusst. Bild 3 zeigt die Treibhausgasemissionen verschiedener Bioenergie-Pfade (über den gesamten *Lebensweg*) 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 daher am sinnvollsten. Allerdings bezieht Bild 3 den Einsatz von Biomasse für stoffliche Zwecke (u.a. Chemische Industrie) und eine mögliche Nutzung als Kraftstoff oder Reduktionsmittel in der Industrie nicht mit ein.

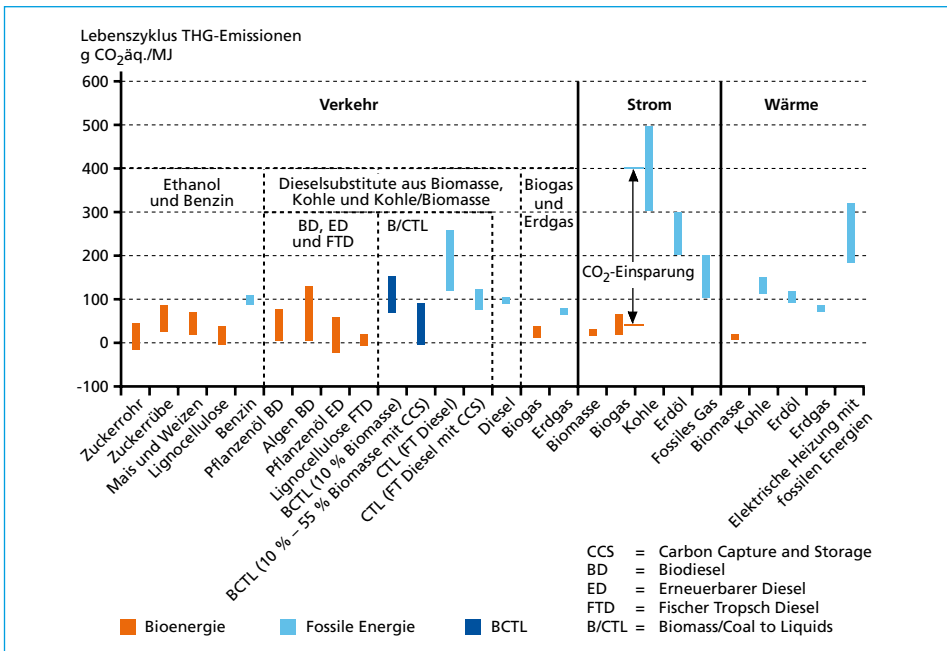


Bild 3: Das Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen durch Biomassenutzung im Vergleich mit fossiler Energie

Quelle: IPCC: Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. 2011. http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_SPM.pdf, 2011

Für die Bewertung der prioritären Einsatzmöglichkeiten von Bioenergie muss aber auch das Kriterium der *Alternativenvielfalt* berücksichtigt werden. Damit ist gemeint, wie viele erneuerbare Energiearten für die Bereiche Strom, Wärme, Kraft/Mobilität und Chemie zur Verfügung stehen. Strom und Wärme können aus vielen unterschiedlichen Erneuerbaren Energien bereitgestellt werden, dagegen kann für Kraft/Mobilität und Chemie mit wenigen Ausnahmen heute nur Biomasse genutzt werden. 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 [22]. Und es gibt Vorschläge, Strom zukünftig primär aus Wind und PV zu gewinnen und nicht aus Biomasse [1].

Die LCA-Ergebnisse in Bild 3 berücksichtigen allerdings nicht die direkten und indirekten Landnutzungsänderungen und weitere indirekte Effekte. Diese Aspekte können das Ergebnis des Vergleichs aber durchaus ändern. Sie 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. Das können zum Beispiel indirekte Landnutzungsänderungen 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 beispielsweise in Form von Regenwaldrodungen führt.

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 nicht. Im Folgenden wird die Bewertungsproblematik von indirekten Effekten beschrieben.

3. Erfassung und Bewertung von indirekte Effekten der energetischen Biomassenutzung

3.1. 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. Bild 4 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.

