Bioökonomie für den Klima- und Ressourcenschutz – Regulative Handlungskorridore

Studie im Auftrag des NABU (Naturschutzbund Deutschland e. V.)

vorgelegt von

Prof. (apl.) Dr. habil. Uwe Lahl

März 2014

Auftraggeber:	**NABU-Bundesverband Bundesgeschäftsstelle**	Charitéstraße 3 10117 Berlin
Auftragnehmer:	**BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH**	Lindenstraße 33 28876 Oyten
Bearbeiter:	**Prof. (apl.) Dr. habil. Uwe Lahl**	

Übersicht

1 Hintergrund 6
2 Wissenschaftlicher Erkenntnisstand 7
2.1 Biodiversität 7
2.2 Klimaschutz 8
2.2.1 Die Aufgabe von Klimaschutzszenarien 8
2.2.2 Die Reduzierung von Treibhausgasemissionen durch Biomassenutzung 15
2.2.3 THG-Emissionen aufgrund von Landnutzungsänderungen 17
2.2.4 Exkurs: Modelle und Methoden zur Quantifizierung von iLUC-Effekten 22
2.3 Stoffliche Nutzung von Biomasse in Verwertungskaskaden 25
2.4 Das Flächenpotenzial für die Biomassenutzung 26
2.5 Fazit Problemanalyse Bioökonomie 28
3 Zielkonflikte – Auswertung wichtiger Programmpapiere und Studien zur Bioökonomie 28
3.1 Europäische Kommission (2012) 29
3.2 Deutsche Bundesregierung (2009 – 2013) 30
3.2.1 Nationaler Biomasseaktionsplan (2009) 30
3.2.2 „Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ (2010) 30
3.2.3 Politikstrategie Bioökonomie (2013) 31
3.2.4 Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS) (2013) 32
3.2.5 Zwischenfazit Bundesregierung 32
3.3 Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2007/2011) 33
3.4 Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2009/11) 34
3.5 Rat für Nachhaltige Entwicklung (RNE) (2011) 36
3.6 Die Ethik‐Kommission - Sichere Energieversorgung (2011) 37
3.7 Die Shell-Studie (2012) 38
3.8 Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2012/13) 39
3.9 BioÖkonomieRat (BÖR) (2012/13) 40
3.10 Umweltbundesamt (2013) 42
3.11 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2011) 42
3.12 International Resource Panel (2014) 43
3.13 Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) 46
3.13.1 Zukünftiger Flächenbedarf des Agrarsektors (2014) 46
3.13.2 Auswirkungen einer steigenden Nachfrage nach Bioenergie auf die Weltagrarmärkte (2014) 47
3.13.3 Einfluss des Klimawandels auf zukünftige landwirtschaftliche Erträge (2014) 48
4 Fazit: Zielkonflikte – Auswertung wichtiger Programmpapiere und Studien zur Bioökonomie 50
5 Handlungsziele und Instrumente 50
5.1 Keine Festlegung auf einzelne technische Optionen 51
5.2 Keine Festlegung auf einen Flächengrenzwert 52
5.3 Festlegen auf Entwicklungsziele 54
5.3.1 Hunger bekämpfen 54
5.3.2 Klima- und Ressourcenschutzschutz forcieren 57
5.3.3 Biodiversität – Nagoya bleibt das Ziel 59
5.4 Eine Skizze regulatorischer Handlungsmöglichkeiten 61
6 Quellenverzeichnis 64

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Unterschiedliche Klimaschutz-Szenarien nach IPCC [] 9
Abbildung 2: Mögliche Szenarien einer Lastenverteilung der CO_2-Einsparungen pro Kopf der Bevölkerung zwischen Entwicklungs-, Schwellen und Industrieländern [] 10
Abbildung 3: Leitszenario 2010: Anteil der einzelnen erneuerbaren Energien im Basisszenario A an der Endenergieproduktion bis 2050 [] 11
Abbildung 4: Anteil der Energiequellen für die globale Versorgung mit Primärenergie in 2008 (492 EJ) [] 12
Abbildung 5: Weltweit für Bioenergie eingesetzte Biomassetypen [12]....13
Abbildung 6: Prognose der globale Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien nach Einzel-Quellen für 2050 [12] 13
Abbildung 7: Szenarien für die Weltenergieversorgung mit Erneuerbaren Energien [] 14
Abbildung 8: Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen durch Biomassenutzung im Vergleich mit fossiler Energie [12]....15
Abbildung 9: Schematische Darstellung von direkten und indirekten Effekten [] 18
Abbildung 10: Globalen Flächennutzung für Nahrung und nachwachsende Rohstoffe 2008 [] 19
Abbildung 11: Systemgrenzen zwischen direkten und indirekten Effekten von fossilen Kraftstoffen und Biokraftstoffen [] 20
Abbildung 12: Mögliche indirekte Effekte durch die Zunahme der Rapsölnachfrage für die Biodieselproduktion [] 20
Abbildung 13: CO_2-Emissionen von Landnutzungsänderungen in verschieden tropischen Regionen [] 21
Abbildung 14: Abholzung, Viehhaltung und Sojabohnenproduktion in Brasilien [] 22
Abbildung 15: iLUC-Faktoren für Biokraftstoffe nach verschiedenen Studien (g CO_{2eq}/MJ) 23
Abbildung 16: Schematische Darstellung der Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffen [] 26
Abbildung 17: Potenzial für Biomasse zum Klimaschutz [12, ergänzt]....43
Abbildung 18: Globale Prozesse, bei denen ein Überschreiten der planetarischen Grenzen die Stabilität des Systems Erde in Gefahr ist; Status 2009 []....44
Abbildung 21: Veränderung der Weltmarktpreise aufgrund des Klimawandels im Jahr 2050 (S3-6) bzw. aufgrund des Anstieg des Bioenergiebedarfs (S8) berechnet mit 5 Modellen [67]....48
Abbildung 22: Zukunftsvision zum individuellen Flugverkehr um 1900 [] 52

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Heutige Einsatzbereiche von Erneuerbarer Energie in unterschiedlichen Sektoren, hier primärer Umwandlungsschritt [] 8
Tabelle 2: Published estimates of iLUC emissions induced by expansion of corn ethanol in the US and EU [26] 24
Tabelle 3: Erneuerbare Energien: Theoretische, technische und ökonomische Potenziale. [] Die Abschätzungen der nachhaltigen Potenziale stammen vom WBGU. Zum Vergleich: Der globale Primärenergieverbrauch lag 2008 bei 492 EJ. Quellen: WBGU, 2003, 2009a; IEA, 2010a; GEA, 2011 35

Bioökonomie für den Klima- und Ressourcenschutz – Regulative Handlungskorridore

1 Hintergrund

Das International Panel on Climate Change (IPCC) der UN hat den nachhaltigen Handlungskorridor für Bioökonomie in seinem 2012 erschienenen „Special Report Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation“ (SRREN) [12] umrissen:
„In order to achieve the high potential deployment levels of biomass for energy, increases in competing food and fibre demand must be moderate, land must be properly managed and agricultural and forestry yields must increase substantially. Expansion of bioenergy in the absence of monitoring and good governance of land use carries the risk of significant conflicts with respect to food supplies, water resources and biodiversity, as well as a risk of low GHG benefits. Conversely, implementation that follows effective sustainability frameworks could mitigate such conflicts and allow realization of positive outcomes, for example, in rural development, land amelioration and climate change mitigation, including opportunities to combine adaptation measures.“

Bioenergie liefert in Deutschland knapp 90% der für die Wärmeversorgung und gut 30% der für die Stromerzeugung eingesetzten erneuerbaren Energieträger [1]. Im Mobilitätssektor ist Biomasse aktuell die einzig mengenmäßig relevante erneuerbare Energie. 2012 lieferte Biomasse mit fast 65,5 % den mit Abstand größten Anteil an den erneuerbaren Energien in Deutschland. Damit ist Bioenergie heute ein wichtiger Baustein der Energiewende. Die Biomasse macht derzeit auch weltweit den größten Anteil der Erneuerbaren Energien aus.

Diese heutige Allokation der Biomasse wird von NGO-Seite als zu einseitig ausgerichtet kritisiert. Dabei ist noch einzubeziehen, dass der Bedarf an Biomasse eher steigen wird. Daher werden die Umwelt- und Klimaauswirkungen, die mit dem Ausbau der Biomassenutzung einhergehen können, aktuell sehr kritisch diskutiert.

Die vorliegende Studie im Auftrag des Naturschutzbund Deutschland (NABU) soll und kann keine umfassende Analyse der Bioökonomie in ihrer aktuellen Diskussion in Deutschland darstellen. Vielmehr soll auf der Basis der bekannten Problemanalyse und der bekannten Zielkonflikte ermittelt werden, wie sich die wichtigen Akteure insbesondere der nationalen Diskussion positioniert haben. Weiter soll für den Verband ein „Aufschlag“ für die Positionsbestimmung im Spannungsfeld zwischen Biodiversität, Klimaschutz und Nahrungsmittelversorgung erarbeitet werden.

Ausgeklammert werden hierbei die Themen Suffizienz und Effizienz. Dies bedeutet nicht, dass diese Themen vom Auftraggeber oder vom Auftragnehmer als minder bedeutsam angesehen werden. Ganz im Gegenteil liefern Politiken, welche die Frage der Suffizienz unseres Wirtschaftens und Konsumierens adressieren, einen ganz entscheidenden Beitrag, um die Zielkonflikte zu mindern. Das gleiche gilt für den effizienten Umgang mit den vorhandenen knappen Ressourcen, zu denen auch Biomasse gehört. Die Suffizienz und Effizienz wurde ausgeklammert, um die Studie nicht zu überfrachten. Aufgabe war es zu untersuchen, wie sich nach Ausschöpfung aller realistischen Potenziale von Suffizienz und Effizienz für die verbleibenden Bedarfe an Biomasse die Zielkonflikte minimieren lassen bzw. welche Prioritäten zu treffen sind.

2 Wissenschaftlicher Erkenntnisstand

In diesem Kapitel wird der wissenschaftliche Erkenntnisstand zu den Zielkonflikten der Bioökonomie zusammengestellt. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf dem den Zielkonflikten zugrunde liegenden konkurrierenden Landnutzungsinteressen.

2.1 Biodiversität

Die Biodiversität (Vielfalt Ökosysteme, genetische Vielfalt, Vielfalt der Arten) wird durch Flächenausdehnung der Landwirtschaft geschmälert [33]. Aber auch auf den vorhandenen Agrarflächen nimmt der Artenreichtum aufgrund der heutigen landwirtschaftlichen Praxis stetig ab [2, 3, 4]. Dazu Rockström und Kollegen [5]:

„Currently, the global extinction rate far exceeds the rate of speciation, and consequently, loss of species is the primary driver of changes in global biodiversity. The average extinction rate for marine organisms in the fossil record is 0.1 to 1 extinctions per million species-years (E/MSY), and extinction rates of mammals in the fossil record also fall within this range (Pimm et al. 1995, Mace et al. 2005). Accelerated species loss is increasingly likely to compromise the biotic capacity of ecosystems to sustain their current functioning under novel environmental and biotic circumstances (Walker et al. 1999).

Since the advent of the Anthropocene, humans have increased the rate of species extinction by 100–1000 times the background rates that were typical over Earth's history (Mace et al. 2005), resulting in a current global average extinction rate of ≥100 E/MSY. The average global extinction rate is projected to increase another 10-fold, to 100010 000 E/MSY during the current century (Mace et al. 2005). Currently about 25% of species in well-studied taxonomic groups are threatened with extinction (ranging from 12% for birds to 52% for cycads). Until recently, most extinctions (since 1500) occurred on oceanic islands. In the last 20 years, however, about half of the recorded extinctions have occurred on continents, primarily due to land-use change, species introductions, and increasingly climate change, indicating that biodiversity is now broadly at risk throughout the planet.

The lower and upper bounds of extinction rates in the fossil record (0.1–1.0 E/MSY with a median rate for mammals estimated at 0.3 E/MSY) provide the best long-term estimates of the background extinction rates that have historically conserved global biodiversity. A background extinction rate of 1 E/MSY across many taxa has been proposed as a benchmark against which to assess the impacts of human actions (Pimm et al. 2006). There is ample evidence that the current and projected extinction rates are unsustainable (MEA 2005b). Nonetheless, it remains very difficult to define a boundary level for the rate of biodiversity loss that, if transgressed for long periods of time, could result in undesired, non-linear Earth System change at regional to global scales. Our primary reason for including biological diversity as a planetary boundary is its role in providing ecological functions that support biophysical sub-systems of the Earth, and thus provide the underlying resilience of other planetary boundaries. However, our assessment is that science is, as yet, unable to provide a boundary measure that captures, at an aggregate level, the regulating role of biodiversity. Instead we suggest, as an interim indicator, using extinction rate as a substitute. In doing so, we conclude that humanity has already entered deep into a danger zone where undesired system change cannot be excluded, if the current greatly elevated extinction rate (compared with the natural background extinction) is sustained over long periods of time. We suggest an uncertainty range for this undesired change of 10–100 E/MSY, indicating that a safe planetary boundary (here placed at 10 E/MSY) is an extinction rate within an order of magnitude of the background rate. This relatively safe boundary of biodiversity loss is clearly being exceeded by at least one to two orders of magnitude, indicating an urgent need to radically

reduce biodiversity loss rates (Díaz et al. 2005). A major caveat in setting a safe extinction rate is the common observation that species are not equally important for ecosystem function. In particular, the loss of top predators and structurally important species, such as corals and kelp, results in disproportionately large impacts on ecosystem dynamics."

Der Schutz der wertvollen Naturschutzflächen ist essenziell, will man die globalen Klimaschutzziele erreichen. Hier entwickelt sich für den Biodiversitätsschutz eine hilfreiche zweite Begründungsebene, um politische Entscheidungen durchzusetzen. So sind 283 Gigatonnen (1 Gt = 1 Milliarde Tonnen) an Kohlenstoff in der Biomasse der Wälder gebunden. Rechnet man noch Totholz (38 Gt) und den Mutterboden (317 Gt) mit ein, so gelangt man zu 638 Gt, was mehr ist als der gesamte Kohlenstoffgehalt in der Atmosphäre [6, 7].

2.2 Klimaschutz

Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen Arten an Erneuerbaren Energien und ihre Einsatzgebiete. Man erkennt, dass Biomasse die vielseitigste Erneuerbare Energie darstellt, was ihren hohen Wert für den Klimaschutz unterstreicht.

Tabelle 1: Heutige Einsatzbereiche von Erneuerbarer Energie in unterschiedlichen Sektoren, hier primärer Umwandlungsschritt [8]

EE ↓ Nutzbar→	Wärme/Kälte	Strom	Kraft/Mobilität	Chemie
Sonnenlicht	+	+		
Windenergie		+	(+)[1]	
Biomasse	+	+	+	+
Wasserkraft		+	(+)[2]	
Geothermie	+	+		

2.2.1 Die Aufgabe von Klimaschutzszenarien

Das International Panel on Climate Change (IPCC) hat das Arbeiten mit Klimaschutzszenarien zur Politikberatung sehr weit entwickelt. 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 Abbildung 1 zeigt.

[1] Mobilität: z.B. Segelboote, SkySails (http://www.skysails.info), Kraft: z.B. Windmühlen.
[2] Kraft: z.B. Wassermühlen.

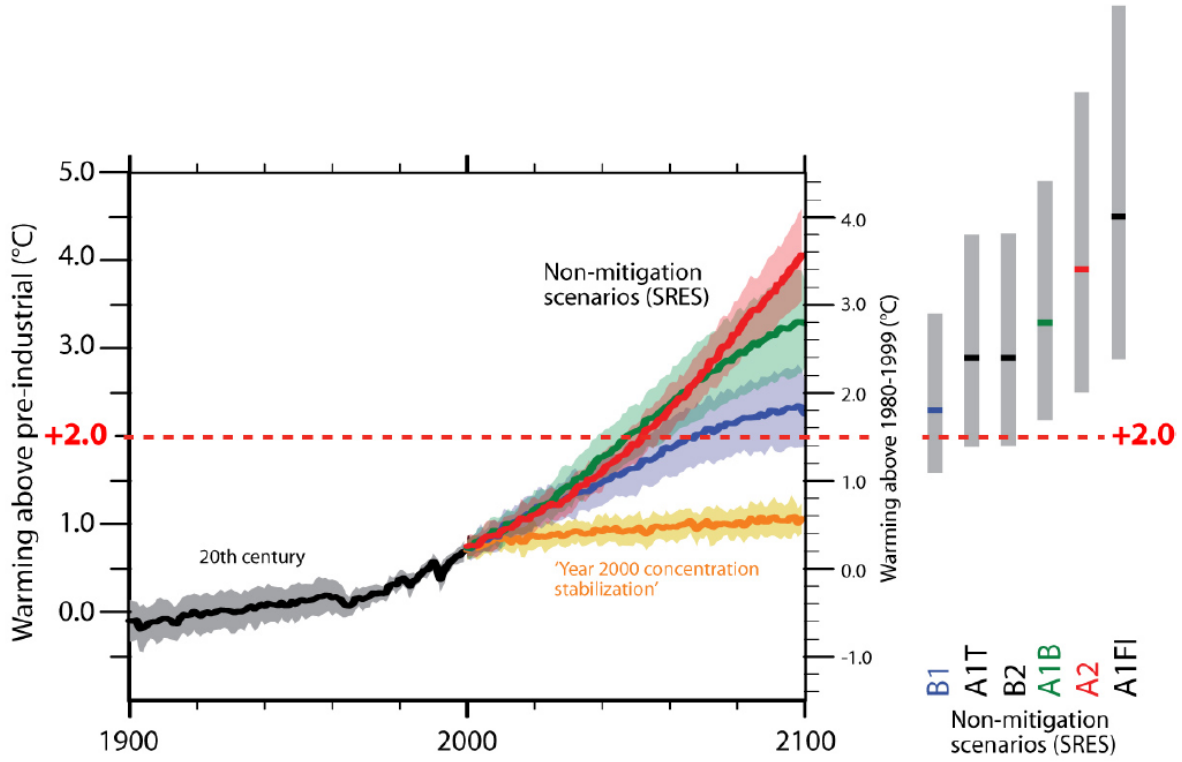


Abbildung 1: Unterschiedliche Klimaschutz-Szenarien nach IPCC [9]

Mit Hilfe dieser Szenarien können auch Emissionsprognosen berechnet 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 gibt Abbildung 2 wieder. Diese zeigt eine mögliche Lastenverteilung zwischen Entwicklungs-, Schwellen- und Industrieländern, um bis 2050 das sogenannte 2 Grad-Ziel zu erreichen. Man erkennt an diesen Berechnungen, dass für Entwicklungsländer ein Spielraum für höhere Emissionen gegeben ist und dies durch erhebliche Anstrengungen insbesondere der Industrieländer erreicht werden soll.

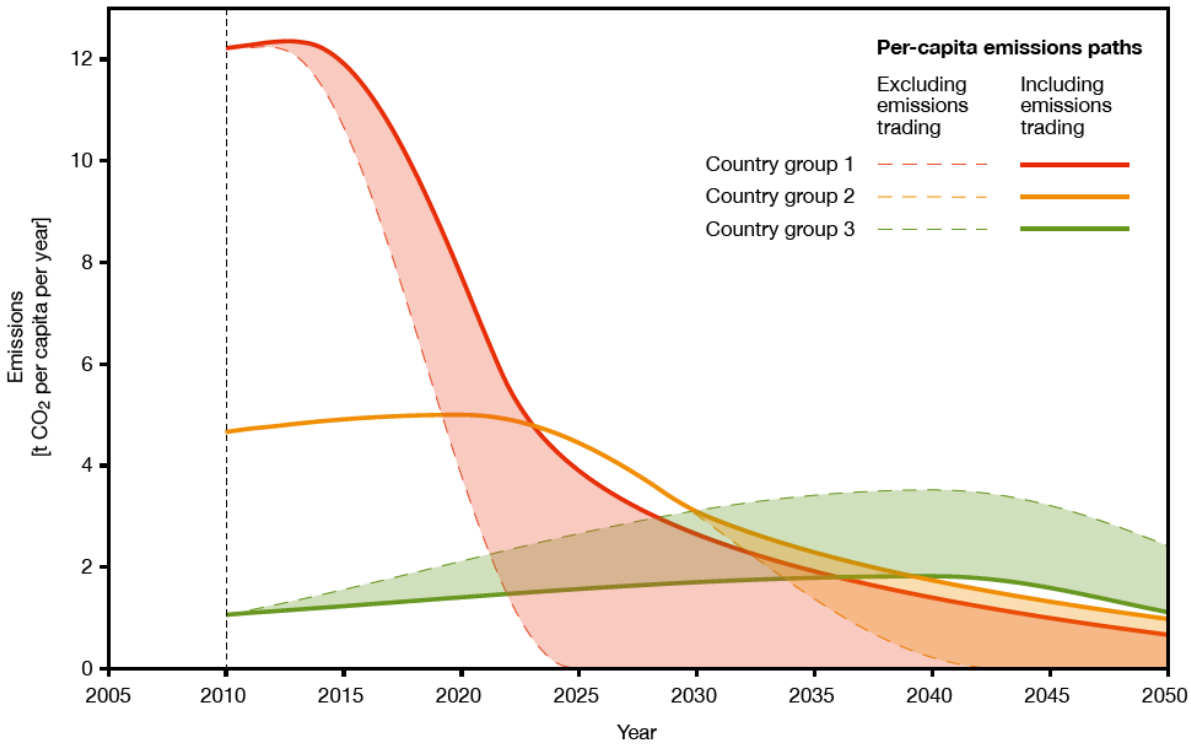


Abbildung 2: Mögliche Szenarien einer Lastenverteilung der CO_2-Einsparungen pro Kopf der Bevölkerung zwischen Entwicklungs-, Schwellen und Industrieländern[3] [10]

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 Erneuerbarer Energien erscheint dies möglich, und wenn es parallel gelingt, die immer noch zu hohe Zerstörungsrate von Wäldern, die heute mit 30 % die zweitgrößte globale Treibhausgasquelle darstellt, in den Griff zu bekommen.

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

In Deutschland wurden bislang hauptsächlich Szenarien zur Substitution der fossil-nuklearen Energieversorgung erstellt. Abbildung 3 zeigt das 2011 erstellte Leitszenario des Bundesumweltministeriums für Deutschland zum Einsatz von Erneuerbaren Energien bis 2050. Man erkennt, dass Biomasse für dieses Szenario eine große Bedeutung einnimmt.

[3] Figure 5.3-5: Examples of per-capita CO_2 emissions trajectories from fossil sources for three country groups under the WBGU budget approach. The *broken curves* show theoretical per-capita CO_2 emissions trajectories without emissions trading. These would allow compliance with the national budgets, but would be partly unrealistic in practice. The *unbroken curves* show emissions trajectories that could result from emissions trading.

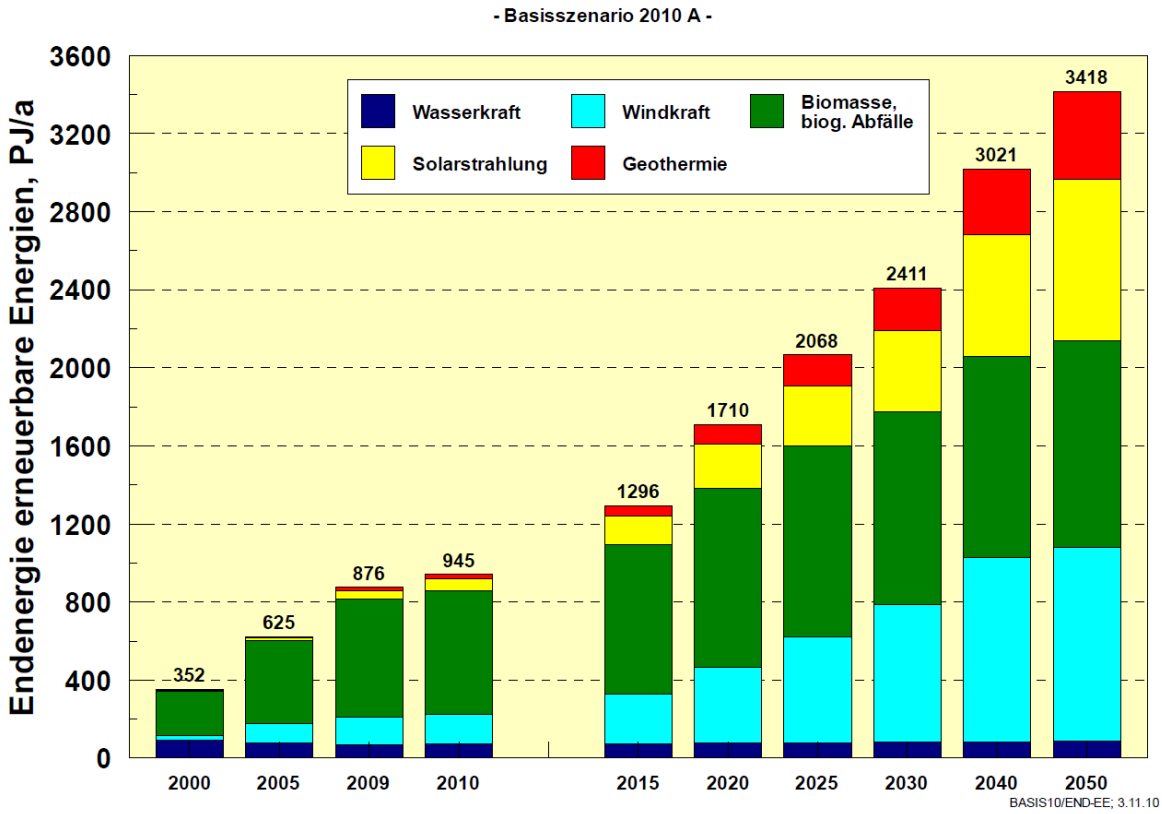


Abbildung 3: Leitszenario 2010: Anteil der einzelnen erneuerbaren Energien im Basisszenario A an der Endenergieproduktion bis 2050 [11]

Global ist eine ähnliche Prognose zu beobachten.

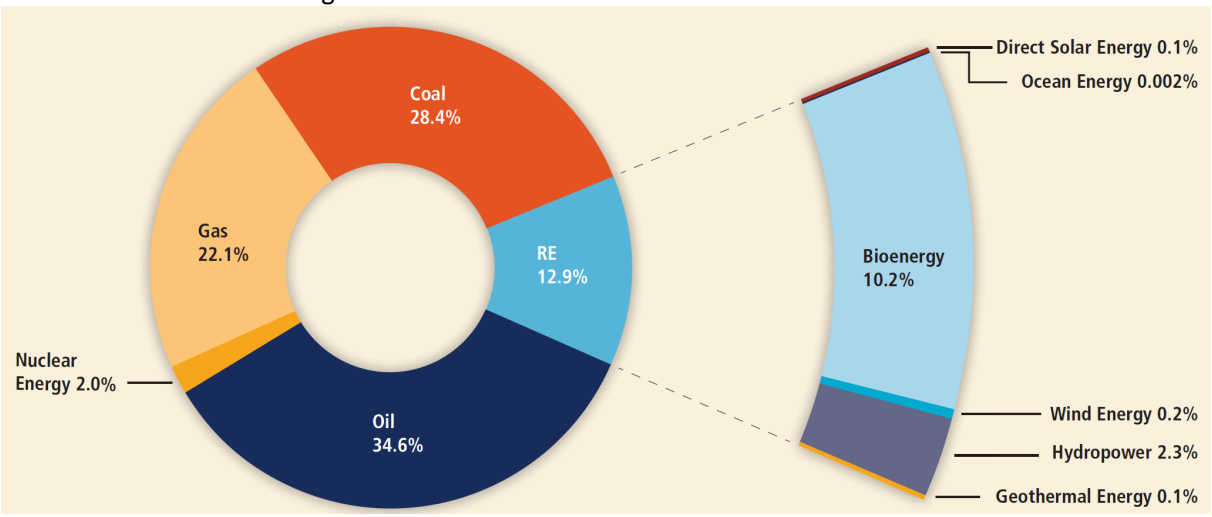


Abbildung 4 zeigt zunächst die heutige Situation.

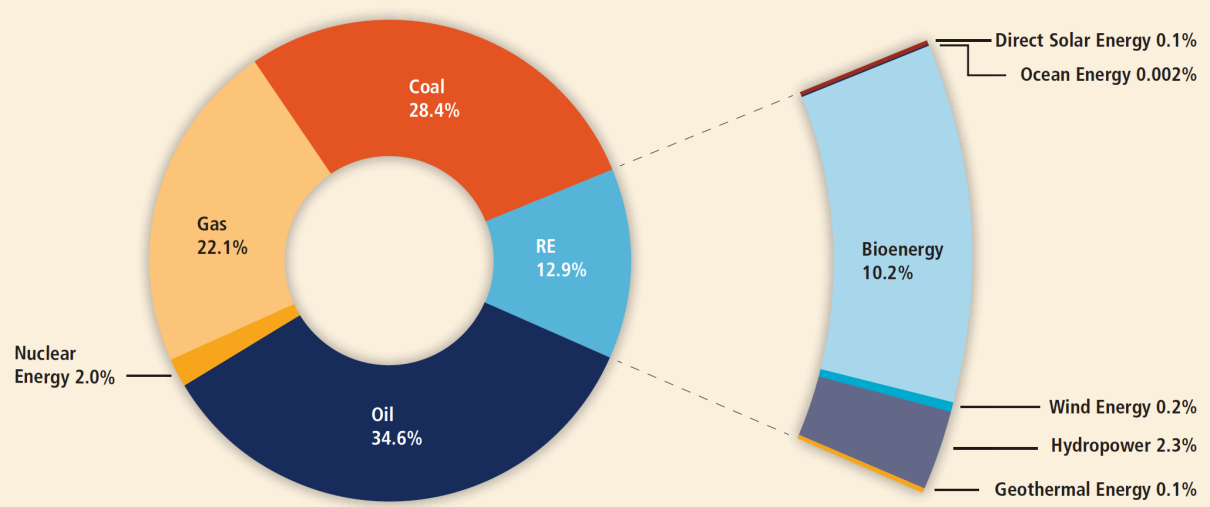


Abbildung 4: Anteil der Energiequellen für die globale Versorgung mit Primärenergie in 2008 (492 EJ) [12]

Es wird deutlich, dass Erneuerbare Energien mit einem Anteil von 12,9 % bereits im Jahr 2008 einen beträchtlichen Beitrag zur Energieversorgung der Welt leisteten. Dabei stellte Biomasse hierfür die mit Abstand wichtigste Einzelquelle dar. Zwei Drittel davon entfielen auf Brennholz (Abbildung 5), wovon allein 95% für Heizen, Kochen und Beleuchtung in den Entwicklungsländern eingesetzt wurden [12].

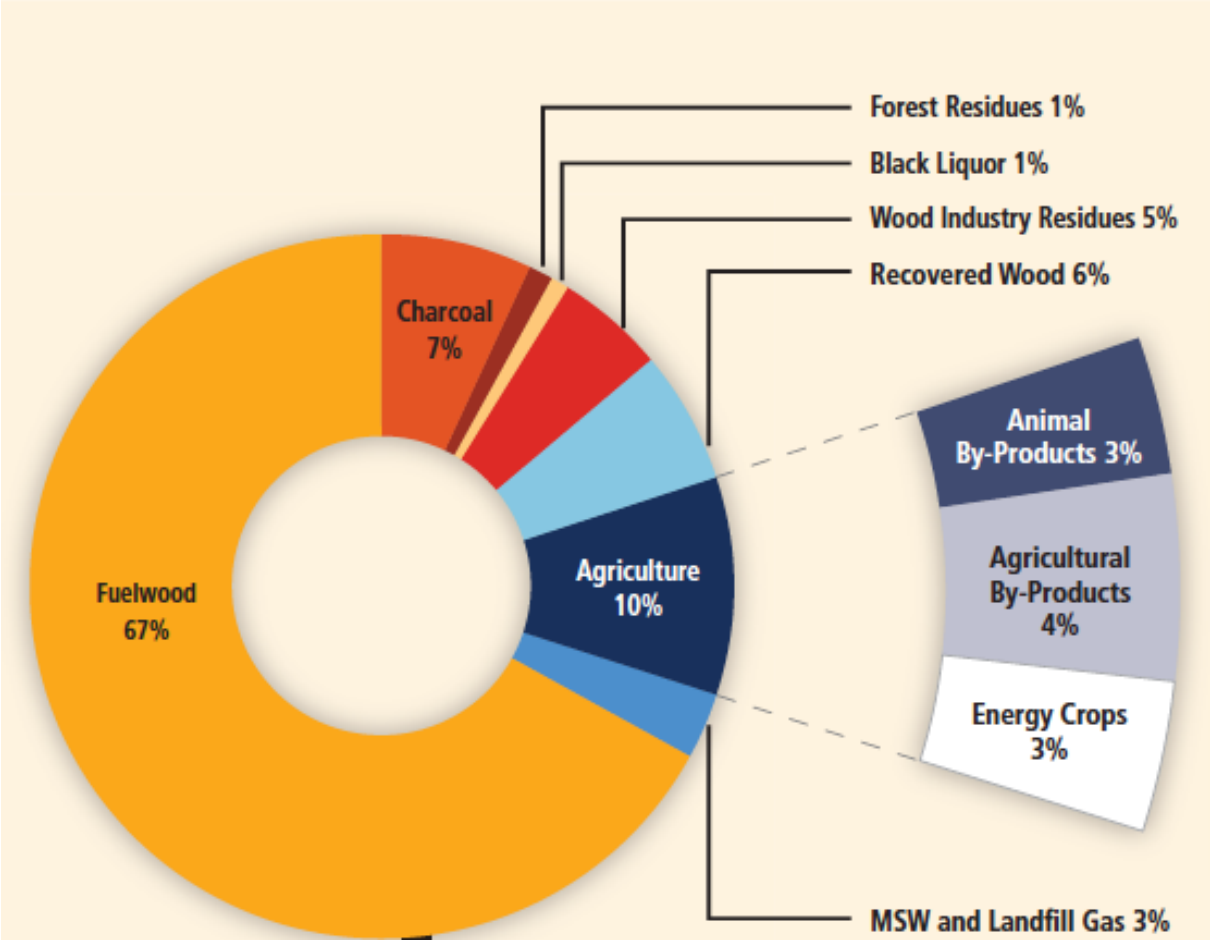
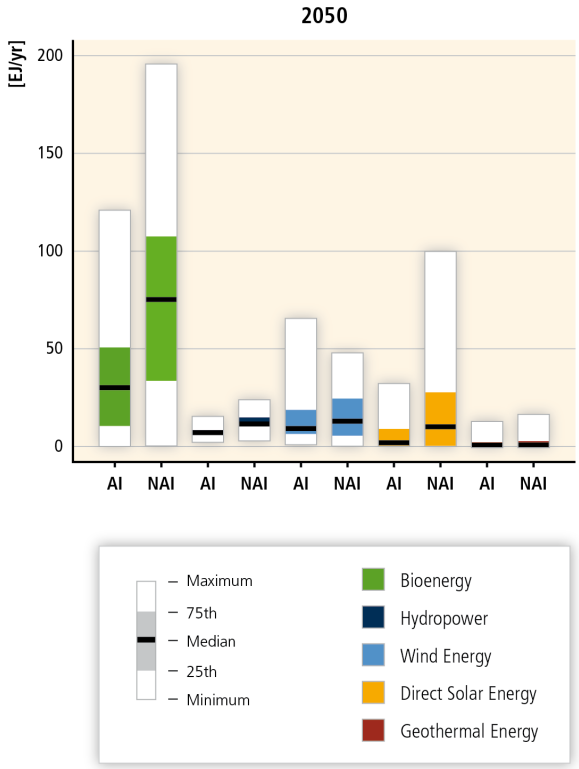


Abbildung 5: Weltweit für Bioenergie eingesetzte Biomassetypen [12]

Abbildung 6 zeigt das Ergebnis einer Analyse von 164 Klimaschutzszenarien. Auch hier zeigt sich, dass unter Klimaschutzgesichtspunkte Biomasse die wichtigste Energiequelle darstellen wird. Und selbst bei Studien im Auftrag von Umweltverbänden, die den Einsatz von Biomasse eher kritisch sehen, bleibt, wie Abbildung 7 zeigt, Biomasse unverzichtbar.

Abbildung 6: Prognose der globale Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien nach Einzel-



Quellen für 2050 [12]

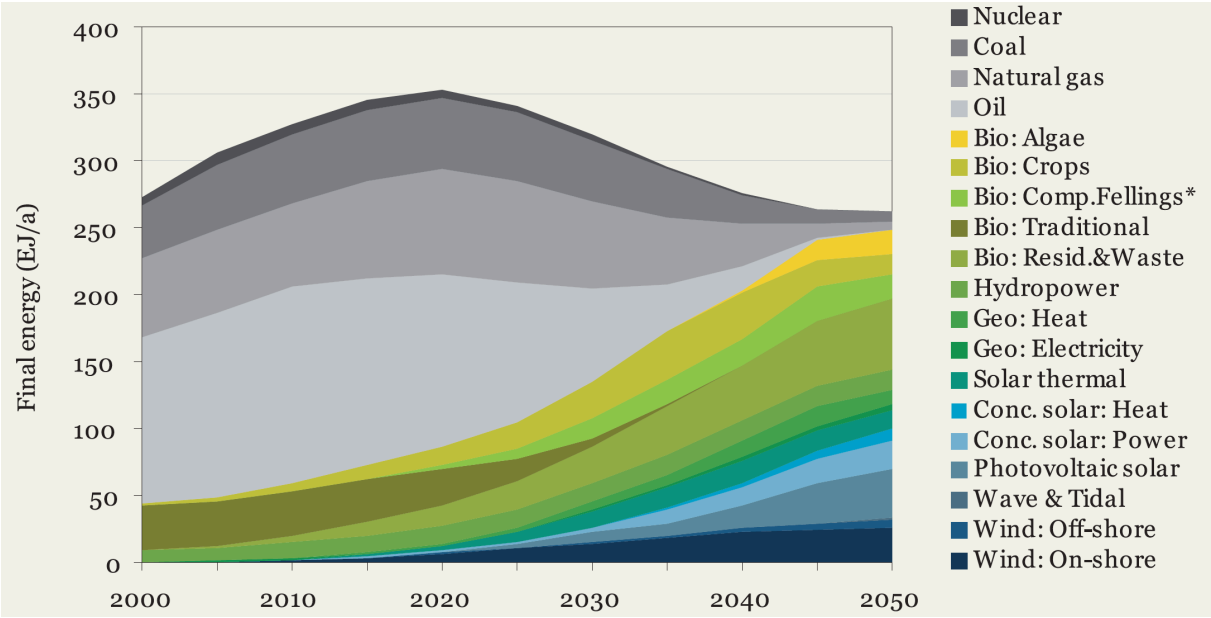


Abbildung 7: Szenarien für die Weltenergieversorgung mit Erneuerbaren Energien [13]

Ein erstes Fazit zeigt also, dass im Status quo Biomasse die dominierende erneuerbare Energie ist und bei der Prognose von Klimaschutzszenarien der Biomassenutzung eine entscheidende Bedeutung beigemessen wird.

Kritisch an derartigen Studien ist eine methodische Frage. Alle Erneuerbaren Energien werden ohne ihre ökobilanzielle Vorkette betrachtet. Diese Vorkette ist aber, je nach Typ Erneuerbare Energie, durchaus beachtlich. Sie kann weniger als 10 % oder auch mehrere 10 % der THG-Einsparung aufzeh-

ren. Ein illustratives Beispiel ist die in Abbildung 7 ab 2040 zunehmend an Bedeutung gewinnende Biomasse aus Algen. Nach heutigem Kenntnisstand und aktueller Technologieentwicklung ist fraglich, ob diese Biomasse überhaupt unter THG-Gesichtspunkten besser zu bewerten ist als fossile Energiequellen. Dieses Problem ist in der Wissenschaft besonders intensiv am Beispiel der Biokraftstoffe diskutiert und kritisiert worden. Hier ist auch das Thema der indirekten Effekte erstmals problematisiert worden, die nach Auffassung vieler Stakeholder in die Vorkette der Ökobilanzierung einbezogen werden sollten (siehe unten). Aber auch andere Erneuerbare Energien weisen mehr oder weniger relevante Vorketten und indirekte Effekte auf. Daher scheint erforderlich, die bisherige Praxis zu verbessern und für alle Erneuerbare Energien eine netto-THG-Einsparung als Maßstab einzuführen (s.u. die netto-THG-Quote als Regelungsvorschlag).