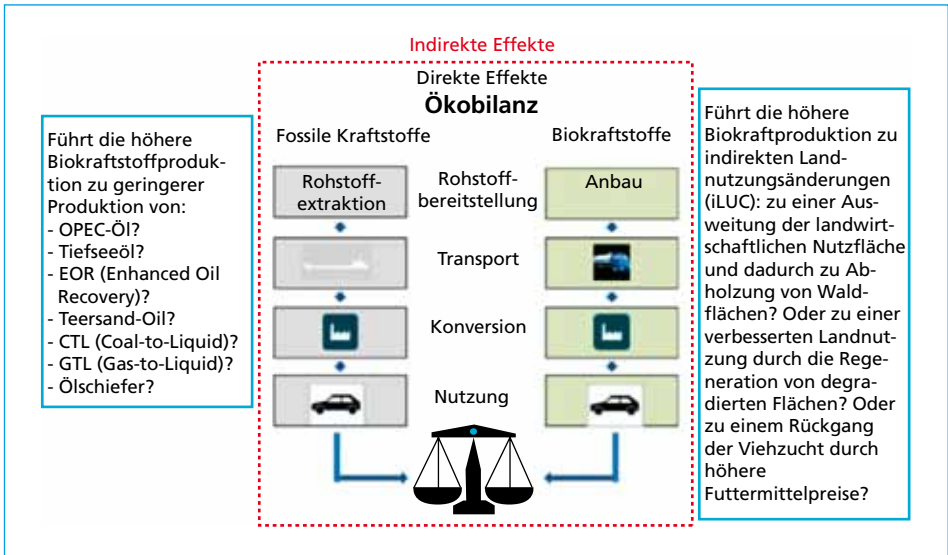


Bild 4: Systemgrenzen zwischen direkten und indirekten Effekten von fossilen Kraftstoffen und Biokraftstoffen

3.2. Die Komplexität von indirekten Landnutzungseffekten

Im Vordergrund der Kontroverse über Sinn oder Unsinn von Biokraftstoffen stehen die Landnutzungseffekte. Die indirekten Landnutzungseffekte (indirect Land Use Change, iLUC) der Bioenergienutzung können vielfältig sein. Ein illustratives Beispiel dafür ist die Produktion des Biokraftstoffs Ethanol in den USA. Dort wächst in Folge der Ethanol-Produktion aufgrund der Biokraftstoffziele der US-Regierung die Nachfrage nach Mais. Die erhöhte Maisnachfrage kann bewirken [4]:

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 einen Wissenschaftler, denn vieles lässt sich nur schwer kausal zuordnen [17, siehe auch 4]. Es können Kausalketten unterschiedlicher Länge, d.h. mit unterschiedlich vielen Wirkungen, die miteinander verknüpft sind, auftreten [2]. 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

aufreten 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 [2002] beschrieben, die 157 regionale Studien ausgewertet haben. Danach ist die Abholzung von tropischem Regenwald nie das Ergebnis einer einzelnen Ursache, sondern des Zusammenspiels vieler Faktoren. Untersuchungen der Landnutzungsänderungen in Costa Rica von 1966 bis 2006 bestätigen diese Ergebnisse [11]. Danach beeinflussen mindestens vierzehn Faktoren die Landnutzung in Costa Rica.

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. Während die jährliche Abholzung um fast 80 % gegenüber 2004 zurückgegangen ist, sind die Sojaproduktion und die Viehzucht weiter gestiegen (Bild 5). Damit lässt sich ein vereinfachter Zusammenhang zwischen Agrarproduktnachfrage und Waldrodung in Brasilien nicht nachweisen. Denn neben Landausdehnung kann das System auf einen erhöhten Bedarf an Agrarprodukten bzw. Biomasse auch mit Erhöhung der Produktivität reagieren. Und wenn dies nicht ausreichen sollte, kann das System, wenn die Abholzung von Waldflächen gesetzlich reglementiert ist (Brasilien), durch Ausweitung in andere Bereiche reagieren. Hierzu kann die Wiedernutzung von aufgegebenen Landflächen gehören.

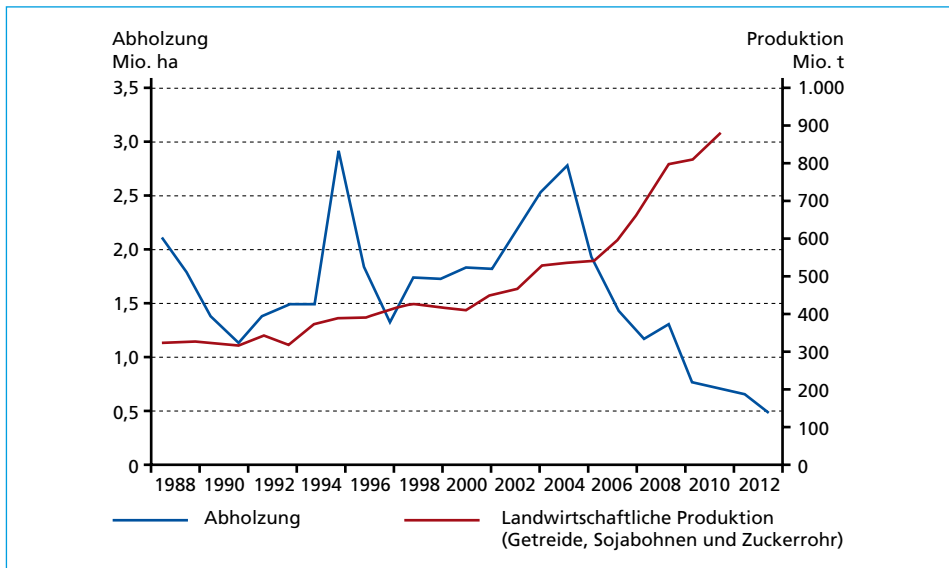


Bild 5: Abholzung, Viehhaltung und Sojabohnenproduktion in Brasilien

Quellen:

Union of Concerned Scientists: Brazil´s Success in Reducing Deforestation. http://www.ucsusa.org/assets/documents/global_warming/Brazil-s-Success-in-Reducing-Deforestation.pdf, 2011

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais): Projeto Prodes Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite [WWW]. Verfügbar unter: <http://www.obt.inpe.br/prodes> [Stand 25.02.12], 2013

FAOSTAT: Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations [WWW]. Available from: <http://www.fao.org> [Stand 25.04.13], 2013

Die größten Produktivitätspotenziale von Brasilien liegen in der Viehhaltung. Während die landwirtschaftlichen Erträge pro Hektar sich in den letzten 50 Jahren verdreifacht und ein sehr hohes Niveau erreicht haben, ist die Weidelandnutzung in Brasilien mit etwa einem Rind pro Hektar sehr extensiv und führt aufgrund von schlechtem Weidelandmanagement oft zu einer Degradation der Böden [5, 31, 15]. Gleichzeitig ist das Weideland mit etwa 210 Mio. ha dreimal so groß wie die Ackerfläche mit 70 Mio. ha [8, 5]. Nach Nepstad et al. [2008] kann mit verschiedenen Intensivierungsmaßnahmen (ertragsreiche Gräser, integrierte Crop-Livestock-Systeme etc.) die Viehdichte auf sechs Rinder/ha erhöht werden. Da neben der Viehdichte auch die Gewichtszunahme mit den Maßnahmen steigt, kann die Produktivität von derzeit etwa 50 kg cwe (Carcass Weight Equivalent) sogar um das 20-fache auf bis zu 1.000 kg/ha wachsen [18, 20]. Die Weltbank zeigt in einer Studie, wie vor allem diese Weideintensivierungsmaßnahmen die zukünftige Abholzung stark reduzieren können [33]. Dafür werden die Landnutzungsänderungen von zwei Szenarien bis 2030 verglichen. Im BAU-Szenario (Business As Usual) werden durch den steigenden Agrarflächenbedarf 16,6 Mio. ha Wald bis 2030 gerodet, im Low-Carbon-Szenario sinkt die Abholzungsfäche auf 5,3 Mio. ha. Nach der Weltbankstudie sind viele der für das Low-Carbon-Szenario notwendigen Maßnahmen technisch machbar und werden lokal bereits heute erfolgreich angewendet. So ist z.B. die Viehdichte im Bundestaat Sao Paulo, dem Hauptanbaugebiet von Zuckerrohr, mit 1,6 Rinder/ha deutlich höher als der brasilianische Durchschnitt mit einem Rind/ha [31]. Insgesamt wird aber in Brasilien nach einer Untersuchung des Amazon Environmental Research Institute (IPAM) die Verbreitung von Low-Carbon-Maßnahmen durch Hindernisse, wie z.B. nicht ausreichende finanzielle und technische Hilfe für vor allem kleine und mittelgroße Landwirte, stark begrenzt [28].

Dieses Beispiel macht deutlich, dass es für iLUC regelmäßig sehr unterschiedliche Zukunftsszenarien gibt, nicht nur für Brasilien. Die Szenarien und damit die Höhe des iLUC-Effekts hängen zentral von zukünftigen Regierungsentscheidungen ab.

3.3. Die Bewertung von indirekten Landnutzungsänderungen (iLUC) mit ökonometrischen Agrarmodellen am Beispiel von Biokraftstoffen

In den letzten Jahren wurden vorhandene ökonometrische Agrarmodelle für die Berechnung von iLUC-Effekten weiterentwickelt. Dazu gehören Berechnungsmodelle wie Global Trade Analysis Project (GTAP) der Purdue Universität (Indiana/USA), IMPACT des IFPRI (International Food Policy Research Institute, New York) oder CAPRI (Common Agricultural Policy Regionalised Impact) der Universität Bonn [16]. Die erste iLUC-Studie wurde 2008 von Searchinger et al. [2008] veröffentlicht, der die globalen indirekten Landnutzungseffekte der US-amerikanischen Ethanolproduktion berechnet hat. Aufgrund der iLUC-Theorie, dass die Effekte über den internationalen Handel weitergegeben werden, berechnen die ökonometrischen Modelle den iLUC-Effekt auf globaler Ebene, was die Aufgabenstellung nicht einfacher macht [14].

Welche Ergebnisse erhalten werden, hängt von den Modellen selbst ab und von den Randbedingungen für die Berechnungen. Daher ist es nicht überraschend, dass die Ergebnisse streuen.