2.2.2 Die Reduzierung von Treibhausgasemissionen durch Biomassenutzung

Das Vorketten-Problem soll im Folgenden etwas detaillierter am Beispiel der Biomassenutzung dargestellt werden.

Die Bandbreite der Einsparung von Treibhausgasen (THG) durch Bioenergie ist groß. Die THG-Einsparung hängt zum einen ab von der Vergleichsgröße, also von der Frage, welche fossilen Energieträger im Strom-, Wärme- und Kraftstoffsektor ersetzt werden. Zum anderen wird das Einsparpotenzial durch die Emissionen der Bereitstellung von Bioenergie beeinflusst.

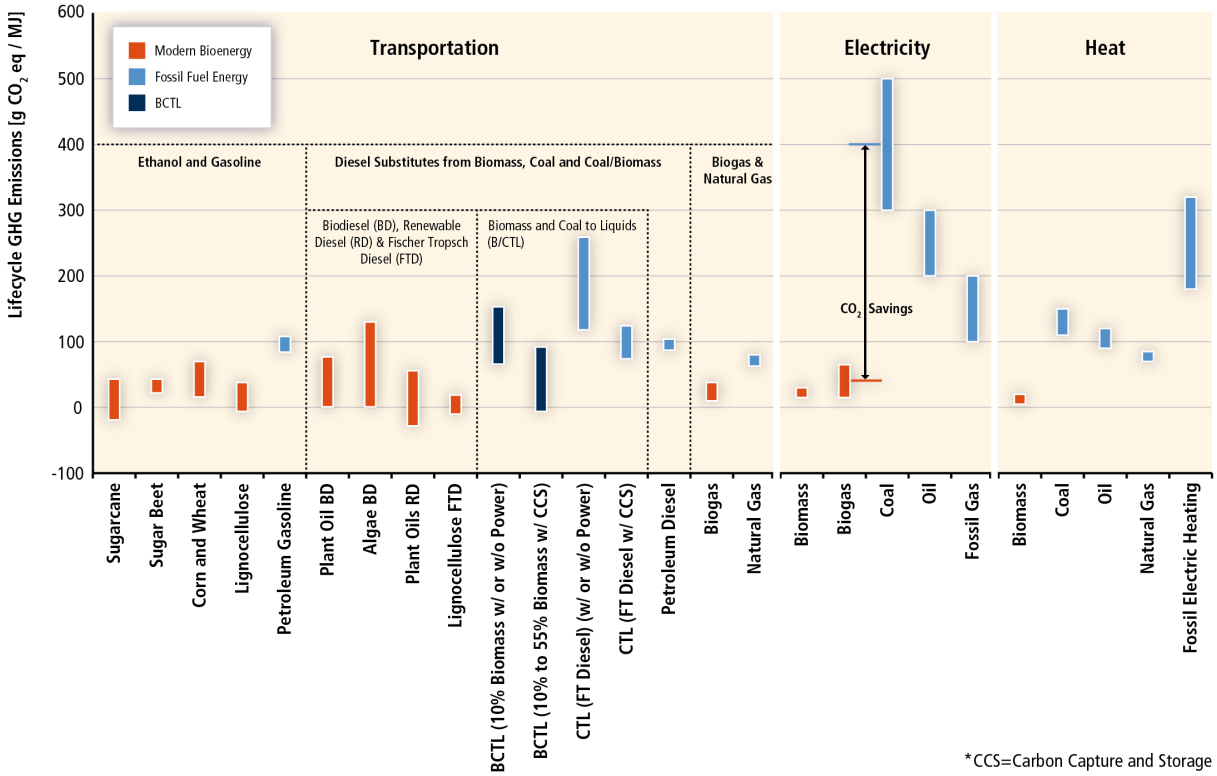
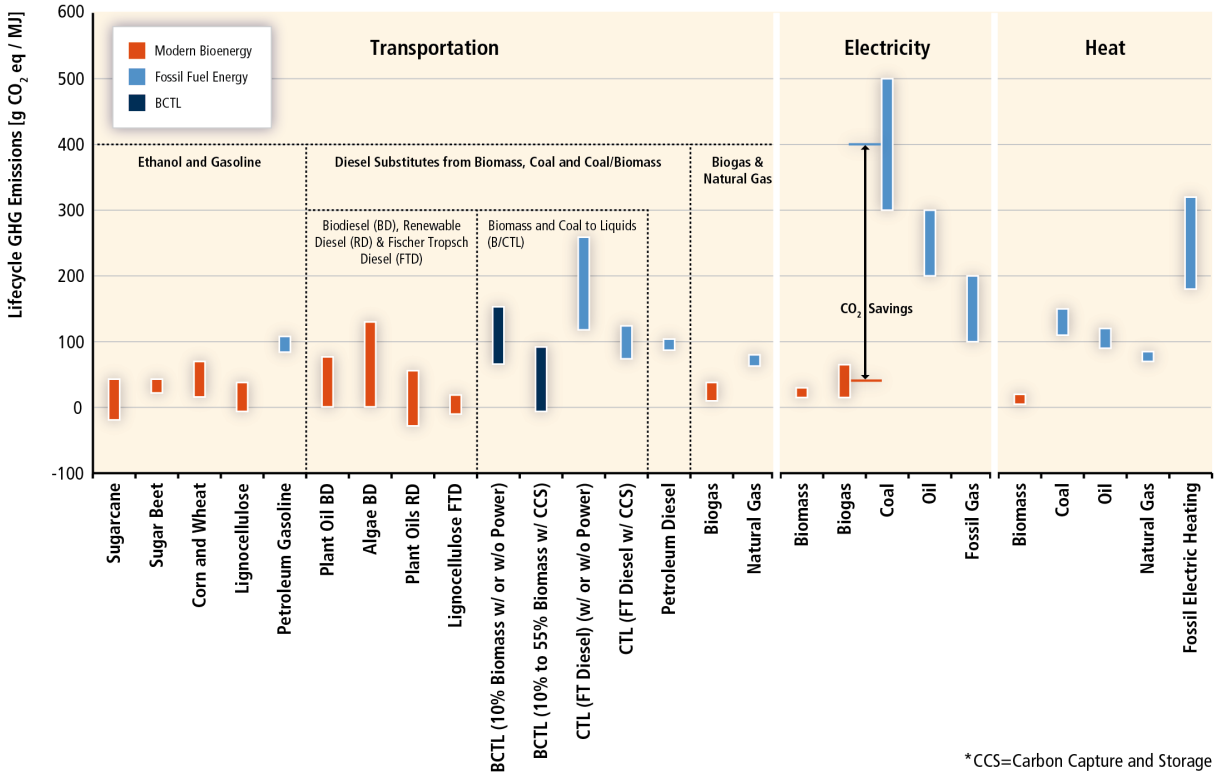
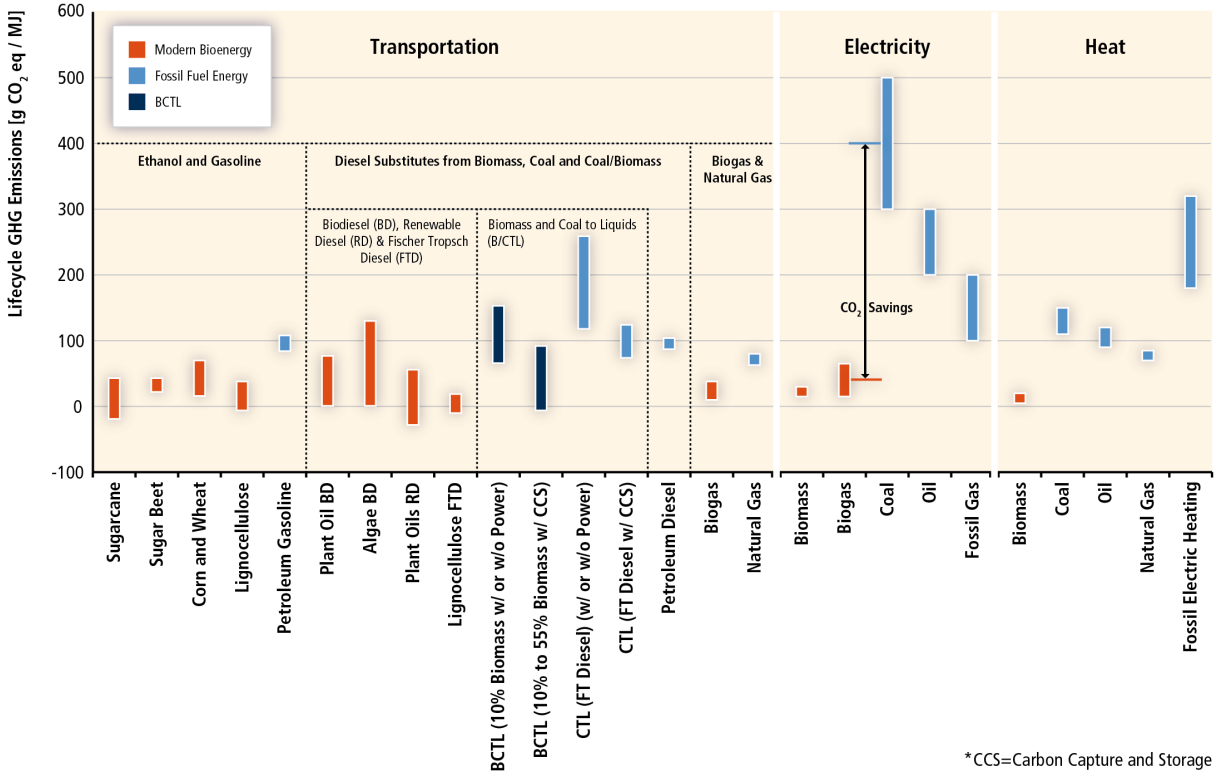


Abbildung 8: Einsparpotenzial an Treibhausgasemissionen durch Biomassenutzung im Vergleich mit fossiler Energie [12]



*CCS=Carbon Capture and Storage

Abbildung 8 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 am sinnvollsten. Allerdings bezieht



*CCS=Carbon Capture and Storage

Abbildung 8 den Einsatz von Biomasse für die stoffliche Nutzung (u.a. chemische Industrie) und ihre mögliche Nutzung als Kraftstoff oder Reduktionsmittel in der Industrie nicht mit ein. Für die Bewertung der prioritären Einsatzmöglichkeiten von Bioenergie muss aber auch das Kriterium der gegenseitigen Substituierbarkeit mit anderen erneuerbaren Energien berücksichtigt werden (s.u.). 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.

2.2.3 THG-Emissionen aufgrund von Landnutzungsänderungen

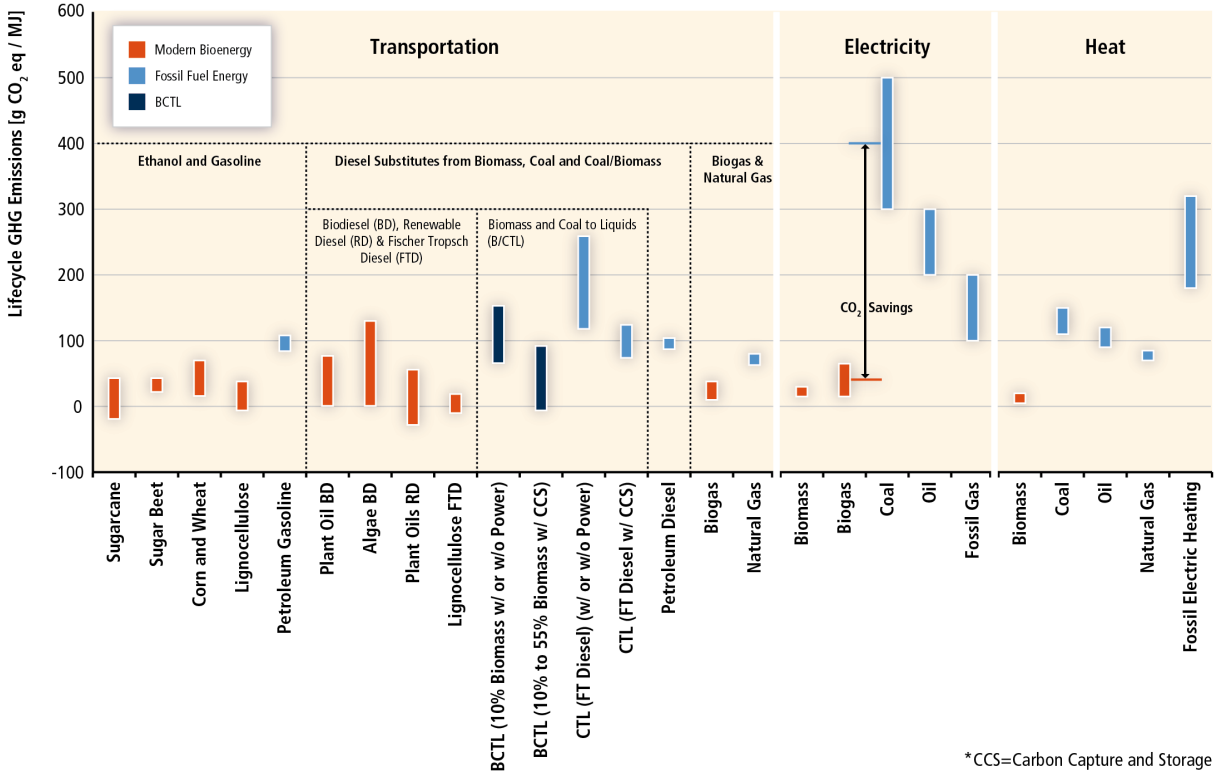


Abbildung 8 zeigt die LCA-Ergebnisse ohne direkte und indirekte Landnutzungsänderungen und ohne Berücksichtigung weiterer (positiver wie negativer) indirekter Effekte. Da diese Aspekte das obige Bild ändern können, sollen sie im Folgenden näher analysiert werden. Wichtig ist, dass diese Effekte für alle Biomasseeinsatzgebiete relevant sind, also nicht nur für den Biokraftstoffsektor. Daher wird dieses Thema auch im Zusammenhang aller Biomasseeinsatzgebiete abgehandelt.

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 im Boden oder der Vegetation 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 Produktion der vorherigen Anbauprodukte in andere Regionen der Welt verdrängt und dort zu einer Ausdehnung der landwirtschaftlichen Flächen führt. Verdrängungseffekte finden aber auch im fossilen Sektor statt. So könnte eine Abschaffung der Quoten in der Erneuerbaren Energien-Richtlinie, wie sie von einzelnen NGOs gefordert wird, zum vermehrten Einsatz von Erdöl aus Teersanden oder anderen unkonventionellen Quellen führen.

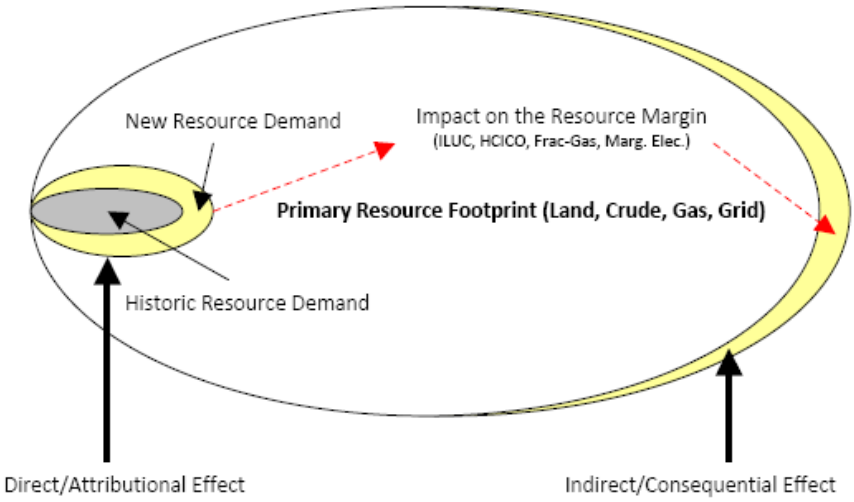


Abbildung 9: Schematische Darstellung von direkten und indirekten Effekten [14]

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 Ökobilanzierung berücksichtigt diese Effekte daher noch nicht. In den folgenden beiden Kapiteln wird die Bewertungsproblematik von indirekten Effekten beschrieben.

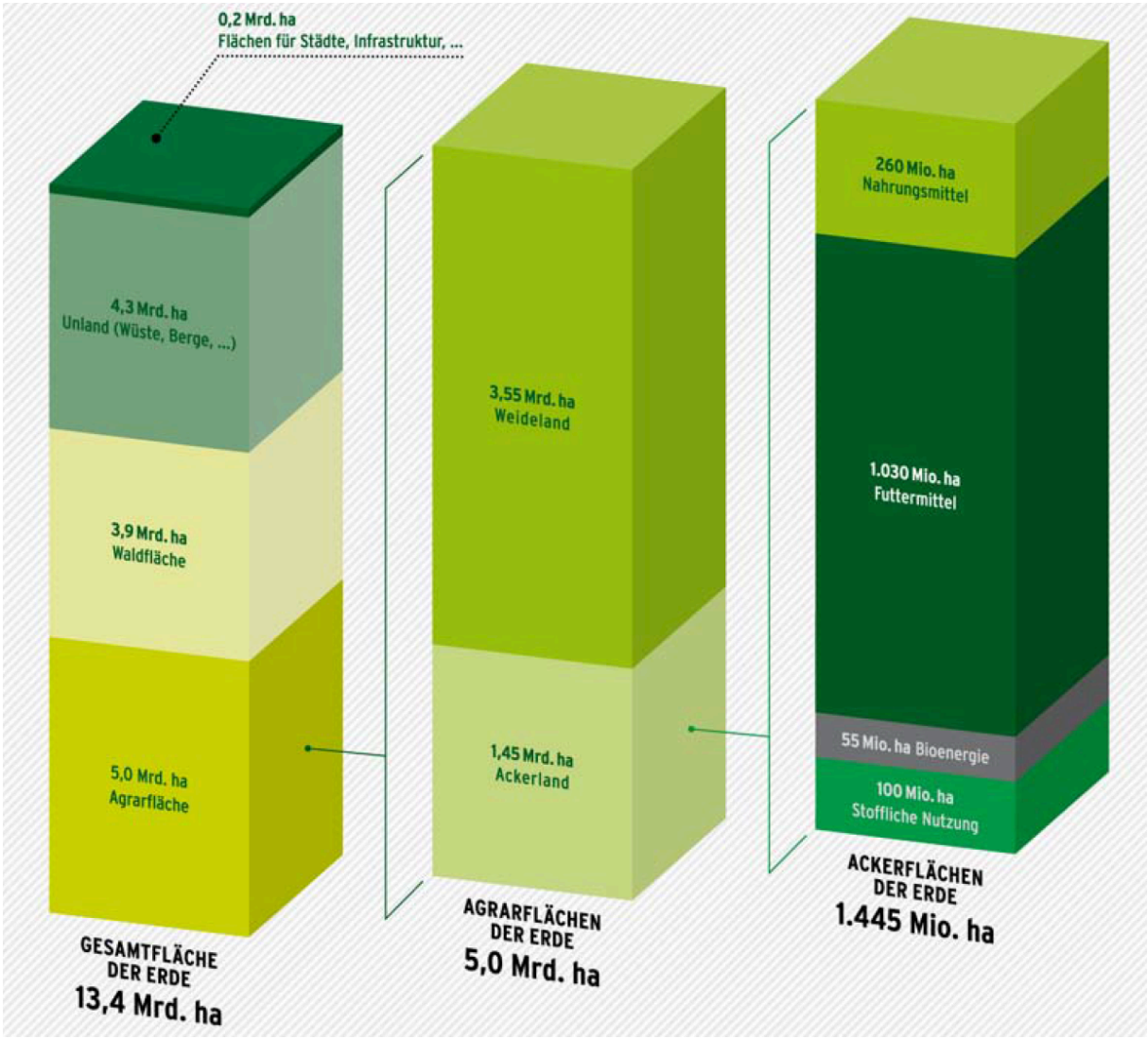


Abbildung 10: Globale Flächennutzung für Nahrung und nachwachsende Rohstoffe 2008 [15]

Die globale Flächenbilanz 2008 in Abbildung 10 macht deutlich, welch große Bedeutung die Nahrungs- und insbesondere die Futtermittelproduktion hat. Für Bioenergie wurde gut 1% der globalen Agrarfläche bzw. knapp 4% der globalen Ackerlandflächen genutzt. Eine Ausdehnung der Agrarfläche für Bioenergie könnte zu Lasten von Waldflächen gehen. Aber es könnten auch verstärkt Weideflächen umgewandelt werden. Die Akteure, die Weideland verloren haben, könnten sich dann ihrerseits zwecks Kompensation der Verluste bei geeigneten Waldflächen „bedienen“ – so der Grundgedanke der indirekten Landnutzungsänderungen (iLUC).

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 11 zeigt eine schematische Darstellung der Systemgrenzen von direkten und indirekten Effekten von Biokraftstoffen. Indirekte Effekte können sowohl in unmittelbarer räumlicher und zeitlicher Nähe als auch in großer räumlicher und zeitlicher Entfernung stattfinden. Zum Beispiel können Biokraftstoffe die heutige Förderung von Nordsee-Erdöl vermeiden oder die zukünftige Gewinnung von Erdöl aus Teersanden in Kanada verhindern. Es können viele alternative Wirkungen auftreten,

wie die Auflistung von Marginal Oil-Typen und indirekten Landnutzungseffekten in Abbildung 11 verdeutlicht.

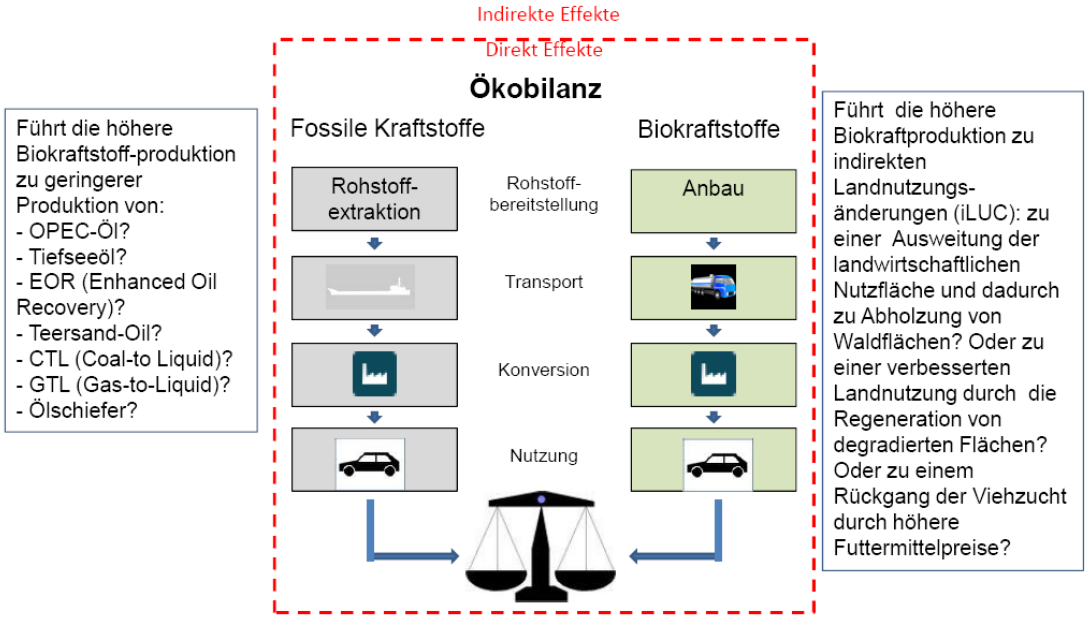


Abbildung 11: Systemgrenzen zwischen direkten und indirekten Effekten von fossilen Kraftstoffen und Biokraftstoffen [16]

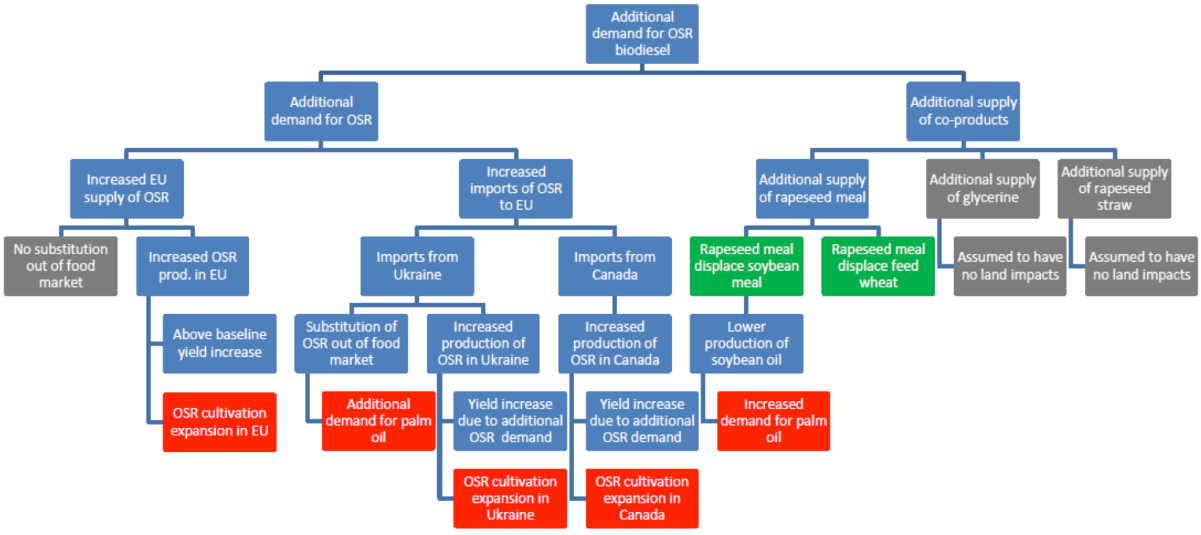


Figure 10. Market responses to an increase in demand for oilseed rape biodiesel.

Land expansion, or ILUC "debits" 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 12: Mögliche indirekte Effekte durch die Zunahme der Rapsölnachfrage für die Biodieselproduktion [17]

Die Erfassung und Bewertung von indirekten Effekten wird aber auch durch die Komplexität der Prozesse, die indirekte Effekte verursachen, erschwert [18]. Abbildung 12 zeigt die Komplexität der verschiedenen möglichen indirekten Effekte durch eine Zunahme der Rapsölnachfrage für die Biodiesel-

produktion. 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.

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 bestimmt von der Anzahl möglicher Effekte, die alternativ auftreten können, und der Anzahl möglicher Ursachen, die den Effekt auslösen können (Multikausalität). Nach Geist und Lambin, die 157 regionale Studien zu Landnutzungsänderungen in den Tropen ausgewertet haben, ist die Abholzung von tropischem Regenwald nie das Ergebnis einer einzelnen Ursache, sondern des Zusammenspiels vieler Faktoren [19]. Beispielsweise sind die Landnutzungsänderungen in Costa Rica von 1966 bis 2006 nach Untersuchungen von Armond T. Joyce von mindestens 14 Faktoren beeinflusst worden [20].

Abbildung 13 verdeutlicht, dass sich Landnutzungsänderungen in den verschiedenen tropischen Regionen zum Teil sehr unterschiedlich entwickelt haben.

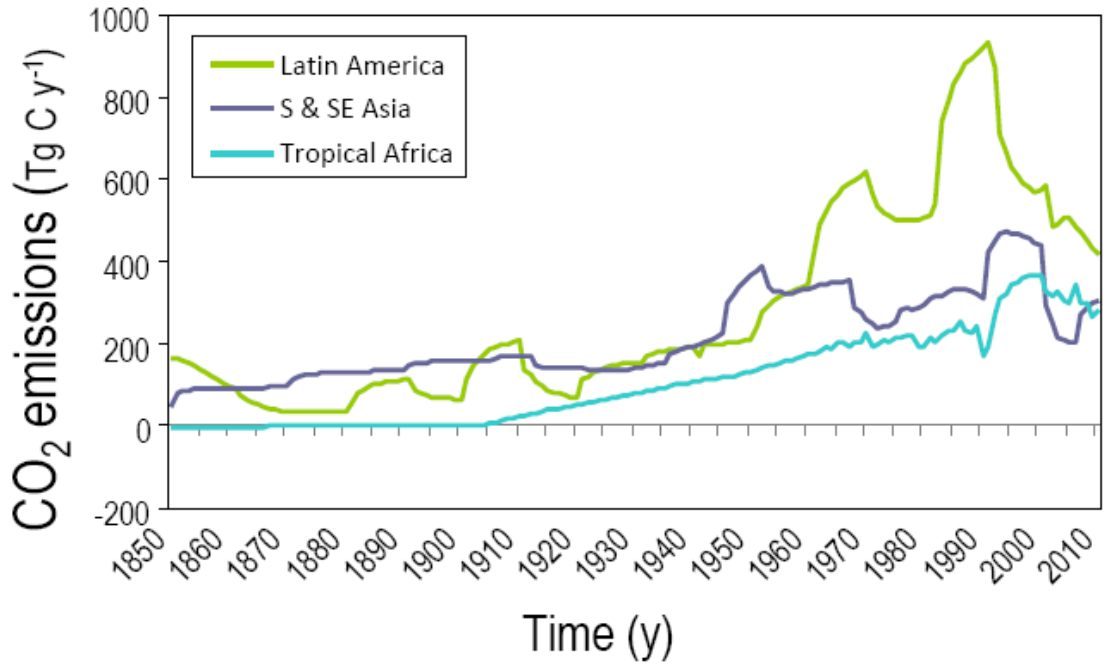


Abbildung 13: CO_2-Emissionen von Landnutzungsänderungen in verschieden tropischen Regionen [21]

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 14). 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.

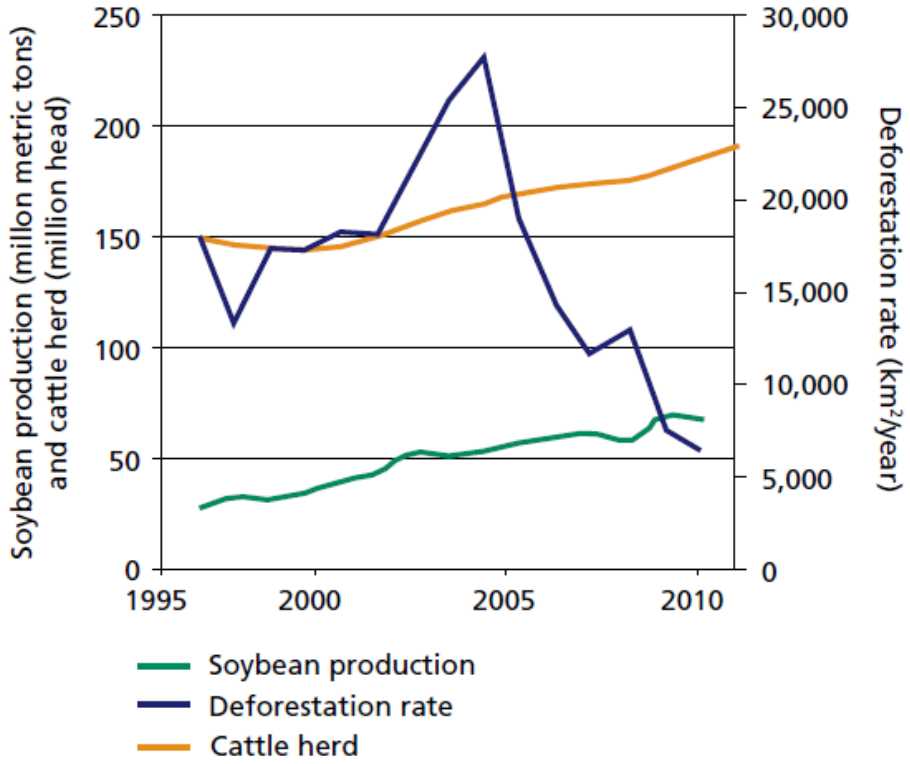


Abbildung 14: Abholzung, Viehhaltung und Sojabohnenproduktion in Brasilien [22]

Kann man dennoch die indirekten Landnutzungsänderungen seriös modellieren, um Vorhersagen zu treffen? Und wie sind die erhaltenen Ergebnisse zu bewerten? Diese sind sicherlich zwei der wichtigsten aktuellen Fragen der Diskussion um iLUC durch verstärkte Biomassenutzung. Aber bevor diese Fragen diskutiert werden, soll zunächst der Stand der bisherigen Modell- bzw. Methodenentwicklungen dargestellt werden.

2.2.4 Exkurs: Modelle und Methoden zur Quantifizierung von iLUC-Effekten

Die EU-Kommission geht in ihrer Rechtsetzung von der Prämisse aus, dass sich iLUC nur über ökonometrische Modelle zuverlässig erfassen lässt. Diese Modelle berechnen den iLUC-Effekt auf globaler Ebene aufgrund der iLUC-Theorie, dass die Effekte über den internationalen Handel weitergegeben werden [23].

Eine im Auftrag verschiedener europäischer NGOs zu iLUC und Klimaeffekten von Biokraftstoffen erstellte Studie (Biofuels: Indirect land use change and climate impact) zeigt die große Streubreite der Prognose-Ergebnisse für unterschiedliche Modelle bzw. Berechnungen [24]. Wie in Abbildung 15 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_{2eq} pro MJ Biokraftstoff, was sich gut mit Ergebnissen anderer Studien (etwa [25]) deckt.

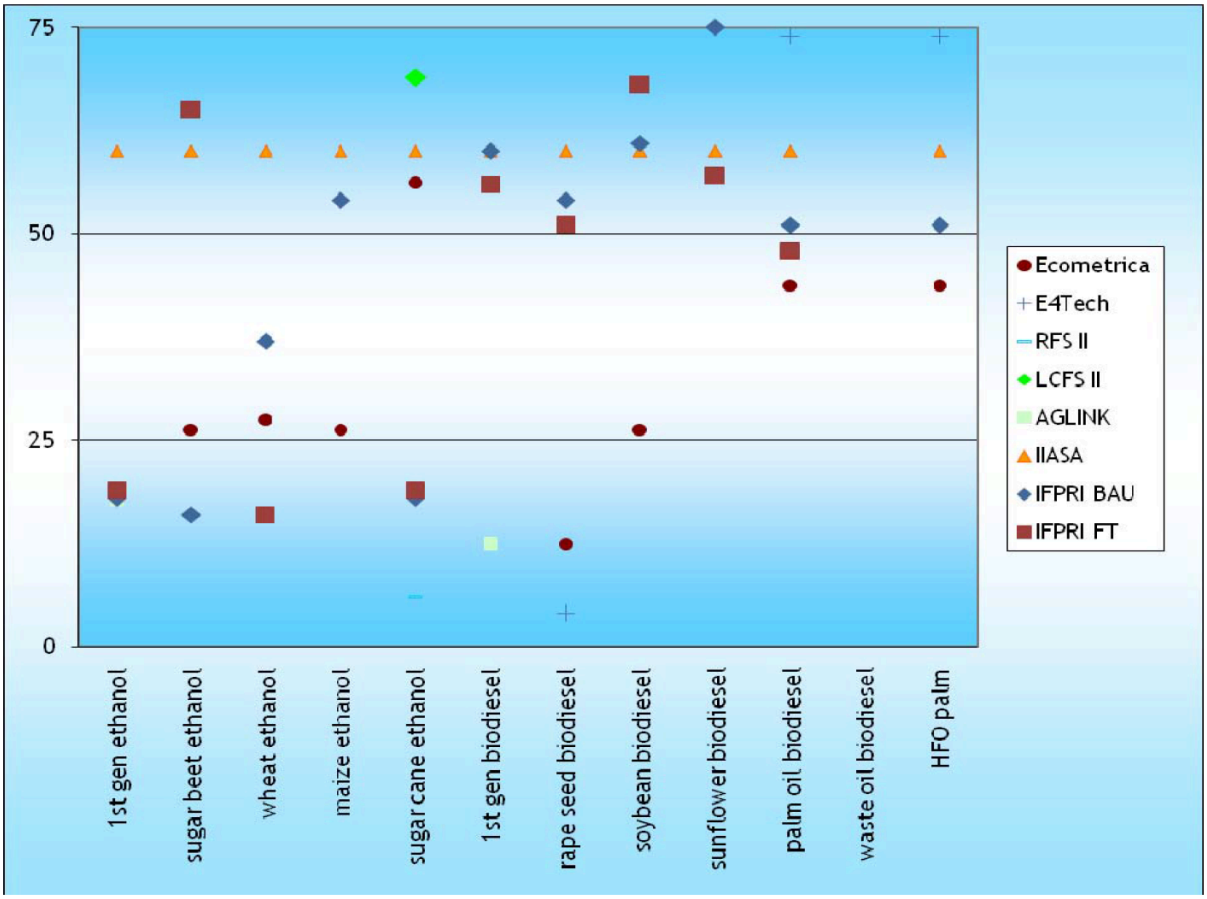


Abbildung 15: iLUC-Faktoren für Biokraftstoffe nach verschiedenen Studien (g CO_{2eq}/MJ)

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_{2eq}/MJ (für einen 30-Jahre-Zeitraum), vgl. Tabelle 2 [26]. 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 [26]

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 [27])

Study	Target year	Shock size (10^6 m³)	ILUC factor (g CO_{2eq}/MJ)	Range (g CO_{2eq}/MJ)
Searchinger et al. (2008)	2016	56	104	20–200[a]
Hertel et al.(2010)	2001[b]	50	27	15–90[c]
Dumortier et al.(2009)	2018/19	30	n/a	21–118[d]
USEPA (2010)	2012	7.5	81	62–104[e]
	2017	14	58	43–76[e]
	2022	10	34	25–45[e]
Al Riffai et al. (2010)	2020[f]	0.47	36	36–53[g]
Tyner et al.(2010)	2015	7.6	14	14–18[h]

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 (confidence interval) 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 10^6 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.

Die meisten ökonometrischen Modelle können iLUC zudem gar nicht berechnen. Diese überraschende Feststellung gilt auch explizit für die Untersuchung, die die EU-Kommission als das leistungsfähigste Modell für ihren Gesetzgebungsvorschlag herangezogen hat [28]. Die Modelle können nur Ergebnisse für LUC (also dLUC + iLUC) berechnen. Aber kann dieser Summenwert mit iLUC gleichgesetzt werden?

In der Diskussion mit Befürwortern von iLUC-Faktoren wird diese Gleichsetzung damit gerechtfertigt, dass für 2020 angenommen wird, dass dLUC nahezu Null sein wird. Diese Prämisse kann zutreffend sein, aber sicher ist dies nicht. So ist unklar, ob die Zertifizierungssysteme wie RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil [29]) oder auch die länderspezifischen Systeme wie ISPO [Indonesian Sustainable Palm Oil Foundation] oder MSPO [Malaysian Sustainable Palm Oil] dazu führen werden, dass die direkte Landnutzungsänderung in die Zertifikate aufgenommen werden muss.

Rechtlich erscheint es daher nicht vertretbar, weiter von iLUC-Faktoren zu sprechen. Diese Vorgehensweise der Kommission, LUC-Faktoren als iLUC-Faktoren zu verwenden, könnte im Falle eines Rechtsstreits angegriffen werden. So kann darauf hingewiesen werden, dass die Kommission selbst aufgrund der neu geschaffenen Befreiung von ihrer iLUC-Regelung im Falle einer mitgeteilten dLUC-Emission (Anhang V der Richtlinie 98/70/EG (Fuel Quality Directive, FQD) und Anhang VIII der Richtlinie 2009/28/EG (Renewable Energy Directive, RED) [30]) von dLUC-Fällen ausgeht. Da die Inanspruchnahme dieser Regelung für eine ganzen Reihe von Fällen durchaus Vorteile bringt – beispielsweise Umwandlung von degradierten Flächen oder Weideland in Plantagen, da der dLUC-Wert negativ ausfällt (Kohlenstoffsenke) – scheint auch das Argument, dass die Fälle theoretisch auftreten können, aber von ihrer Anzahl unbedeutend sein werden fraglich.