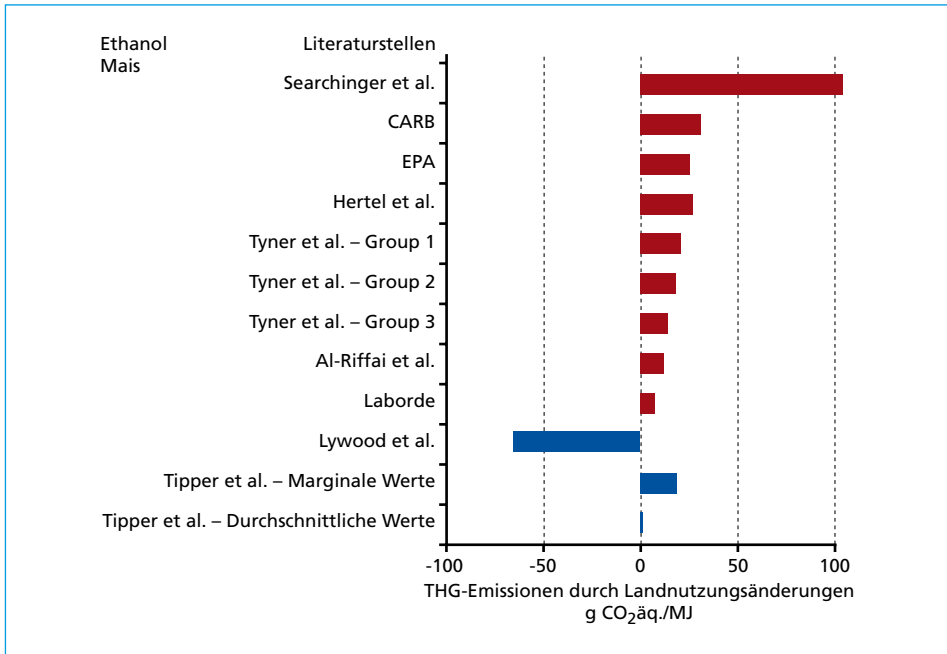


Bild 6: Übersicht über Treibhausgasemissionen aufgrund direkter und indirekter Landnutzungsänderungen von Biokraftstoffen der 1. Generation aufgrund von Literaturangaben (Allokationszeitraum: 30 Jahre). Rote Balken beziehen sich auf Markt-Gleichgewichts-Modelle, blaue Balken auf Allokationsmodelle

Quelle: Wicke, B.; Verweij, P.; Meijl, H.; v. Vuuren, D. P.; v. Faaij, A. P. C.: Indirect land use change: review of existing models and strategies for mitigation. *Biofuels* 3 (1), 87-100, 2012

Bild 6 ist einer Arbeit von Wicke et al. [2012] entnommen. Unterschiedliche Autoren haben mit eigenen Modellen die ursprünglichen Berechnungen von Searchinger et al. nachvollzogen und kommen zu vergleichbaren, aber auch sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Es besteht daher fachliche Unsicherheit über die Höhe des iLUC-Effektes. Erschwerend kommt hinzu, dass mittels der Modelle in der Regel Zukunftsprognosen gerechnet werden (für das Jahr 2020 beispielsweise). Die Prognose von zukünftigen Regenwaldabholzungen ist aber konfrontiert mit der Frage, wie die Regierungen der relevanten Länder derartige Landausdehnungen zukünftig regulieren werden. In allen relevanten Ländern gibt es Bestrebungen, diese Abholzungen zu unterbinden oder zumindest zu begrenzen. Gleichzeitig gibt es in diesen Ländern mehr oder weniger große Zweifel an der Ernsthaftigkeit und Nachhaltigkeit dieser Bemühungen. Und global gibt es seitens der UN im Rahmen der internationalen Klimaschutzverhandlungen unter dem Kürzel REDD+ Bestrebungen, den Schutz dieser Flächen nachhaltig zu sichern¹.

¹ Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation (REDD) is an effort to create a financial value for the carbon stored in forests, offering incentives for developing countries to reduce emissions from forested lands and invest in low-carbon paths to sustainable development. REDD+ goes beyond deforestation and forest degradation, and includes the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks. <http://www.un-redd.org/aboutredd/tabid/582/default.aspx>

Es gibt also gegenwärtig unterschiedliche Zukunftsperspektiven, deren Eintreten gegenwärtig nicht sicher prognostiziert werden kann.

4. Das Flächenpotenzial für die Biomassenutzung

Eine wesentliche Voraussetzung der Bewertung von direkten und indirekten Landnutzungsänderung der Biomassenutzung ist die Untersuchung der weltweiten Flächenpotenziale. Wenn es zusätzliche Flächen gäbe, könnten direkte und indirekte Landnutzungsänderungen durch Bioenergie zwar immer noch stattfinden, aber durch effektive Flächennutzungsinstrumente vermieden werden.