Würde man die Messlatte etwas tiefer hängen, dann könnte man sich der zweiten Prämisse der Kommission (LUC = iLUC) mit dem Argument anschließen, iLUC dürfte in 2020 einen höheren Anteil an LUC haben als dLUC. Es ist sogar nicht unwahrscheinlich, dass dieser Anteil deutlich höher ausfallen kann. Somit wäre man sehr nahe der Prämisse iLUC = LUC; mit exakter Wissenschaft hätte dies aber nichts zu tun. Und man müsste auch die Frage zulassen, warum man mit einem großen Aufwand ökonometrische Modelle einsetzt, gerechtfertigt über die iLUC-Theorie (Prämisse 1), und am Ende doch relativ trivial bei LUC landet.

Und wenn man am Ende LUC-Werte als Basis für die iLUC-Rechtsetzung akzeptiert, warum müssen diese Werte über ökonometrische Modelle generiert werden? Denn wenn die Faktoren der Kommission keine iLUC-, sondern genau genommen LUC-Faktoren sind, dann könnten auch andere Methoden herangezogen werden, um LUC-Faktoren zu ermitteln! LUC ist ein Phänomen, was in jedem einzelnen Staat dieser Erde ohne komplexe mathematische Modelle direkt und zeitnah „gemessen" werden kann. Mit dem Wegfall der ersten Prämisse (nur agronometrische Modelle sind geeignet) würde sich eine Tür für andere Regelungsansätze auf LUC-Ebene eröffnen, die bei der Praxis der einzelnen Länder ansetzen und die jeweils aktuellen Landnutzungszahlen der auf dem Biokraftstoffmarkt relevanten Agrarländer verwenden.

Gibt es derartige Zahlen? Ja! Im Rahmen von UNFCC werden zeitnah für alle Annex I-Staaten Jahresberichte zu den THG-Emissionen erarbeitet, veröffentlicht und neuerdings auch unabhängig kontrolliert. In diesen Berichten sind die netto-LUC-Zahlen enthalten. Bei Mängeln und Defiziten stehen weitere Erkenntnisquellen (FAO, EUROSTAT, US-DoA, Satellitenbildauswertungen) zur Verfügung, auch für die Nicht-Annex I-Länder.

2.3 Stoffliche Nutzung von Biomasse in Verwertungskaskaden

Auf der abstrakten Ebene besteht Konsens, dass die chemische Industrie mit Blick auf die deutschen Klimaschutzbemühungen auf der Rohstoffseite verstärkt auf Biomasse setzen sollte. Biomasse trägt zur Senkung der CO_2-Emissionen in dem Umfang bei, in dem fossiler Rohstoff (*feedstock*) durch einen biobasierten Anteil ersetzt wird.

Konkret ist Biomasseeinsatz dann sinnvoll, wenn er beim Klimaschutz (was aufgrund des regenerativen Kohlenstoffs gegeben ist) und energetisch gegenüber der heutigen fossilen Praxis besser abschneidet. Letzteres bedeutet, dass der Umstieg von fossilen Rohstoffen auf Biomasse nicht mit einem deutlich höheren Energieeinsatz erkauft werden darf. Hierbei ist es auf absehbare Zeit nicht entscheidend, ob die benötigte Energie fossilen oder erneuerbaren Ursprungs ist, weil die erneuerbare Energie ja auch für andere Zwecke eingesetzt werden kann. Diese Einschränkung ist für einzelne Syntheseverfahren in der Übergangszeit von Bedeutung. Es ist aber nicht zu erwarten, dass für die Umwandlung von Biomasse zu Basischemikalien zukünftig keine energetisch ebenso effizienten Verfahren zur Verfügung stehen, wie dies heute auf dem Feld der fossilen Chemie der Fall ist.

Während für die flüssige Biomasse, die in den Energiesektor geht, und für die gasförmige und flüssige Biomasse, die zu Biokraftstoffen verarbeitet wird, gesetzlich festgelegte Nachhaltigkeitsanforderungen gelten, sind die anderen Biomassesektoren bisher ungeregelt. So gelten also auch für die Biomasse, die von der chemischen Industrie eingesetzt wird, bisher keine bindenden Nachhaltigkeitsanforderungen. Dieses Defizit ist nicht akzeptabel und sollte unbedingt beseitigt werden. Für die Festlegung von Nachhaltigkeitsanforderungen und für die Erarbeitung eines Regulierungsvorschlags kann auf die Erfahrungen des Biokraftstoffsektors zurückgegriffen werden. Freiwillige Ansätze, wie sie aktuell in der nationalen Entwicklung sind, reichen hierfür auf Dauer nicht aus.

Die Effizienz des Biomasseeinsatzes im Chemiesektor kann noch vergrößert werden, wenn diese Produkte in einer Kaskade weiter genutzt und schließlich am Ende energetisch verwertet werden.

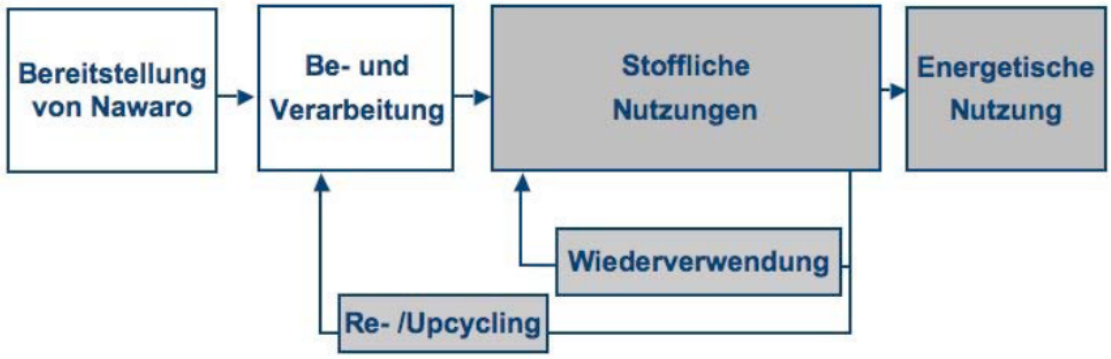


Abbildung 16: Schematische Darstellung der Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffen [31]

Bisher ist die Chemische Industrie auf diese Entwicklungslinie nur unzureichend ausgerichtet.

2.4 Das Flächenpotenzial für die Biomassenutzung

Der wesentliche Treiber für Landnutzungsänderungen ist in der Regel die Ausdehnung der Siedlungsflächen, also die Urbanisierung. Es wird, sofern es nicht zu regulatorischen Eingriffen zur Steuerung dieser Entwicklung kommt [32], in den nächsten Jahren eine weitere Ausdehnung um mehrere hundert Millionen ha erwartet. Diese Ausdehnung – wie in der Vergangenheit geschehen – wird auch in Zukunft im Wesentlichen zu Lasten der landwirtschaftlich genutzten Flächen geschehen. Dieser Verlust an landwirtschaftlichen Flächen wurde in der Vergangenheit durch Waldrodungen kompensiert. Die für Ackerbau genutzte landwirtschaftliche Fläche blieb über die letzten 20 Jahre in etwa konstant, weist nur vergleichsweise leichte Steigerungen auf, war aber dennoch in der beschriebenen Logik die wesentliche Ursache für den Verlust an Waldflächen (jährlich 0,4 % zwischen 1970 und 1995 [33], in den 2000er Jahren 0,3%). Die parallel zu beobachtende Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion wurde hauptsächlich durch höhere Erträge, also eine Effizienzsteigerung der landwirtschaftlichen Produktion, erreicht.[4]

Auch wenn die Urbanisierung in der Vergangenheit der wesentliche Treiber war, ist der Wald natürlich primär von Akteuren der Landwirtschaft gerodet worden. Hierzu fasst der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen WGBU zusammen [34]:
„Über 4 Mrd. ha Waldfläche bedecken etwa 31 % der globalen Landfläche (FAO, 2010a). Der aktuelle Waldzustandsbericht der FAO verdeutlicht, dass sich die globale Waldfläche weiter verringert. Die globale Entwaldungsrate, die vornehmlich durch die Umwandlung von tropischen Wäldern in landwirtschaftliche Nutzfläche sowie zerstörerische Waldnutzung vorangetrieben wird, bleibt mit 13 Mio. ha pro Jahr in den letzten 10 Jahren auf einem sehr hohen Niveau. Großflächige Anpflanzungen in

[4] „New technologies have resulted in significant increases in the supply of some ecosystem services, such as through increases in agricultural yield. In the case of cereals, for example, from the mid-1980s to the late 1990s the global area under cereals fell by around 0.3% a year, while yields increased by about 1.2% a year.“ [33], S. 67

China, Indien und Vietnam haben vorübergehend dazu geführt, dass sich der globale Nettowaldverlust in den letzten 10 Jahren auf insgesamt 5,2 Mio. ha pro Jahr reduziert hat. Die Wälder gehören zu den größten Kohlenstoffspeichern der Erde und speichern bis zu 650 Gt C (2.380 Gt CO_2). Davon sind circa 44 % in der Biomasse gebunden, 11 % in Totholz und Streu, sowie circa 45 % im Boden (FAO, 2010a). Entwaldung und zerstörerische Waldnutzung stellen daher eine der größten CO_2-Quellen weltweit dar. Aktuell wird die Abnahme im globalen Kohlenstoffspeicher Wald auf 0,5 Gt C (1,8 Gt CO_2) pro Jahr im Zeitraum 2000–2010 geschätzt, was sich insgesamt für die Dekade auf 5 Gt C (18 Gt CO_2) summiert (FAO, 2010a). Allerdings könnten die Emissionen aus Entwaldung weitaus höher sein, da die vorhandenen Datensätze sowohl bezüglich der regionalen Verteilung als auch in der Gesamtsumme voneinander abweichen und nicht konsistent sind. Das Global Carbon Projekt schätzt die Emissionen, die alleine durch die fortschreitende Entwaldung und zerstörerische Waldnutzung durch den Menschen verursacht werden, auf 2,6–4,0 Gt CO_2 für die Jahre 2000–2009 (GCP, 2010).“

Eine wesentliche Voraussetzung der Bewertung der von der Biomassenutzung bewirkten direkten und indirekten Landnutzungsänderung 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, könnten direkte und indirekte Landnutzungsänderungen durch Bioenergie zwar immer noch stattfinden, aber durch effektive Flächennutzungsinstrumente vermieden werden.

Die Studie des World Wide Fund For Nature (WWF) et al. „The Energy Report. 100% Renewable Energy by 2050“ [35] verweist auf die Flächenpotenziale, die durch die Verringerung des Flächenbedarfs für die Viehhaltung nutzbar gemacht werden könnten. Derzeit werden nach Angaben der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (Food and Agriculture Organization of the United Nations/FAO) etwa 3,4 Milliarden Hektar als permanentes Weideland genutzt. Die Flächenintensität dieser Flächen ist oft sehr gering. Durch die Intensivierung von Weideflächen bestünde laut WWF-Studie 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 zur Größe dieser ungenutzten Flächen sind schwierig, aber es wird mit einem Flächenpotenzial von mindestens 50 Millionen Hektar gerechnet [36]. Und der Ertrag auch der genutzten Flächen liegt nur bei einem Drittel des mitteleuropäischen Ertrags.

Die Studien zu globalen Bioenergiepotenzialen weisen sehr unterschiedliche Ergebnisse auf. Die Literaturauswertung im Rahmen des IPCC-Berichtes zu Erneuerbaren Energien hat eine Bandbreite von 50 bis 1.000 EJ/a ergeben [12]. Die stark abweichenden Ergebnisse sind vor allem auf unterschiedliche Annahmen hinsichtlich zukünftigen Nahrungs- und Futtermittelbedarfs, Flächenproduktivitätsentwicklung, Brachflächen, Flächenbedarfs für Biodiversität und Naturschutz und degradierten Flächen zurückzuführen [37].

Daher ist gegenwärtig unklar, welche Flächenpotenziale gegenwärtig noch vorhanden sind, um zusätzliche Biomasse für den Klimaschutz zu generieren. Da die zukünftige Entwicklung zudem Gestaltungsmöglichkeiten unterschiedlichster Art aufweisen kann, die heutigen Potenziale ökologisch verträglich oder auch ökologisch unverträglich zu steigern, tut sich ein Dilemma auf. Welche Obergrenzen sollte man festlegen? Legt man sie zu eng fest, behindert man Entwicklungen, die aus Klimaschutzgründen wichtig sind. Legt man sie zu großzügig fest, befördert man womöglich Schäden an der Umwelt? Gibt es Auswege aus dieser Zwickmühle? Weiter unten wird versucht, hierauf eine Antwort zu geben.

2.5 Fazit Problemanalyse Bioökonomie

Die Verluste an Biodiversität sind nach wie vor hoch. Eine qualitative Änderung der Lage ist nicht in Sicht. Hinzu kommt, dass Untersuchungen zeigen, dass der anstehende Klimawandel eine weitere Bedrohung für die Biodiversität darstellt. Was kann die Klimaschutzpolitik leisten, um den Biodiversitätsverlust zu bekämpfen?

In den letzten Jahren hat sich 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 würden.

Ein zentrales methodisches Defizit ist, dass für die Substitution fossil durch erneuerbar die jeweiligen Vorketten beider Energieformen nicht ausreichend einbezogen werden. Dies mindert die Aussagekraft der Szenarien, nicht nur bezogen auf die Bioenergien. Zu den Vorketten können auch, wie dargestellt, indirekte Effekte gerechnet werden. Dabei kann dieser Forderung nach entsprechender Berücksichtigung, die von Teilen der Politik und von einigen Stakeholdern erhoben wird, wissenschaftlich nur mit unsicheren Ergebnissen entsprochen werden.

Erst der Blick auf die beschriebene Problematik der ökobilanziellen Vorketten der heutigen und zukünftigen Erneuerbaren Energien und ihre jeweilige Nutzung eröffnet ein ganz neues Blickfeld: Regulatorische Maßnahmen zur Optimierung der THG-Bilanzen von Erneuerbare Energien. Hierzu gehört auch das Thema stoffliche Biomassenutzung in Verwertungskaskaden.

Leider ist es weit verbreitet, das Vorkettenproblem (inklusive der indirekten Effekte) als exklusives Problem der Biomassenutzung zu sehen. Dabei zeigt die junge Geschichte der Erneuerbaren Energien am Beispiel der großen Wasserkraft oder Solarfelder auf fruchtbaren Ackerböden, dass diese Einschätzung nicht stimmt.

3 Zielkonflikte – Auswertung wichtiger Programmpapiere und Studien zur Bioökonomie

Ist die Klimaschutzpolitik angetreten, um den Klimawandel zu verhindern bzw. auf ein vertretbares Niveau zu begrenzen, steht sie in jüngerer Zeit im Verdacht, andere wichtige Entwicklungsziele zu überrollen. So benötigt die Klimaschutzpolitik Biomasse als Erneuerbare Energie. Dieser zusätzliche Bedarf kann aber dazu führen, die dargestellten Biodiversitätsverluste weiter zu steigern. Anderseits kann der Klimawandel sich als eine weitere herausragende Ursache für den verstärkten Biodiversitätsverlust etablieren, sofern keine Maßnahmen zu seiner Bekämpfung ergriffen werden. Ähnliche Zielkonflikte tun sich auf dem Feld der Nahrungsmittelversorgungversorgung auf. Diese Zielkonflikte fußen in der Regel auf der Landabhängigkeit der unterschiedlichen beschriebenen Ziele. Und Land ist im Grundsatz nicht vermehrbar, also begrenzt.
In diesem Kapitel werden wichtige Studien und Programmpapiere analysiert. Es werden die folgenden Fragen geprüft:

- Werden die Zielkonflikte erkannt und wenn ja, wie werden sie begründet?
- Werden Prioritätenentscheidungen getroffen und wenn ja, wie werden sie begründet?
- Werden Vorstellungen entwickelt, wie mit den Zielkonflikten umgegangen werden könnte?

Dieses Kapitel dient der politischen Analyse. Daher werden insbesondere die Publikationen der EU und der Bundesregierung und der sie beratenden Sachverständigengremien behandelt. Zusätzlich werden auch einige besonders relevante wissenschaftliche Veröffentlichungen wie die der UNEP oder des IPCC einbezogen. Die Auswahl der Studien und Programmpapiere ist nicht vollständig, aber sicherlich geeignet, um das relevante Meinungsspektrum abzubilden.

3.1 Europäische Kommission (2012)

Die EU hat sich völkerrechtlich bindend auf eine Senkung ihrer Treibhausgasemissionen verpflichtet. Im Dezember 2008 hat sie ein Richtlinien- und Zielpaket für Klimaschutz und Energie verabschiedet, das ambitionierte Zielvorgaben bis 2020 enthielt (die sogenannten 20-20-20-Ziele): 20 % weniger Treibhausgasemissionen (bezogen auf 2005), Steigerung der Energieeffizienz um 20 % sowie Erhöhung des Anteils der Energieversorgung aus erneuerbaren Quellen auf 20 %. Einen nicht unerheblichen Anteil dieser erneuerbaren Energieträger stellt Biomasse dar.

Das wichtigste Programmpapier der Europäischen Kommission zur Bioökonomie datiert aus dem Jahr 2012 und trägt den Titel „Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe“ [38]. Das acht Seiten umfassende Strategiepapier ist, was die Entwicklung des Bioökonomie-Sektors anbelangt, in seiner Orientierung sehr positiv aufgestellt. Zwar werden alle Hindernisse und auch die wesentlichen Zielkonflikte erwähnt und auch angemessen dargestellt, regulatorische Vorschläge sind aber nicht Teil des Strategiepapiers. Als wichtiges Handlungsfeld zur Lösung der Konflikte werden die Wissenschaft und Innovationen gesehen. Hierzu werden ohne erkennbare Schwerpunktsetzung eine Vielzahl von Einzelaktivitäten im Bereich der Forschung, der Zusammenarbeit und der Kommunikation vorgeschlagen.

Interessant ist die Statistik, die im Rahmen der Stakeholder-Befragung entstanden ist [39]: *„The outcome of the public consultation showed that most respondents were optimistic over the potential benefits of the bioeconomy. The main benefits perceived achievable in the short term were reducing waste and pollution (73%), providing agricultural advisory services and/or knowledge transfer systems to farmers (66%) and increasing the uses of bio-waste and other waste streams (64%). It is important to observe that respondents from public (61%) and private sector (51%) were more optimistic over the short term benefits of the bioeconomy than academic sector (43%) or NGOs (45%), which have a high share of respondents cautious over the perspective for the bioeconomy (23%).*

… The main concerns were that food security and resources in developing countries were put under pressure because of increased production for non-food use (80%); natural resources were overexploited and biodiversity decreased (70%); and deforestation increased due to food and non-food production (63%). Opinions differed according to sectors of respondents; NGOs (73%) and academic (54%) sectors believed that high risks were related to the expansion of the bioeconomy, while public (46%) and private (38%) sectors tended to minimise them.“

3.2 Deutsche Bundesregierung (2009 – 2013)

In der 17. Legislaturperiode der Bundesrepublik Deutschland wurde die Regierung von einer Koalition aus CDU, CSU und FDP gestellt.

3.2.1 Nationaler Biomasseaktionsplan (2009)

Bereits Anfang der 17. Legislaturperiode verabschiedete die Bundesregierung den „Nationalen Biomasseaktionsplan“ [40]. Danach sollte die Nutzung von Bioenergie in den drei Bereichen Wärme, Strom und Kraftstoff ausgebaut werden. Nach den damaligen Berechnungen reichte das Bioenergieaufkommen aus heimischen Quellen theoretisch aus, um eine Verdopplung des Bioenergieanteils von 2010 bis 2020 zu gewährleisten.

In diesem Programmpapier der Bundesregierung werden alle Zielkonflikte der Bioökonomie erkannt und es wird einer Politik das Wort geredet, die versucht, die konkurrierenden Belange zu harmonisieren und allen Aspekten gerecht zu werden. Technologisch ist man für alle Entwicklungsrichtungen offen. Es sollten technologische Entwicklungen im Wärme-, Strom- und Kraftstoffbereich, die in weiten Teilen noch nicht abgeschlossen sind, nicht zu früh abgeschnitten werden. Biokraftstoffe der 1. Generation werden als einzig verfügbare erneuerbare Alternative im Mobilitätssektor angesehen. Aber die stofflichen Verwendungsformen, z. B. in der verarbeitenden Industrie, sollten in der Regel Vorrang haben. Stoffliche Verwendungen versprechen nach Auffassung der Bundesregierung zumeist höhere Wertschöpfungen und können zudem gegenüber energetischen Verwendungen aus Gründen des Klima- und Ressourcenschutzes vorzugswürdig sein.

Auch wenn dies nicht explizit entwickelt wird, taucht das Treibhausgasminderungspotenzial der unterschiedlichen Entwicklungslinien der Bioenergie als wichtiges Qualitätskriterium auf und rechtfertigt beispielsweise die Einführung einer THG-Quote in das deutsche Biokraftstoffrecht.

3.2.2 „Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ (2010)

Mit der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ hat die Bundesregierung ebenfalls in der letzten Legislaturperiode wesentliche Eckpunkte zur Entwicklung der Bioökonomie gesetzt [41]. Mit dieser Strategie verfolgt die Bundesregierung die Vision, dass sich bis zum Jahr 2030 eine nachhaltige, bio-basierte Wirtschaft entwickelt hat, die ein vielfältiges Angebot an gesunden Nahrungsmitteln und hochwertigen Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen bereitstellt. Die „Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ setzt den programmatischen Rahmen für die nächsten Jahre. Mit der Forschungsstrategie werden fünf prioritäre Handlungsfelder gesetzt: weltweite Ernährungssicherheit, nachhaltige Agrarproduktion, gesunde und sichere Lebensmittel, nachwachsende Rohstoffe industriell nutzen sowie Energieträger auf Basis von Biomasse.

Für das Handlungsfeld Ernährungssicherheit sind insbesondere Pflanzenzüchtung, aber auch moderne Methoden im Pflanzenbau und in der Agrartechnik von Bedeutung. Die nachhaltige Agrarproduktion hängt insbesondere am Schutz von Klima, Natur, Boden, Wasser, Luft und wichtigen Nährstoffen. Hierzu gehört auch, den Kenntnisstand zum nachhaltigen Landmanagement auszubauen. Im Handlungsfeld nachwachsender Rohstoffe ist insbesondere das Forschungsfeld „Bioraffinerie“ von herausragender Bedeutung.

Zum Handlungsfeld Bioenergie werden auch die möglichen Zielkonflikte mit beispielsweise der Nahrungsmittelversorgung thematisiert. Daher wird im Bereich Bioenergie auch eher auf Rohstoffe, die nicht verzehrbar sind oder die aus dem Abfall- und Reststoffsektor stammen, verwiesen. Die Bundes-

regierung sieht bei der Bioenergienutzung die Vorteile des Einsatzes als Speicher- und Regelenergie für die Stromproduktion. Und sie setzt auf die Umweltverträgliche Bereitstellung von nachwachsenden Rohstoffen und auf die Entwicklung effizienterer Konversionsverfahren.

Insgesamt muss man sicher kritisieren, dass das Papier aus dem Jahre 2010 kein echtes Strategiepapier darstellt. Es steht war an keiner Stelle des Papiers etwas Unzutreffendes oder gar falsches, jeder kann sich im Gesagten wieder finden. Was aber fehlt, sind konkrete Vorschläge, wie die vorhandenen Zielkonflikte entschieden werden sollen, welche Handlungsfelder bei begrenzten Mitteln wirklich Vorrang haben sollten, und insbesondere, welcher regulatorischer Rahmen erforderlich ist, damit sich der Sektor in den notwendigen Prioritäten entwickeln kann.

3.2.3 Politikstrategie Bioökonomie (2013)

2013 hat die Bundesregierung eine Politikstrategie zur Bioökonomie beschlossen [42]. Der Fokus dieser Politikstrategie liegt auf den politischen Handlungsoptionen und strategischen Ansätzen, um die am Anfang der Dekade aufgekommenen öffentlichen Zweifel an der Sinnhaftigkeit der Biokraftstoffe und anderer Entwicklungslinien der Bioökonomie entgegen zu treten.

Die vorhandenen Zielkonflikte des Politikfeldes Bioökonomie werden klar adressiert: „Der Strukturwandel zu einer biobasierten Wirtschaft kann nur erfolgreich sein, wenn es gelingt, ihn mit der Sicherung der Ernährung sowie mit dem Schutz der Umwelt, des Klimas und der Biodiversität zu verbinden.“ Die Zielkonflikte werden in ihrer Ausprägung detailliert beschrieben. Es wird der politische Standpunkt eingenommen, dass über Harmonisierung, geeignete Praxis etc. alles unter einen sprichwörtlichen Hut zu bekommen ist. Es wird aber kein konkreter regulatorischer Handlungsrahmen vorgelegt, wie dies erreicht werden kann.

Prioritäre Handlungsfelder zur Entwicklung des Bioökonomiesektors sind nach Auffassung der Bundesregierung drei Querschnitts- und fünf thematische Handlungsfelder:

A. Kohärenter Politikrahmen für eine nachhaltige Bioökonomie
B. Information und gesellschaftlicher Dialog
C. Ausbildung und Lehre
1. Nachhaltige Erzeugung und Bereitstellung nachwachsender Ressourcen
2. Wachstumsmärkte, innovative Technologien und Produkte
3. Prozesse und Wertschöpfungsnetze
4. Konkurrenz der Flächennutzungen
5. Internationaler Kontext

Dem Autor des Papiers liegt insbesondere am Herzen, einen kohärenten Handlungsrahmen für den weiteren Ausbau der Bioökonomie zu finden. Hierzu wird gefordert:

- Überprüfungen und Anpassungen von Fördermaßnahmen im Bereich Bioenergie (Novellierung EEG, Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, Biokraftstoffregelungen).
- Ausbau der Förderung für die stoffliche Nutzung von Biomasse:
    - Die Förderprogramme des Bundes hinsichtlich Forschung und Entwicklung sollen zugunsten der stofflichen Nutzung ausgebaut werden.

Als Kriterien für eine mögliche Prioritätensetzung werden additiv genannt:

- Wertschöpfungspotential des jeweiligen Biomasseeinsatzes,

- Treibhausgaseffizienz,
- Flächeneffizienz,
- Arbeitsplätze etc.

Hierauf aufbauend wird die Auffassung vertreten, dass Biomasse vermehrt stofflich genutzt werden sollte. Bei energetischer Nutzung wäre der Strom- und Wärmegewinnung der Vorzug zu geben gegenüber der Mobilität. Es wird aber auch davon gesprochen, dass die Bundesregierung nach 2020 den moderaten Ausbau des Biokraftstoffsektors beschlossen habe. Eine klare Festlegung der entscheidenden Kriterien und hierauf aufbauende kohärente Prioritäten für den weiteren Ausbau leistet das Papier nur in Ansätzen. Neue instrumentelle Vorschläge zur regulatorischen Ausgestaltung der Handlungsfelder fehlen vollständig.

3.2.4 Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS) (2013)

Ebenfalls 2013 hat die Bundesregierung die „Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS) – Energie auf neuen Wegen“ vorgelegt [43]. Der Fokus dieses Programmpapiers aus dem Verkehrsministerium liegt auf dem Mobilitätssektor und den unterschiedlichen möglichen Zukunftsoptionen. Biomasse bzw. Biokraftstoffe sind daher nur eine von mehreren Optionen.

Während man von einem Programmpapier zur Bioökonomie nicht erwarten muss, welche konkreten Ziele der Verkehrssektor hat, wäre dies von einer expliziten Nachhaltigkeitsstrategie des Verkehrsministeriums schon zu erwarten gewesen. Hierzu erfährt man nichts. Es werden alle relevanten Entwicklungspfade beschrieben und gleichwertig gewürdigt. Positiv zu bewerten ist sicher der Mut, die THG-Quote für Biokraftstoffe als geeignete Steuerungsgröße auch für die anderen Entwicklungspfade zu propagieren.

Positiv ist sicher auch der Realismus, mit dem technologische Entwicklungen bewertet werden: „In der Vergangenheit hat sich immer wieder gezeigt, dass die Erwartungen an die großtechnische Realisierbarkeit zur Herstellung fortschrittlicher Biokraftstoffe (sogenannte Biokraftstoffe der 2. oder 3. Generation) an die vorliegenden Herausforderungen angepasst werden mussten. Der Auf- und Ausbau mengenbedeutsamer Kapazitäten zukünftiger Biokraftstoff-Optionen (zum Beispiel basierend auf Lignozellulose, Bioethanol, BTL-Kraftstoffe mit Fokus auf Diesel und Kerosin, Biomethan via SNG, Wasserstoff oder algenbasierten Kraftstoffe) wird vor diesem Hintergrund erst nach 2020 zu erwarten sein.“

Für Biokraftstoffe wird der zukünftig wichtigste Einsatzbereich im Flugverkehr gesehen. Im Schiffsverkehr sollte eher mit Flüssiggas gearbeitet werden.

Insgesamt ist zu kritisieren, dass die „Nationale Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie“ der Bundesregierung keine wirklichen Richtungsentscheidungen und trifft und keine Ziele für den Transportsektor festlegt.

3.2.5 Zwischenfazit Bundesregierung

Bewertet man die hier analysierten Programmpapiere der Bundesregierung zur Bioenergie insgesamt, so fällt auf, dass Probleme und auch notwendige Entwicklungen umfänglich beschrieben werden. Die politische Grundposition ist, dass man sich engagieren will, die widerstreitenden Interessen

unter einen Hut zu bringen. Was aber fehlt, sind konkrete regulatorische Vorschläge, wie dies gelingen kann.

3.3 Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2007/2011)

„Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) gehört zu den ersten Institutionen wissenschaftlicher Politikberatung für die deutsche Umweltpolitik. Er wurde im Jahr 1972 von der Bundesregierung eingerichtet. ... [Er] setzt sich aus sieben Professorinnen und Professoren verschiedener Fachdisziplinen zusammen, die über besondere wissenschaftliche Kenntnisse und Erfahrungen im Umweltschutz verfügen müssen. Die Zusammensetzung gewährleistet eine interdisziplinäre Arbeitsweise, insbesondere unter Berücksichtigung naturwissenschaftlicher, technischer, ökonomischer, rechtlicher und ethischer Gesichtspunkte.“[5]

Bereits 2007 hat der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) sich intensiv mit der Biomassenutzung für den Klimaschutz in Deutschland im Rahmen eines Sondergutachtens befasst [44]. Der SRU weist darauf hin, dass das Aufkommen an Biomasse begrenzt ist. Seine zentrale Botschaft in diesem Sondergutachten war es, die Biomassenutzung auf die Einsatzgebiete zu fokussieren, wo sie die höchsten Treibhausgaseinsparungen aufweisen. Dies sieht der SRU eher im Bereich Strom und Wärme und weniger im Transportsektor. Daher tritt er auch für eine Absenkung bzw. für einen Ausstieg aus der Biokraftstoffförderung ein.

Der SRU erkennt in seiner detaillierten Analyse der damals vorliegenden Ökobilanzen, dass die Unterschiede sehr stark von den gewählten Systemgrenzen abhängen (Was wird mit den Reststoffen gemacht?). Er spricht auch an, dass Wärme und Strom auch mittels anderer Erneuerbaren Energien gewonnen werden können. Er bezieht in seine Bewertung aber nicht ein, welche Alternativen die jeweiligen Sektoren tatsächlich haben. So kann auch eine Konsequenz aus der Begrenztheit einer Ressource die Forderung sein, die Nutzung dieser Ressource auf die Sektoren zu begrenzen, wo sie unverzichtbar ist. Damit wäre der Einsatz von Biomasse für die Stromerzeugung (auch über Biogasanlagen) und zu Heizzwecken eine Verschwendung, weil hierfür, wie man heute weiß, ausreichend Wind und Sonne zur Verfügung stehen. Folglich kommen heute andere Institutionen zu dem Ergebnis, Strom prioritär aus Wind und Sonne zu gewinnen [45].

Richtig war sicherlich die Einschätzung des Sachverständigenrates, die Einsatzgebiete der unterschiedlichen Erneuerbaren Energien möglichst bald an den THG-Einsparungskosten auszurichten.

In seinem Gutachten „Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung“ [46] hat der SRU sich mit der Biomassenutzung für die Stromproduktion auseinandergesetzt. Er beschränkt die Biomassenutzung aufgrund der Zielkonflikte mit möglichen Landnutzungsänderungen auf maximal 7 %, je nach Entwicklungsszenario, und empfiehlt: „Die Förderung für Biomasse sollte stärker auf Regelenergiedienstleistungen und Reststoffnutzung ausgerichtet und deshalb als Marktprämie ausgestaltet werden. Die Höhe der Vergütung sollte mit dem Anteil von Reststoffen an der eingesetzten Substratmasse steigen und der Bonus für Strom aus nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo-Bonus) wegen seiner negativen Umweltfolgen abgeschafft werden.“

[5] http://www.umweltrat.de/DE/DerSachverstaendigenratFuerUmweltfragen/DerSRU/auftragnode.html

3.4 Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2009/11)

„Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) wurde 1992 im Vorfeld der Konferenz der Vereinten Nationen über Umwelt und Entwicklung („Erdgipfel von Rio“) von der Bundesregierung als unabhängiges wissenschaftliches Beratergremium eingerichtet. Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WGBU) hat 2009 ein umfassendes und viel beachtetes Gutachten „Zukunftsfähige Bioenergie und Landnutzungsänderungen“ vorgelegt [47]. 2011 hat der WGBU mit seinem Gutachten „Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation“ die im Bioenergie-Gutachten entwickelten Vorschläge unterstrichen und insbesondere in Bezug auf Transformationsaspekte weiter entwickelt [34]. Der WGBU entwickelt in seinem Gutachten Leitbilder für den Ausbau der Biomassenutzung.

Er dokumentiert einerseits die Risiken, die mit einem Ausbau der Biomassenutzung einher gehen, wie die Nahrungsmittelversorgung gerade der besonders armen Länder, die von der Landwirtschaft erzeugten Emissionen und die Landnutzungsänderungen, die zu Verlusten beim Naturschutz (Biodiversität) führen.

Der WBGU sieht andererseits die Notwendigkeit, für essentielle Bereiche bzw. Sektoren auf Biomasse aus Klimaschutzgründen zurückgreifen zu müssen (beispielsweise für die stoffliche Nutzung). Er erkennt die strategischen Vorteile von Biomasse als Energieträger im Vergleich mit anderen Erneuerbaren Energien (Vielseitigkeit, Speicherbarkeit und Regelenergie). Und er betont auch die Möglichkeit, mit Bioenergie in Entwicklungsländern der Energiearmut entgegen treten zu können.

Er weist auch auf eine in Deutschland umstrittene Option der Bioenergie hin: der Kombination mit der Abscheidung und Einlagerun (Bio-CCS), die genutzt werden könnte, wenn es nicht gelingt, die Klimaschutzziele bis 2050 einzuhalten, der Atmosphäre wieder CO_2 zu entziehen.

Die zentrale Botschaft des WBGU lautet, dass die weltweit vorhandenen nachhaltigen Potenziale der Bioenergie genutzt werden sollten, solange Gefährdungen der Nachhaltigkeit ausgeschlossen werden können, insbesondere der Ernährungssicherheit sowie der Ziele von Natur- und Klimaschutz.

Der WBGU gibt hierfür auch quantitative Entwicklungspfade an. Zunächst fordert er eine Begrenzung des Energiebedarfs durch respektvollen Konsum und Effizienzsteigerung. Der Energiebedarf sollte 2050 nicht oberhalb von 400 bis 500 EJ pro Jahr liegen. Der aktuelle Wert liegt bei circa 350 EJ pro Jahr. In diesem Entwicklungspfad sollte der Bioenergieausbau nicht oberhalb von 100 EJ liegen (inkl. 50 EJ Biomasse aus Abfällen und Reststoffen, vergl. Tabelle ...), hinzu käme dann noch der Ausbau für die stoffliche Nutzung.

Tabelle 3: Erneuerbare Energien: Theoretische, technische und ökonomische Potenziale. [48]
Die Abschätzungen der nachhaltigen Potenziale stammen vom WBGU. Zum Vergleich: Der globale Primärenergieverbrauch lag 2008 bei 492 EJ. Quellen: WBGU, 2003, 2009a; IEA, 2010a; GEA, 2011

	Theoretisches Potenzial	Technisches Potenzial	Nachhaltig nutzbares Potenzial	Produktion 2008
	[EJ/Jahr]	[EJ/Jahr]	[EJ/Jahr]	[EJ]
Biomasse	2.400	800	100	50,3
Geothermie	41.700.000	720	22	0,4
Wasserkraft	504.000	160	12	11,6
Solarenergie	3.900.000	280.000	10.000	0,5
Windenergie	110.000	1.700	>1.000	0,8
Gesamt: erneuerbare Energien	46.000.000	283.500	>11.000	64

Da dieser Ausbau parallel zu einem Ausbau der Nahrungsmittelproduktion (Bekämpfung Hunger, Steigerung der Weltbevölkerung) stattfinden muss und der vermehrte Reichtum in Entwicklungs- und Schwellenländern eine Angleichung des Fleischkonsums an die Verhältnisse in Industrieländern nach sich zieht, sind die Zielkonflikte und Landnutzungskonkurrenzen klar umschrieben.

Etwa ein Viertel der weltweiten Treibhausgasemissionen sind heute direkte Emissionen der Landwirtschaft sowie resultieren aus Landnutzungsänderungen. Dies würde bei einem ungeregelten Ausbau bzw. Flächenumwandlung zu erheblichen Steigerungen führen, die neben Hunger und Biodiversitätsverlust auch aus Klimaschutzgründen Handlungsbedarf markiert.

Aber der WGBU geht nicht so weit, dass er aufgrund dieses Konfliktpotentials die Nutzung der Bioenergie grundsätzlich ablehnt. Er plädiert vielmehr für einen kontrollierten Ausbau. „Eine nachhaltige Bioenergienutzung ist daher nur möglich, wenn die Politik national und international Rahmenbedingungen setzt, die die Klimaschutzwirkung und Nachhaltigkeit der Bioenergienutzung gewährleisten.“ [34]. Daher ist der Schwerpunkt in beiden Gutachten eine Diskussion der national und international notwendigen politischen Randbedingungen, unter denen dieser Ausbau nur vertretbar erscheint. Und selbst bei einem Verzicht auf Bioenergie würde für den Agrarsektor gelten: „Ohne einen wesentlichen Beitrag der Landnutzung kann die Klimastabilisierung nicht gelingen. Daher sollte die Minderung von Treibhausgasemissionen zu einem weiteren Kernbestandteil neuer Strategien eines globalen, integrierten Landnutzungsmanagements werden. Die wichtigsten Ansatzpunkte dafür sind die Waldwirtschaft, die landwirtschaftliche Produktion sowie die Ernährungsweisen.“ [34].

Daher ist die weitere Ausdehnung der Agrarflächen zu Lasten von Wald und Weideland zu begrenzen. Dies soll im Wesentlichen durch Ordnungsrecht (Landesplanung, Raumordnung, Unterschutzstellung) und durch ökonomische Instrumente (internationales Emissionshandelssystem unter mittelfristigen Einbezugs des Agrarsektors, sowie „Payment for Environmental Services (PES) und REDD+ für tropische Länder) erfolgen.

Der WBGU weist auch auf die heute zu beobachtenden Degradationen durch Kohlenstoffverluste hin. Er nennt Gegenmaßnahmen wie die Verbesserung der Pflanzenbedeckung und weist auch auf Möglichkeiten hin, wie die Treibhausgasemissionen aus dem Ackerbau reduziert werden können (veränderte Bodenbearbeitung) und letztlich einen Kohlenstoffaufbau im Boden bewirken (Kohlenstoffsenke). Dies sind keine einfachen Aufgaben für die Landwirtschaft, weil parallel die zusätzlichen Produkte schwerpunktmäßig über Steigerungen der Flächenerträge erreicht werden sollen (1,2 bis 1,4 % pro Jahr).