Die Studien zu globalen Bioenergiepotenzialen weisen sehr unterschiedliche Ergebnisse auf. Die Literaturobwertung im Rahmen des IPCC-Berichtes zu Erneuerbaren Energien hat eine Bandbreite von 50 bis 1.000 EJ/a ergeben [10]. Die starke Streuung der Ergebnisse ist vor allem auf unterschiedliche Annahmen hinsichtlich zukünftigen Nahrungs- und Futtermittelbedarfes, Flächenproduktivitätsentwicklung, Brachflächen, Flächenbedarf für Biodiversität und Naturschutz und degradierten Flächen zurückzuführen [23]. Eine Studie im Auftrag von WWF et al. verweist in ihrem weltweiten Energieszenario-Bericht außerdem auf die Flächenpotenziale, die durch die Verringerung des Flächenbedarfes für die Viehhaltung nutzbar gemacht werden könnten [34]. Derzeit werden nach FAO-Angaben etwa 3,4 Milliarden Hektar als permanentes Weideland genutzt. Die Flächenintensität dieser Flächen ist oft sehr gering, wie bereits das Beispiel Brasilien in Abschnitt 3.2. verdeutlicht hat. Durch die Intensivierung von Weideflächen kommt die WWF-Studie auf ein Potenzial von über 600 Millionen Hektar für Energiepflanzen.

In Russland, der Ukraine und weiteren Ländern Osteuropas wurde nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion Ackerland aufgegeben. Verlässliche Angaben dieser ungenutzten Flächen sind schwierig, aber es wird mit einem Flächenpotenzial von mindestens 50 Millionen Hektar gerechnet [3, 6, 24, 26, 25]. Und der Ertrag auch der genutzten Flächen liegt nur bei einem Drittel des mitteleuropäischen Ertrags.

Die Beispiele ließen sich fortsetzen. Man erkennt, dass es durchaus Optionen gäbe, einen höheren Biomassebedarf decken zu können.

5. Biomasse aus der Abfallwirtschaft

Eine weitere Option wäre es, vermehrt Biomasse aus dem Abfallsektor einzusetzen. Diese Biomasse ist per Definition 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 Biomassenutzung 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.

Im Rahmen einer Kaskadennutzung wird Biomasse zunächst stofflich genutzt. Im Fall der Abfallbiomasse könnte dies in Form von biotechnologischen Verfahren zur Herstellung von Basischemikalien sein. Aus diesen werden dann Kunststoffe oder andere Produkte erzeugt. Diese werden nach ihrer Nutzungsphase recycelt und nach einigen stofflichen Kreisläufen energetisch verwertet (*Kaskadennutzung*). 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 Klimaschutzzszenarien erbringen. Je nach Klimaschutzzszenario und den hierfür erforderlichen Randbedingungen dürfte der Beitrag der Abfallwirtschaft unterhalb von zehn, ggf. sogar unterhalb von fünf Prozent liegen [29, siehe auch 12].

6. Regulierungsvorschläge auf EU-Ebene

Im Rahmen der letzten Novelle der EU-Kraftstoffrichtlinie und der Erneuerbaren Energien-Richtlinie in 2008 wurde ein Auftrag an die EU-Kommission formuliert, Vorschläge zu entwickeln, wie man zukünftig den iLUC-Effekt in die Berechnung der Treibhausgas-Emissionseinsparungen von Biokraftstoffen und flüssigen Biobrennstoffen integrieren kann. Hierzu hat die Kommission in den Folgejahren eine ganze Reihe von Studien und Modellberechnungen durchführen lassen. Es sollte ermittelt werden, welche Höhe der iLUC-Effekt im Jahr 2020 haben dürfte, wenn das 10 % Ziel des Anteils an Biokraftstoffen an der gesamten Kraftstoffversorgung in der EU erreicht ist. Die Ergebnisse fielen uneinheitlich aus. Daher haben sich die federführenden DGs darauf konzentriert, die Untersuchungen mit dem besten aller Modelle durchführen zu lassen (best science approach) [13]. Bild 7 zeigt das Ergebnis dieser Berechnung. Danach liegt das Gesamtergebnis von direkten Emissionen und iLUC-Emissionen für Biokraftstoffe auf Pflanzenölbasis (Biodiesel) im gleichen Bereich oder sogar oberhalb der Emissionen von fossilen Kraftstoffen.

Allerdings konnte sich die Kommission als Ganzes nicht darauf verständigen, diese Faktoren verbindlich in die Berechnung der LCA für Biokraftstoffe in Europa einzuführen. Faktisch hätte diese Entscheidung bedeutet, dass Biodiesel aus Pflanzenöl nicht mehr anerkannt wäre, da seine LCA die geforderten 35 % Treibhausgaseinsparung nicht mehr erbracht hätte. Hiernach wäre Biodiesel unter Klimaschutzgesichtspunkten zum Teil sogar schlechter ausgefallen als fossiler Diesel. Und politisch wurde sicherlich gefürchtet, diese Entscheidung in einem etwaigen Rechtsstreit vor dem EUGH rechtfertigen zu müssen (best science approach).

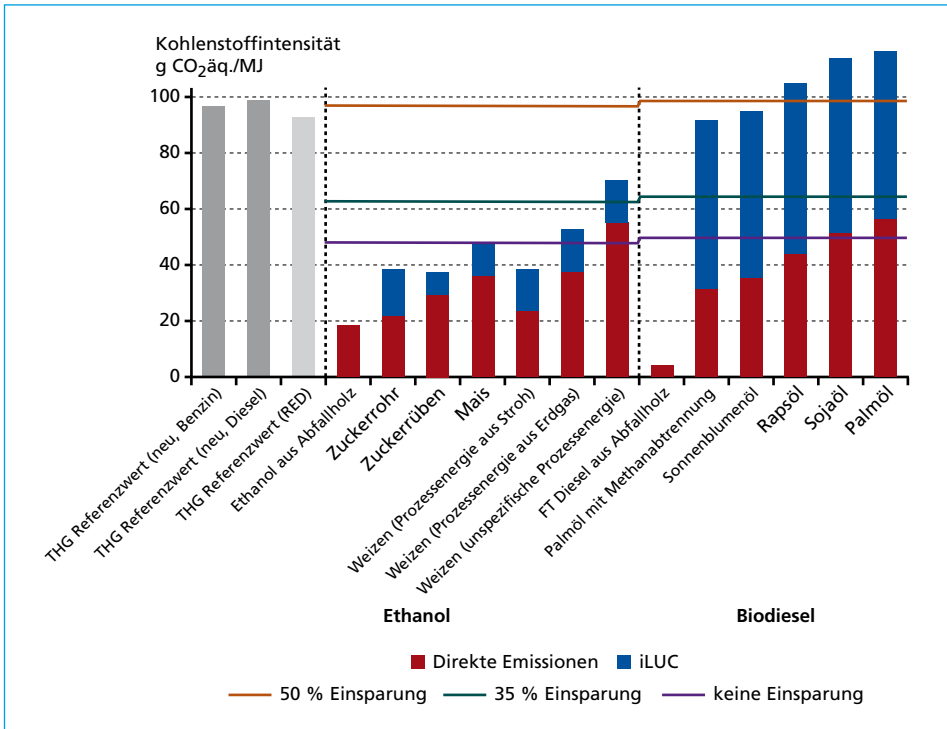


Bild 7: Berechnung des iLUC-Effektes (blauer Balken) durch das MIRAGE-Modell

Quelle: Laborde, D. (IFPRI): Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies. Final Report, October 2011. http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2011/october/tradoc_148289.pdf, 2011

Die Kommission hat daher im Rahmen der Kompromissbildung entschieden, dass diese iLUC-Faktoren nur unverbindlich im Rahmen der jährlichen Berichterstattung der Mitgliedstaaten über die Quotenerfüllung eingeführt werden. Politisch sind hierdurch die Faktoren weiter im Spiel und stehen gegenwärtig (Mai 2013) auf der Abstimmungsliste des Europaparlaments.

Alternativ wird gerade von der deutschen Biokraftstoffbranche und auch von den europäischen Agrarverbänden die Frage gestellt, warum die heimische Produktion mit einem globalen iLUC-Faktor beschwert werden soll, da doch Waldabholzung in Deutschland verboten ist. Da rund 75 % des globalen iLUC-Effekts auf ganz wenige Länder (Brasilien, Indonesien, Malaysia) zurückzuführen sind, wird gefordert, Anstrengungen zu unternehmen, die Verhältnisse in diesen Ländern zu verbessern und nicht die europäische Agrarwirtschaft in Mithaftung zu nehmen. Fachlich muss darauf hingewiesen werden, dass sich diese Mithaftung aus der iLUC-Theorie und dem zusätzlichen Bedarf, dem 10 %-Ziel, ergibt. Aber es wäre alternativ durchaus möglich, Biokraftstoffe aus diesen Ländern aufgrund der hohen Effekte insgesamt als *nicht nachhaltig produziert* einzustufen und für die Quote nicht mehr anzuerkennen. Dadurch würde der iLUC-Effekt deutlich reduziert und ein starkes Signal gesetzt.

7. 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 ist in diesen Szenarien die Nutzung von Erneuerbaren Energien der wesentliche Hebel für mehr Klimaschutz. Und unter den Erneuerbaren Energien ist wiederum die Nutzung von Biomasse der wichtigste Grundpfeiler, um Treibhausgasemissionseinsparungen 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 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 neuen Treibhausgasemissionen führt, die die Treibhausgasemissionseinsparungen 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 über diese Modelle und ihrer Anwendung etabliert. 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?

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.

Es wäre daher notwendig, die Modelle weiter zu entwickeln, um zu ermitteln, wie die Instrumente von Good oder 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. Hierdurch würde für die Politikberatung ein Instrument entwickelt zu prognostizieren, mit welchen Instrumenten der iLUC-Effekt reduziert werden kann, um die Nachhaltigkeit der Biomassebereitstellung sicher zu stellen.