Um mit der Bioenergie möglichst effizient umzugehen, gibt der WBGU in seinen Gutachten klare Empfehlungen. Für ihn ist die mögliche THG-Einsparung das entscheidende Kriterium. Hierbei legt er den Lebenszyklusgedanken zugrunde und verlangt eine vollständige Bilanzierung der THG-Emissionen inklusive direkter und indirekter Emissionen aus der Landnutzungsänderung. Aus den Berechnungen für die unterschiedlichen Einsatzgebiete von Bioenergie empfiehlt der WGBU die Beendigung bzw. die deutliche Reduzierung der Biokraftstoffquoten in Deutschland bzw. Europa. Er sieht bei der Nutzung der Bioenergie zum Heizen und für die Stromerzeugung höhere Effizienz gegeben. Für den Mobilitätssektor „erfolgt eine rasche Einführung von Elektromobilität, von Gasmobilität (Wasserstoff, Methan in Erdgasfahrzeugen mit Verbrennungsmotor) und ergänzend von Brennstoffzellenfahrzeugen. Für spezielle Verkehrssegmente (Langstrecken, Flug, Schiff usw.) wird eine ausschließliche Nutzung von Wind- und Solarkraftstoffen angenommen."

Kritisch an dieser Positionsbestimmung ist einerseits, dass sich LCA-Ergebnisse mit dem ökobilanziellen Erkenntnisfortschritt und natürlich mit dem technischen Fortschritt verändern können. So sind für zukünftige Neuanlagen die Mindestanforderungen an flüssige Biokraftstoffe vom Gesetzgeber deutlich angehoben worden (heute >35%, 2017 >50 %, 2018 > 60% THG-Einsparung gegenüber fossilen Energieträgern). Für die favorisierte Stromgewinnung aus Biogasanlagen existieren derartige Mindestanforderungen an eine THG-Effizienz nicht. Hier würde so manche Anlage schon mit den heute geltenden 35 % in Schwierigkeiten geraten. Aber auch hier bestünde natürlich Entwicklungspotential, wenn der Gesetzgeber Anforderungen setzen würde.

Dann ist heute unklar, wie sich die vom WBGU favorisierten Alternativen im Transportsektor zukünftig ökobilanziell darstellen werden. Schon die schlichte Notwendigkeit einer mehrfachen Energiewandlung im Fall des Wasserstoffantriebs (Primärenergie, Strom, Wasserstoff, Kraft) macht deutlich, dass für diese Empfehlung eine seriöse Szenarienberechnung notwendig wäre. Hinzu kommt, dass diese Alternativen in den nächsten Jahren bzw. Jahrzehnten wirtschaftlich nicht verfügbar sind, ähnlich wie Vorschläge, den Gütertransport neben der Bahn über elektrifizierte Autobahnen abzuwickeln. So wies der Verband der Chemischen Industrie erst kürzlich darauf hin, dass für die wirtschaftliche Herstellung von Methan oder Wasserstoff aus Strom ein längerer Zeithorizont zu veranschlagen ist [49]. Es ist im Kern daher zu kritisieren, dass der WGBU mit seinen Empfehlungen den Pfad der Technologieoffenheit verlässt.

Es fällt weiter auf, dass der WBGU die Kostenfrage augenscheinlich niedrig gewichtet. Strom und Wärme können heute kosteneffizient aus anderen Erneuerbaren Energien wie Wind oder Solar gewonnen werden. THG-Einsparungen im Sektor Ferntransporte von Menschen und Waren sind aktuell ohne Biokraftstoffe nicht möglich, einmal abstrahiert von den Fragen der Verkehrsvermeidung und Effizienzsteigerungspotenzialen über teure konzeptionelle Optionen. Das lenkt auf das Kriterium der vorhandenen realistischen Prioritäten. Sollte das Kriterium für die Verteilung eines knappen Gutes dann nicht eher danach ausgerichtet sein, wo wir Knappheit an finanzierbaren Alternativen zur Biomasse haben?

3.5 Rat für Nachhaltige Entwicklung (RNE) (2011)

„Die Bundesregierung hat im Jahr 2001 den Rat für Nachhaltige Entwicklung berufen. Er berät sie in ihrer Nachhaltigkeitspolitik und soll mit Vorschlägen zu Zielen und Indikatoren zur Fortentwicklung der Nachhaltigkeitsstrategie beitragen sowie Projekte zur Umsetzung dieser Strategie vorschlagen."[6]

[6] http://www.nachhaltigkeitsrat.de/der-rat/auftrag-des-rates/

Der Rat für Nachhaltige Entwicklung hat in seinem Gutachten „Gold-Standard Ökolandbau“ [50] mit dem nationalen Wettbewerb um den Produktionsfaktor Boden befasst. Er fordert, dass die Nahrungsmittelproduktion Vorrang vor der Bioenergieproduktion haben muss. Der Öko-Landbau sollte nach Auffassung des Beirates zum Leitbild der Landwirtschaft in Deutschland bzw. Europa ausgebaut werden. Aber: „Um seine Leitbildfunktion zu erfüllen, muss der ökologische Landbau nachweisen, langfristig und bei hohen Verbreitungsraten ein höheres Gewinn- und Nutzenniveau zu erzielen.“

2010 erreichte die „Biofläche“ in Deutschland erstmals 1 Mio. ha. Sie ist damit in der gleichen Größenordnung angekommen wie die Flächenanteile für Bioenergie. Eine weitere Ausdehnung der Flächen für den Ökolandbau wird vom RNE aus Biodiversitäts- und Klimaschutzgesichtspunkten befürwortet.

Ein Diskussionspunkt über das Gutachten des Rates für Nachhaltigkeit hinaus ist die Frage, welche zusätzlichen Flächen dieser Ausbau indirekt verursachen würde, weil Ökolandbau mit geringeren Erträgen verbunden ist. Somit müsste, um den erforderlichen Bedarf zu decken, ähnlich wie beim Thema Klimabilanz von Biokraftstoffen, die direkten und die indirekten Emissionen von Landnutzungsänderungen einbezogen werden. Zumindest bestünde das Problem, dass ein Ausbau des Ökolandbaus die Flächenpotenziale für Klimaschutz/Bioenergie verringern könnte.

Der Rat weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass der ökologische Landbau nicht nur hinsichtlich der Düngereffizienz bei wesentlichen Pflanzennährstoffen, sondern auch hinsichtlich des Energieeinsatzes pro Hektar vorteilhaft ist [51, 52]. Auch werden wichtige Gründe aufgezeigt, warum die Fokussierung auf den reinen Hektarertrag die Leistungen des Ökolandbaus unvollständig abbildet. Und schließlich sieht der Rat auch Potenzial, um die heute vorhandene Ertragslücke zu schließen (z.B. durch auf den Ökolandbau hin optimierte Züchtungen).

Regulatorische Forderungen des Rates zielen in Richtung einer Einbeziehung der Landwirtschaft in die Klimaschutzgesetzgebung. Und der Rat tritt für die Einführung einer Umweltabgabe ein: „Der Rat erwartet sich von der Einführung einer lenkenden Umweltabgabe positive Wirkungen auf Biodiversität und Stickstoffeintrag in die Fläche sowie eine Angleichung der Wettbewerbsbedingungen für herkömmliche wie ökologisch wirtschaftende Betriebsverfahren.“

3.6 Die Ethik-Kommission - Sichere Energieversorgung (2011)

„Die von Angela Merkel am 22. März 2011 berufene "Ethikkommission für sichere Energieversorgung" ... wurde nach den Nuklearunfällen von Fukushima eingesetzt, um innerhalb von drei Monaten über Risiken und gesellschaftliche Bewertungen der Kernenergie und anderer Energieformen zu beraten und Vorschläge für den Übergang zu erneuerbaren Energien zu erarbeiten.“[7]

Die Ethik-Kommission „Sichere Energieversorgung“ hat in ihrem Gutachten aus dem Jahr 2011 „Deutschlands Energiewende – Ein Gemeinschaftswerk für die Zukunft” [53] u.a. betrachtet, wie sich die Stromlücke beim Abschalten der deutschen Atomkraftwerke schließen ließe. Hierfür rechnet die Kommission mit 2,5 Gigawatt aus Biomasseverstromung (davon 2 GW ohnehin erwarteter Zubau).

Sie erkennt in diesem Szenario auch die Risiken der Bioenergie-Nutzung: „Die Konkurrenz landwirtschaftlicher Flächennutzung mit der Nutzung von Flächen zur Energieherstellung ist ein zunehmend wichtiger werdendes Problem. Direkt für die menschliche Ernährung geeignete landwirtschaftliche

[7] http://www.nachhaltigkeit.info/artikel/ethikkommissionsichereenergieversorgung1495.htm

Produkte wie Weizen, Mais und Soja werden zum Zwecke der Energieversorgung angebaut, was den Konflikt zwischen „Tank oder Teller“ schürt. Die Zukunft kann indessen nur darin liegen, dass der Produktion von Nahrungsmitteln Vorrang gegeben wird und der Anbau von Biomasse (Bioenergien) nach den Maßstäben der Nachhaltigkeit erfolgt. Die Zertifizierung der Biomasse-Produktion soll die Nachhaltigkeit von Landnutzung, Anbaumethoden und Verwendung der Produkte sicherstellen.“

Das hiermit erkannte Knappheitsproblem von Biomasse löst die Ethikkommission damit, dass sie die Bioenergie-Verstromung zukünftig nur noch in KWK-Anlagen zulassen möchte. Dies würde einen weitgehenden Umbau der heutigen Praxis der Bioenergienutzung im Stromsektor bedeuten.

Die Ethikkommission sagt aber auch: „Die Eignung verschiedener Arten der Biomasse für die energetische Nutzung sollte neu überprüft und die Forschung unter Berücksichtigung von systemischen Gesichtspunkten vorangetrieben werden. Größere CO_2- und Energieminderungspotenziale liegen in der stofflichen Nutzung von Biomasse.“

3.7 Die Shell-Studie (2012)

„DISCLAIMER: Die vorliegende Studie ist eine unabhängige Expertise der wissenschaftlichen Institute International Institute for Sustainability Analysis and Strategy (IINAS) und Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU). Ihr Ziel ist es, die aktuelle Diskussion über die Rolle von Biokraftstoffen im Kraftstoffmix der Zukunft zu befördern. Inhalte und Aussagen geben ausschließlich die Sichtweise und Meinung der beteiligten IINAS- und IFEU-Autoren wieder. Sie können, müssen aber nicht notwendigerweise mit Positionen des Auftraggebers (Shell) übereinstimmen. Ausgenommen hiervon ist Kapitel 5 (Technische Kompatibilität von Biokraftstoffen), welches von Shell Autoren verfasst wurde.“ [54].

Die Autoren von gehen von einer großen Zukunft für Biokraftstoffe aus. „Voraussetzung dafür ist, dass sich Biokraftstoffe erfolgreich vier zentralen Herausforderungen stellen:

- Die Entkopplung ihrer Rohstoffbasis von Nahrungs- und Futtermitteln – Stichwort Ernährungssicherung;
- Die reale Netto-Reduktion von Treibhausgasen gegenüber fossilen Kraftstoffen – Stichwort iLUC ;
- Die Flächen- und Ressourceneffizienz – Stichwort Kaskadennutzung;
- Die Kosteneffizienz – Stichwort konkurrierende Optionen (Elektromobilität, erneuerbare Flüssigkraftstoffe).“

Interessant ist das von den Autoren für die Allokation von Biomasse gewählte Kriterium. Hiernach hat Biomasse den größten Nutzen im Ersatz von Kohle im Stromsektor und für den KWK-Einsatz.

Die Autoren sehen Biokraftstoffe nur langfristig als eine Option im Verkehrssektor. Aber bevor dies geschehen kann, müssen erst einmal die Effizienz-Hausaufgaben gemacht werden: „Zunächst einmal müssen im Verkehrssektor – technische Verbesserungen vorausgesetzt – wesentlich effizientere Fahrzeuge zum Einsatz kommen. Dies geschieht vorzugsweise durch eine signifikante Verbesserung konventioneller Antriebstechnik und eine zunehmende Elektrifizierung der Pkw-Flotte (Hybrid; Elektro), insofern kostengünstige Batterien verfügbar werden.“ Allerdings bleibt dabei offen, warum diese sicherlich richtige Voraussetzung für den Einsatz knapper Biomasse nicht auch für alle anderen Einsatzbereiche wie den Stromsektor oder den Wärmemarkt auch gelten sollte.

Und wenn diese Voraussetzungen gegeben sind, dann sollten Biokraftstoffe nach der Shell-Studie nur dort eingesetzt werden dürfen, wo es zum Verbrennungsmotor keine Alternativen gibt: schwere Lkw im Straßengüterfernverkehr, Verkehrsflugzeuge sowie eventuell die Schifffahrt.

Allerdings müssen diese Biokraftstoffe dann nachhaltig hergestellt sein und sie müssen einer neuen Generation entstammen, der 2. Generation. Dieser Switch von der 1. auf die 2. Generation der Biokraftstoffe wird in der Shell-Studie als „Bio-Wende" in Anlehnung an die Energiewende bezeichnet. Die Autoren glauben, dass die Bio-Wende nach 2020 nur dann erfolgen würde, wenn ihr Aufbau im erforderlichen Umfang subventioniert würde (europäisches Markteinführungsprogramm) und wenn über die Einbeziehung von iLUC die Biokraftstoffe der 1. Generation die nach FQD und RED erforderlichen Mindesteinsparungen nicht mehr erbringen können. Als Rohstoffe der 2. Generation sollten Hölzer aus mehrjährigen Plantagen (Kurzumtriebsplantagen) oder mehrjährigen Gräsern (Sorghum beispielsweise) verwendet werden. Und der Anbau dieser Pflanzen sollte auf freiwerdenden oder degradierten Flächen erfolgen, um nicht in Konkurrenz zu Nahrungsmitteln zu stehen.

Unter diesen Voraussetzung sollte nach 2020 die Biomasse sukzessive aus den Sektoren Strom und Wärme abgezogen und auf den Transportsektor fokussiert werden.

3.8 Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2012/13)

„Die Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina ist seit 2008 die Nationale Akademie der Wissenschaften. Sie bearbeitet unabhängig von wirtschaftlichen oder politischen Interessen wichtige gesellschaftliche Zukunftsthemen aus wissenschaftlicher Sicht, vermittelt die Ergebnisse der Politik und der Öffentlichkeit und vertritt diese Themen national wie international."[8]

Die Nationale Akademie der Wissenschaften (Leopoldina) hat 2012 (in Englisch [55]) und 2013 (in deutscher Übersetzung) ein Papier zur Entwicklung der Bioökonomie vorgelegt. In der deutschsprachigen ergänzten Fassung vertritt die Leopoldina eine wenig optimistische Auffassung zur Zukunft der Bioenergie bzw. Bioökonomie [56] – „vor allem weil davon auszugehen ist, dass fast die gesamte Biomasse, die weltweit nachhaltig angebaut werden kann, in Zukunft erforderlich sein könnte, um die wachsende Weltbevölkerung mit aus Biomasse gewonnenen Lebensmitteln und Waren zu versorgen, wenn Länder wie Brasilien, China und Indien den europäischen Lebensstandard erreichen und die entsprechende Ernährungsweise der industrialisierten Gesellschaft übernehmen. Nachhaltiger Anbau bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die ökologischen, klimatischen und Umweltkonsequenzen und die Auswirkungen auf die biologische Vielfalt durch den Anbau geringfügig sind, ..."

Die Untersuchung der Leopoldina stellt insbesondere im Kapitel 1 der wissenschaftlichen Studie viele Daten und Argumente zusammen, die auf die Knappheit von Flächen und Biomasse eingehen. Auch werden wichtige Aspekte der negativen Effekte intensiver landwirtschaftlicher Produktion beleuchtet. Allerdings sollte der am Ende überzeugte Leser wissen, dass man derartige Zusammenstellungen auch für Windkraft (on-shore, off-shore), Wasserkraft oder Photovoltaik schreiben kann. So werden Solarkollektoren häufig unter Verwendung von giftigen Schwermetallen (Cadmium) hergestellt.

Es ist legitim, dass eine wissenschaftliche Einrichtung, im Unterschied zu anderen Einrichtungen (wie IPCC oder der nationale Bioökonomierat), die Probleme höher gewichtet oder die Lösungschancen skeptischer sieht. In diesem Sinn stimmt die oben angeführte Selbsteinschätzung der Leopoldina.

[8] http://www.leopoldina.org/de/ueber-uns/ueber-die-leopoldina/rolle-der-leopoldina/

Auffällig ist die Diskrepanz zwischen den Empfehlungen und den wissenschaftlichen Ausführungen. Die Empfehlungen werden auf die wissenschaftlichen Ausführungen gestützt, aber nicht stringent abgeleitet. So würde man gerne genauer wissen wollen, wie sich die Leopoldina-Empfehlungen im Einzelnen wissenschaftlich begründen lassen. Aus dieser Diskrepanz lassen sich die Widersprüche in den Empfehlungen erklären. Dazu zwei zentrale Empfehlungen als Zitat:

„Bisher wurde Biomasse zum größten Teil für Heizungszwecke (das meiste Holz) und für die Erzeugung von Elektrizität (das meiste Biogas) genutzt. Das ist insofern problematisch, als Biokraftstoffe für den Transport langfristig wohl am schwierigsten zu ersetzen sind. Die Umwandlung von Biomasse sollte überwiegend auf Biotreibstoffe für Schwerlastwagen, Flugzeuge und Lastschiffe ausgerichtet sein, die wahrscheinlich auch in Zukunft nicht elektrisch betrieben werden können."

„Insbesondere sollte darauf gedrängt werden, das EU-2020-Konzept zu überdenken, das darauf abzielt, möglichst 10 Prozent des Treibstoffes für Transportzwecke aus Biomasse bereitzustellen. Vielmehr sollte sich Deutschland auf andere erneuerbare Energieressourcen konzentrieren wie Photovoltaik, Solarthermie und Windenergie, deren Flächeneffizienz, Treibhausgas-Emissionen und andere Umweltbeeinträchtigungen niedriger sind als die von Bioenergie. Die Einsparung von Energie und Verbesserungen der Energieeffizienz sollten Vorrang haben."

Trotz der vielen Unwägbarkeiten geben die Wissenschaftler der Leopoldina, wie Technologieempfehlungen, was aus ihrer Sicht zukünftig sinnvoll ist und was nicht. Hier ein Beispiel [55]: „Die Produktion von Bioethanol aus Stärke oder Zucker, die primär als Lebensmittel dienen, ist für Deutschland aufgrund der damit verbundenen Klima relevanten und ökologischen Folgen nicht zu empfehlen (siehe Kapitel 1). Gleiches gilt für den Import von Bioethanol, der aus diesen Rohstoffen hergestellt wird. Hingegen ist eine Kombination von Bioethanol- und Biogasproduktion – bevorzugt aus Rest- und Abfallstoffen – in kleineren dezentralen Anlagen begrenzt vertretbar, soweit die internen Energieflüsse optimal genutzt und alle ökologischen Aspekte Berücksichtigung finden."

Weiter unten wird die Frage untersucht, wie sinnvoll es ist, auf der gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnislage derart konkrete technologische Handlungsempfehlungen zu geben.

3.9 BioÖkonomieRat (BÖR) (2012/13)

„Der Bioökonomierat berät die Bundesregierung bei der Umsetzung der "Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030" mit dem Ziel, optimale wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen für eine biobasierte Wirtschaft zu schaffen. Das Ziel des Bioökonomierates ist es, in Deutschland sektorübergreifend eine biobasierte Wirtschaft zu etablieren, die mit möglichst wenig fossilen Rohstoffen auskommt."[9]

Der BioÖkonomieRat (BÖR) hat in seinem Gutachten „Die Zukunft im Sektor Lebensmittel, Ernährung und Gesundheit" [57] Empfehlungen ausgesprochen, die sich allerdings schwerpunktmäßig an die Forschung richten. Er weist in diesem Gutachten darauf hin, dass 2011 in Deutschland bereits 2 Millionen ha an Ackerflächen (16,5 %) für die Gewinnung von Bioenergie genutzt werden. Diese Zahlen spiegeln die gestiegene Bedeutung des Sektors wieder. Der BÖR behandelt in seinem Gutachten die Widersprüche und Nutzungskonkurrenzen, die national und auch global zwischen Bioenergie- und Nahrungsmittelsektor entstehen. Forschungsbedarf sieht der BÖR insbesondere in den folgenden drei Themenfeldern:

[9] http://www.biooekonomierat.de/biooekonomierat.html

1.) die Lebensmittelproduktion im Kontext des Wettbewerbs um Biomasse,
2.) die Nachhaltigkeit in der Herstellung und Verarbeitung der Lebensmittel und
3.) das Verbraucherverhalten.