Auf europäischer Ebene ist gegenwärtig eine Rechtsetzung im Verfahren, die versuchen will, den iLUC-Effekt zu adressieren. Denn es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Pflicht zum Einbezug von Emissionen aus Kohlenstoffbestandsänderungen infolge geänderter Landnutzung in die Berechnung der Treibhausgasemissionen von Biokraftstoffen und flüssigen Biobrennstoffen dadurch umgangen wird, dass die dafür verwendeten Rohstoffe auf zuvor zur Gewinnung von Rohstoffen für andere Zwecke (wie die Nahrungsmittelerzeugung) genutzten Flächen produziert und letztere auf neuen Flächen mit hohen Kohlenstoffbeständen erzeugt werden.

Die Bekämpfung des iLUC-Effektes durch Einführung globaler iLUC-Faktoren erscheint nicht zielführend. Ein besseres Ergebnis könnte durch eine regional ausgerichtete iLUC-Regulierung erreicht werden. Regional (Staat oder Teilstaat) können in der Vergangenheit stattgefunden Landnutzungsänderungen (Land Use Change = LUC) mit vergleichsweise hoher Präzision vollständig und rechtssicher erfasst werden. LUC kann zu erhöhten Treibhausgasemissionen führen, die ebenfalls präzise und rechtssicher berechnet werden können. Diese Emissionen können wiederum über eine festgelegte Methodik den regional erzeugten Biokraftstoffarten anteilig zugeordnet werden. Derartige Berechnungen zeigen, dass Biokraftstoffe aus Indonesien, Malaysia oder Brasilien sehr hohe LUC-Emissionen aufweisen, die z.T. die Emissionen von fossilen Kraftstoffen deutlich übersteigen. Daher sind Biokraftstoffe aus diesen Ländern als nicht nachhaltig erzeugt anzusehen. Sie sollten daher zukünftig für die Quotenerfüllung nicht mehr anerkannt werden. Ein Ausschluss von Biokraftstoffen aus Regionen mit hohen LUC-Emissionen (oberhalb eines definierten Grenzwertes) ist auf Grund der hohen Bedeutung der Vermeidung von Treibhausgasemissionen aus der Freisetzung großer Kohlenstoffbestände durch Landnutzungsänderungen, insbesondere kohlenstoffreicher Naturwälder oder Torfflächen, gerechtfertigt und gemäß den Artikeln 2.1 und 2.2 des WTO Agreement on Technical Barriers to Trade (TBT- Agreement) zulässig.

8. Quellenverzeichnis

- [1] AGORA Energiewende: 12 Thesen zur Energiewende. Ein Diskussionsbeitrag zu den wichtigsten Herausforderungen im Strommarkt. http://www.agora-energiewende.de/fileadmin/downloads/Agora_Impulse_12_Thesen_zur_Energiewende_Kurzfassung_web.pdf, 2012
- [2] Bauen, A. et al.: A causal descriptive approach to modeling the GHG emissions associated with the indirect land use impacts of biofuels. Final report. A study for the UK Department for Transport, 2010
- [3] Baumann, M.; Kuemmerle, T.; Elbakidze, M. et al.: Patterns and drivers of post-socialist farmland abandonment in Western Ukraine, *Land Use Policy* 28, 552-562, 2011
- [4] Dale, B. E.: 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://apps.edf.org/documents/8135_Microsoft%20PowerPoint%20-%20Session%206%20Dale%20-%20LCA%20and%20Indirect%20Land%20Use_EDF%20Workshop%20July%2008.pdf, 2011
- [5] FAOSTAT: Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations [WWW]. Available from: <http://www.faostat.fao.org/> [Stand 25.04.13], 2013
- [6] Fischer, G.; Prieler, S.; Velthuisen van, H. et al.: Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures, Part II: Land use scenarios. *Biomass and Bioenergy* 34, 173-187, 2009
- [7] Geist, H. J.; Lambin, E. F.: Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* Vol. 52, #2, p. 143-150, 2002
- [8] Harfuch, L.: Modeling Land Use and Land Use Change in Brazil. Brazilian Institute for International Trade Negotiations, 2009
- [9] INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais): Projeto Prodes Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite [WWW]. Verfügbar unter: <http://www.obt.inpe.br/prodes> [Stand 25.02.12], 2013
- [10] IPCC: Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. 2011. http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_SPM.pdf, 2011
- [11] Joyce, A. T.: Land Use Change in Costa Rica 1966 – 2006 as influenced by social, economic, political and environmental factors. <http://www.luluc.com>, 2006
- [12] Kern, M.; Raussen, T.: Potenzieller Beitrag der Bioabfallverwertung zur Energieversorgung. In: Bio- und Sekundärrohstoffverwertung V. Stofflich – Energetisch, 461-475, http://www.abfallforum.de/downloads/ks_22_kern_raussen.pdf, 2010
- [13] Laborde, D. (IFPRI): Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies. Final Report, October 2011. http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2011/october/tradoc_148289.pdf, 2011
- [14] Lahl, U.: iLUC und Biokraftstoffe in der Analyse. Regionale Quantifizierung klimaschädlicher Landnutzungsänderungen und Optionen zu deren Bekämpfung. http://www.bdbe.de/files/6213/2196/7508/iLUC_Studie_Lahl.pdf, 2010
- [15] Landers, J. N.: Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: The Brazilian experience. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *Integrated Crop Management* Vol. 5-2007. Rome, 2007. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1083e/a1083e.pdf> [Stand: 04.09.2012], 2007
- [16] LCFS-Workgroup: 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>, 2010
- [17] Liska, A.; Perrin, R.: Indirect land use emissions in the life cycle of biofuels: regulations vs science. In: *Biofuels, Bioproduction, Biorefinery*. DOI: 10.1002/bbb.153, 2009

- [18] Martha, G. B. et al.: Land-Use and Livestock. Embrapa. Global Multi-Stakeholder Meeting on Responsible Livestock, Brasilia, Juni 17-20 2011. http://www.livestockdialogue.org/fileadmin/templates/res_livestock/docs/2011_BrasiliB/18_05_GERALDO-MARTHA.pdf [Stand: 16.09.2012], 2011
- [19] Nassar, A. M. et al.: European Commission Public Consultation on Indirect Land Use Change. Responses to the Consultation Document. http://www.iconebrasil.org.br/imagens/banco/arquivos/ICONE_EC%20iLUC%20Consultation_Comments_final.pdf [Stand: 24.09.2012], 2010
- [20] Neppach, S.: Bioenergiepotenziale durch die Intensivierung von Weideland in den Tropen am Beispiel Brasiliens. Bachelorarbeit, eingereicht am 9. Oktober 2012, Fachgebiet Abfalltechnik, Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie, Technische Universität Darmstadt, 2012
- [21] Nepstad, D. et al.: *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, 2008
- [22] Öko-Institut, Prognos: Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050. Vom Ziel her denken. http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/pdf_neu/WWF_Modell_Deutschland_Endbericht.pdf, 2009
- [23] Pieprzyk, B.: für die Agentur für Erneuerbare Energien, Berlin: Globale Bioenergienutzung – Potenziale und Nutzungspfade. Analyse des WBGU-Gutachtens *Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung*. http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/AEE_Globale_Bioenergienutzung_Kurzstudie_jun09_01.pdf, 2009
- [24] Rulli, M.; Savioli, A.; D'odrico, P.: Global Land and Water Grabbing.; Proceedings of the National Academy of sciences of the United States of America- <http://www.pnas.org/content/110/3/892>, 2012
- [25] Schierhorn, F.; Müller, D.: Russlands Beitrag zur Welternährung. Forschungsreport 2/2011, Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO), 2011
- [26] Schierhorn, F.; Hahlbrock, K.; Müller, D.: Agrarpotenziale des europäischen Russlands. Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO), 2011
- [27] Searchinger, T.; Heimlich, R.; Houghton, R. A.; Dong, F.; Elobeid, A.; Fabiosa, J. et al.: Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. Science 319:1238-1240, 2008
- [28] Stabile, M. C. C.; Azevedo, A.; Nepstad, D.: Brazil's Low-Carbon Agriculture Program: Barriers to Implementation. Amazon Environmental Research Institute (IPAM), Brasilia, June 2012
- [29] Umweltbundesamt (Hrsg.): Energieziel 2050: 100 % Strom aus erneuerbaren Quellen. <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fpdf-l/3997.pdf>, 2010
- [30] Union of Concerned Scientists: Brazil's Success in Reducing Deforestation. http://www.ucsusa.org/assets/documents/global_warming/Brazil-s-Success-in-Reducing-Deforestation.pdf, 2011
- [31] Walter, A.; Dolzan, P.; Quilodrán, O.; Garcia, J.; Da Silva, C.; Piacente, F.; Segerstedt, A.: A Sustainability Analysis of the Brazilian Ethanol. Campinas, Brasilien, 2008
- [32] Wicke, B.; Verweij, P.; Meijl, H.; v. Vuuren, D. P.; v. Faaij, A. P. C.: Indirect land use change: review of existing models and strategies for mitigation. Biofuels 3 (1), 87-100, 2012
- [33] World Bank Group: Brazil Low-carbon Country Case Study. The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, Washington, 2010
- [34] WWF, ECOFYS, OMA: The Energy Report. 100% Renewable Energy by 2050. ISBN 978-2-940443-26-0 http://assets.panda.org/downloads/the_energy_report_lowres_111110.pdf energy_report_lowres_111110.pdf, 2011