Seine konkreten Handlungsempfehlungen für vertiefte Forschung formulieren keine wirklich neuen Gedanken und verlaufen stark entlang der Linie „Effizienzsteigerung“ und „verbesserte Nachhaltigkeit“.

Mit seinem Gutachten **„**Nachhaltige Nutzung von Bioenergie **–** Empfehlungen des BioÖkonomieRats“ [58] greift der BÖR die gesamte Breite der kontroversen Diskussion um die Biomasseentwicklung auf. Bei der Analyse und Bewertung geht er aber wenig in die Tiefe. Der BÖR vertritt im Kern eine „sowohl als auch“-Position: Die Bioökonomie bietet große Chancen, ein Ausbau ist sinnvoll, die damit verbundenen Zielkonflikte und Risiken müssen gelöst werden. Die Lösungsvorschläge zur Harmonisierung werden aber nur sehr allgemein entwickelt.

Schade ist, dass der BÖR sich, wie viele andere Gremien leider auch, lang und breit über technologischen Zukunftsempfehlungen für Vorzugsvarianten äußert, wie: besser Biogaserzeugung auf Güllebasis mit KWK-Anlagen, Hackschnitzelverbrennung aus Waldrestholz oder Kurzumtriebsplantagen, oder Stroh in bestehende Großkraftwerke usw. usf. Nicht, dass diese Varianten abwegig wären. Es gibt auch Erkenntnisse, die heute für eine Wirtschaftlichkeit dieser Empfehlungen sprechen. Dies kann morgen aber schon anders sein. So kann es auch sein, dass unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten andere Varianten morgen das Rennen machen. Daher ist die Frage spannend, die Kernkompetenz von Biomasse zu betrachten. Hier weist der BÖR auf ein sehr wichtiges Kriterium für Zukunftsempfehlungen hin: „Daher ist es unter anderem erforderlich, in Deutschland die Förderung der Biomasse so zu gestalten, dass die positiven Effekte im Bereich der Stromversorgung wie Speicherbarkeit und Regelfähigkeit stärker zum Tragen kommen.“

Mit seinem „Eckpunktepapier des Bioökonomierates: *Auf dem Weg zur biobasierten Wirtschaft*“ legt der BÖR seine laufenden Forschungsanstrengungen fest [59]. Er betont die Bedeutung der Bioökonomie für den Standort Deutschland als Teil einer innovativen Wettbewerbsstrategie. Der Bioökonomierat hat Themenbereiche identifiziert, in denen politisches Handeln zur Unterstützung von Forschung und Entwicklung sowie Umsetzung prioritär ist. Dazu gehören:
1) Rohstoffproduktions- und Sicherungsstrategien,
2) bioökonomische Wettbewerbsfähigkeit,
3) Verbrauchernutzen und Gesundheit,
4) Umwelt- und Naturpflege,
5) Garten- und Landwirtschaft,
6) Innovationsförderung,
7) Aquakulturen,
8) Bioökonomie-Technologien sowie
9) Innovationen in Regelwerken, die die Bioökonomie befördern.

In seinen Politikempfehlungen für die angelaufene (18.) aktuelle Legislaturperiode [60] beschreibt der BÖR die wichtigsten Handlungsfelder für die neue Bundesregierung. Seine Empfehlungen adressieren sowohl die Chancen als auch die Risiken einer stärkeren Nutzung von Biomasse für energetische und stoffliche Zwecke. National wird eine Korrektur der Einspeisevergütungen des EEG für Biomasse gesehen. Es bleibt aber offen, was exakt der BÖR als korrekturbedürftig ansieht. Der Orientierung auf eine bevorzugte Nutzung von Biomasse zur stofflichen Verwendung inklusive von Nutzungskaskaden kann sicher nicht widersprochen werden.

Insgesamt fällt auf, dass die Publikationen des BioÖkonomieRats wenig in die Tiefe gehen, wenn man die Papiere mit denen anderer Beiräte der Bundesregierung vergleicht. Und bei den Empfehlungen wird relativ allgemein und unkonkret formuliert, was sicherlich den Konsens fördert, aber nicht immer die Mühen der Ebene bei der Umsetzung derartiger richtiger Programmsätze reflektiert. Schließlich ist zu bemängeln, dass der BioÖkonomieRat beim Themenkomplexes wenig Präsenz zeigt.

3.10 Umweltbundesamt (2013)

Das Umweltbundesamt – 1974 per Gesetz eingerichtet – ist die wissenschaftliche Umweltbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). „Das UBA versteht sich als ein Frühwarnsystem, das mögliche zukünftige Beeinträchtigungen des Menschen und der Umwelt rechtzeitig erkennt, bewertet und praktikable Lösungen vorschlägt.“[10]

Im Gegensatz zur Bundesregierung geht das Umweltbundesamt mit seinem Papier „Globale Landfläche und Biomasse nachhaltig nutzen“ von 2013 hinsichtlich regulatorischer Vorschläge konkreter vor [15]. Auch das Umweltbundesamt ist in diesem Papier eher skeptisch, was die ausreichende Verfügbarkeit von Flächen für den Biomasseanbau anbelangt. Daher ist es sowohl bei der Nutzung von Biomasse als Regelenergie im Stromsektor als auch als Biokraftstoff im Mobilitätssektor für eine Weiterentwicklung von Alternativen. Das UBA vertritt in diesem Papier die Position, dass Biomasse nur dort eingesetzt werden sollte, wo es zu ihr keine andere Alternative aus dem EE-Sektor gibt.

Zur Förderung einer ökologischen und klimagerechten Ernährung (u.a. Reduzierung des Fleischkonsums) empfiehlt das UBA der Bundesregierung, mittels erhöhter Steuern zu arbeiten (Stickstoffsteuer, Eiweißsteuer, Fettsteuer). Die Anreize zur Förderung der Bioenergie sollten nicht weiter gesteigert werden. Vielmehr sollten die Anreize zur Nutzung von Rest- und Abfallbiomasse ausgebaut werden.

Das UBA kritisiert die deutsche THG-Quote als Biokraftstoffförderungs-Quote und tritt für eine technikoffene THG-Quote im Verkehrsbereich ein.

3.11 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2011)

Das Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen) wurde von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) ins Leben gerufen, ... „um Entscheidungsträgern und anderen am Klimawandel Interessierten eine objektive Informationsquelle über Klimaänderungen zur Verfügung zu stellen. ... IPCC-Berichte sollten politisch neutral sein, obgleich sie sich objektiv mit politisch relevanten wissenschaftlichen, technischen und sozioökonomischen Faktoren befassen müssen. Sie sollten hohen wissenschaftlichen und technischen Standards genügen und möglichst eine Vielzahl an Meinungen und Fachkenntnissen sowie eine breite geographische Verteilung widerspiegeln.“[11]

Das IPCC hat sich mit seinem 2011 veröffentlichten Bericht über die Rolle der Erneuerbaren Energien zur Bekämpfung des Klimawandels [12] auch intensiv mit der Bedeutung der Bioenergie auseinander gesetzt. Abbildung 17 gibt einen Überblick über die heute genutzte Bioenergiemenge und eine Projektion des Potenzials für das Jahr 2050.

[10] http://www.umweltbundesamt.de/das-uba/wer-wir-sind
[11] http://www.de-ipcc.de/de/119.php

Das technische Potenzial wird mit 500 EJ angegeben (roter Pfeil), wobei IPCC detailliert die Risiken eines sehr hohen Biomasseausbaus analysiert. Es wird unterstrichen, dass dieser Ausbau nur vertretbar ist, wenn er in entsprechende Politiken eingebettet ist, die die anderen relevanten Schutzziele wie Biodiversität oder die Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung im Blick haben. Daher führt eine detaillierte politische Analyse (Chapter 2 Review) dazu, die verfügbare Biomassemenge niedriger anzusetzen (100 bis 300 EJ (blauer Pfeil), je nach Governance Randbedingungen).

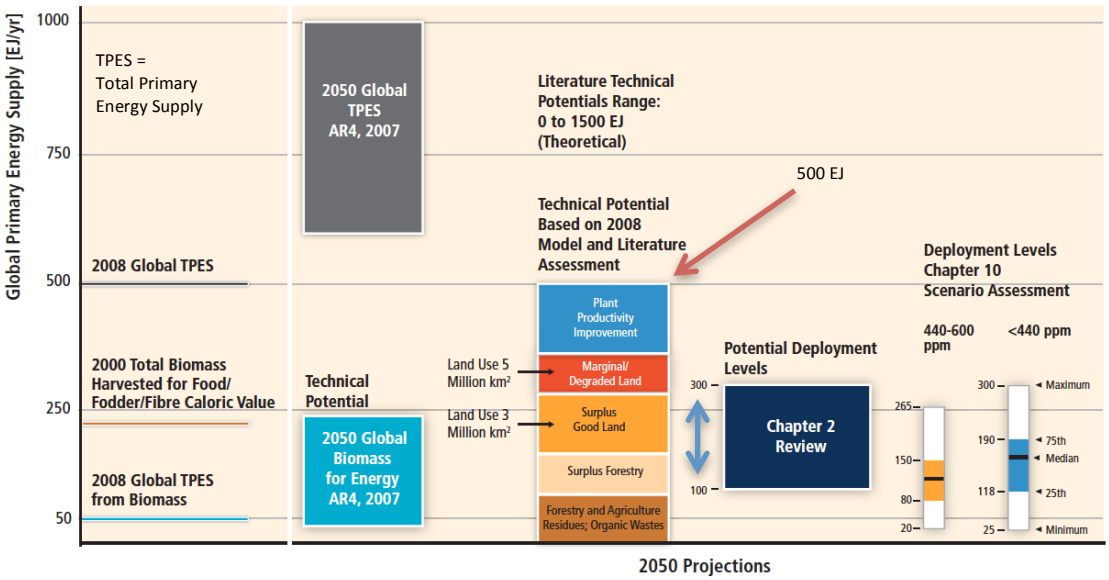


Abbildung 17: Potenzial für Biomasse zum Klimaschutz [12, ergänzt]

3.12 International Resource Panel (2014)

„The International Resource Panel was established in 2007 to provide independent, coherent and authoritative scientific assessment on the sustainable use of natural resources and the environmental impacts of resource use over the full life cycle.“[12]

2014 hat das „International Resource Panel“ des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) eine Untersuchung zum Thema „Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply“ vorgelegt [61]. In dieser Untersuchung betrachten die Autoren die Entwicklung der Agrarproduktion bis 2050.

Der methodische Ansatz für diese Untersuchung nutzt das von Rockström et. al entwickelte Konzept des „Safe Operating Space“ (SOS) [62]. Nach diesem Konzept gibt es neun globale Prozesse (eigentlich zehn, aber da der Phosphor- und Stickstoffzyklus miteinander verzahnt sind, zählen sie als ein Prozess), deren planetarische Grenzen (planetary boundaries) nicht überschritten werden sollten, weil andernfalls die Stabilität des Systems Erde in Gefahr ist. Innerhalb dieser Grenzen (grüner Kreis) ist die Bewirtschaftung einigermaßen sicher, so das Konzept. Einer dieser Prozesse ist Landnutzungsänderung („Change in land use“). 2009 wurden bereits vier Prozesse identifiziert, die die planetarische Grenzen erreicht – Phosphorzyklus – oder sogar überschritten haben – Verlustrate der biologischen Vielfalt (terrestrisch und marin), Klimawandel und Stickstoffkreislauf (rote Segmente).

[12] http://www.unep.org/resourcepanel/

Entscheidend für die erfolgreiche Anwendung dieses Konzeptes ist die Ableitung des Grenzwertes zur Festlegung des SOS. In der Untersuchung des „International Resource Panel“ wird ein Flächengrenzwert für die Agrarproduktion über die Biodiversität abgeleitet. Fußend auf einer Arbeit von van Vuuren soll ab 2020 erreicht sein, dass der Naturschutz keine weiteren Flächen mehr an die Landwirtschaft verliert [63]. Der Grenzwert ergibt sich nach dieser Festlegung dann aus den bis 2020 zu erwartenden Flächenverlusten bzw. -zugewinnen für die Landwirtschaft. Bis 2020 vermuten die Autoren eine Zunahme der heutigen Ackerflächen (cropland) um 190 Millionen ha, wobei 90 Millionen davon der Kompensation an Verlusten aus der Urbanisierung dienen. Der Grenzwert für die globale Ackerfläche beläuft sich hiernach auf 1,64 Milliarden ha. Die Autoren vergleichen diesen SOS in ihrer Untersuchung mit den zu erwartenden Flächenausdehnungen mit Hilfe der Szenarientechnik [61].

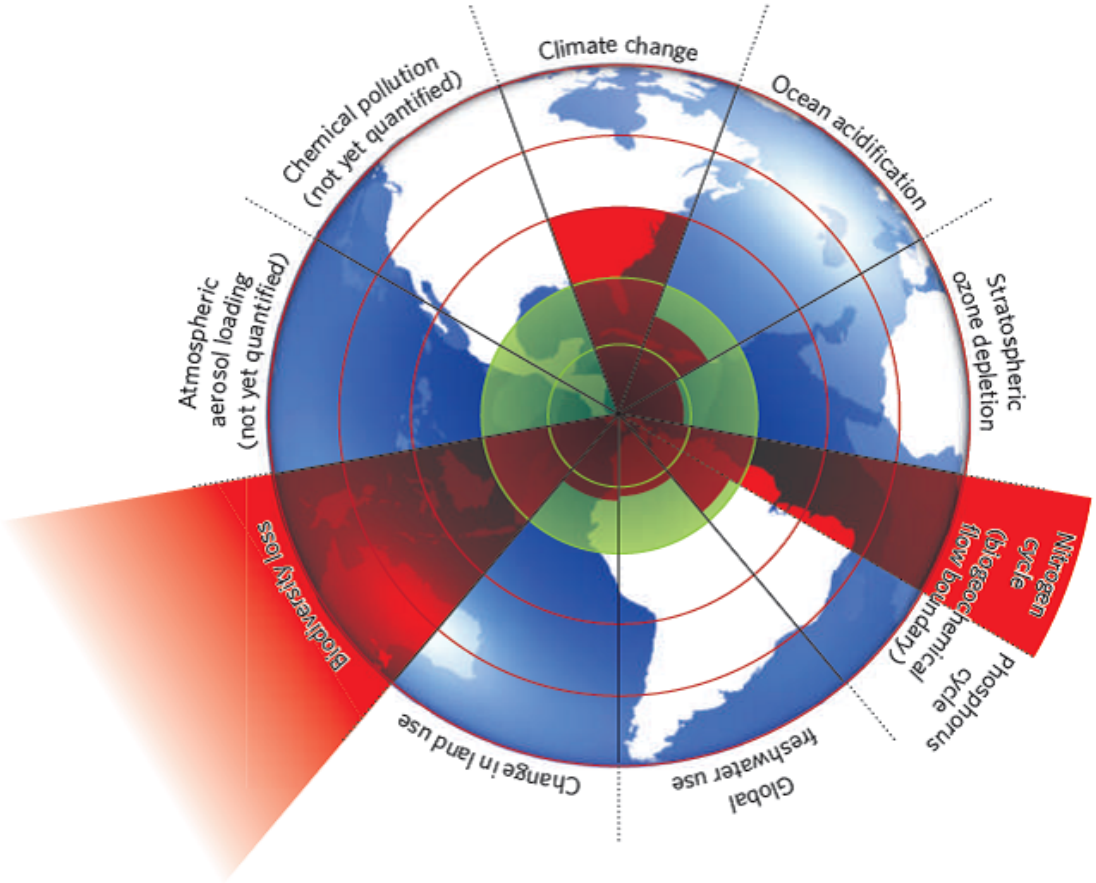


Abbildung 18: Globale Prozesse, bei denen ein Überschreiten der planetarischen Grenzen die Stabilität des Systems Erde in Gefahr ist; Status 2009 [64]

Abbildung 19 zeigt, dass der „Safe Operating Space“ bis 2050 deutlich überschritten würde. Daher beschäftigen sich die Autoren intensiv mit der Frage, wie diese Entwicklung verhindert werden könnte. Im Ergebnis soll die Flächenausdehnung oberhalb der SOS-Grenze durch eine Reduktion der Nahrungsmittelproduktion verhindert werden (weniger Abfälle, weniger Fleischkonsum). Gleichzeitig soll die heutige Biokraftstoffproduktion nicht weiter gesteigert, sondern wieder zurückgefahren werden. Und auch Expansionen in anderen Sektoren der Biomassenutzung, beispielsweise die stoffliche Biomassenutzung, können nur sehr begrenzt erfolgen. Die Urbanisierung zu Lasten fruchtbarer Böden soll bekämpft und die Erträge auf den vorhandenen Agrarflächen in einem ökologisch vertretbaren Umfang gesteigert werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wird ein ganzes Bündel an einzelnen Politiken vorgeschlagen, die in vier Segmente untergliedert werden:

- Überwachung der Landnutzung,
- Setzen von Zielen für den langfristigen Ressourcenverbrauch,
- Nachjustieren der existierenden Politik und Setzen neuer Regulierungen, wenn erforderlich,
- Maßnahmen evaluieren und daraus Lehren ziehen.

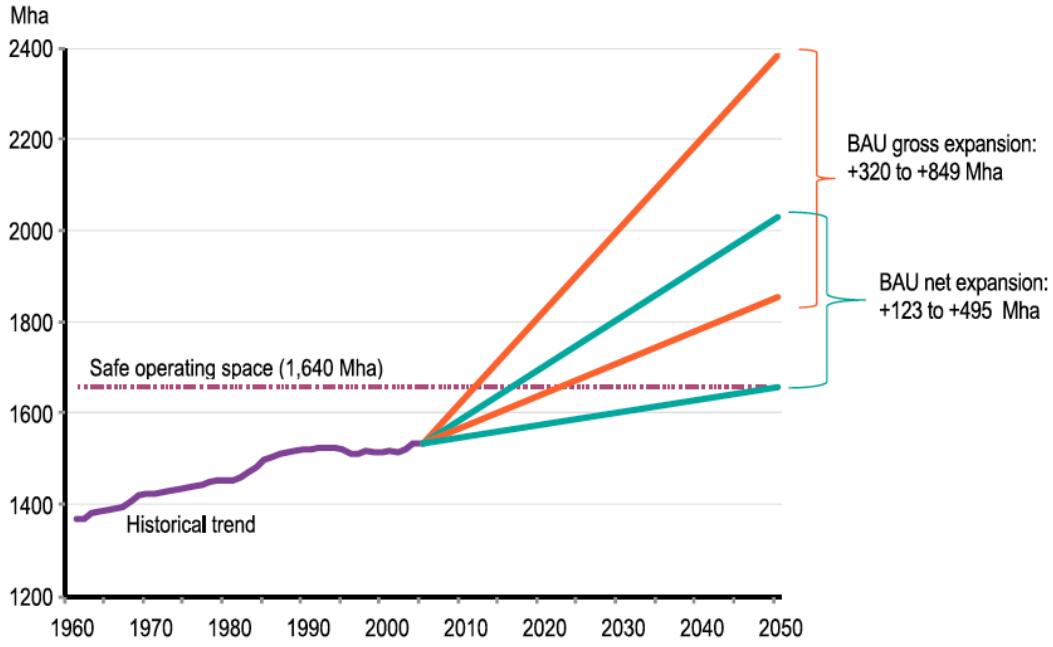


Abbildung 19: Ausbreitung der Ackerfläche unter Business As Usual (BAU) - Bedingungen (net expansion: ohne Kompensation der Urbanisierungsverluste) [61]

Die Untersuchung setzt sich allerdings nicht ausreichend mit der Frage auseinander, was denn für den Klimaschutz aus einer sehr geringen Verfügbarkeit (wenn überhaupt) von Biomasse folgt. Weiter scheint die Ableitung der SOS-Grenze für die Ausdehnung der Agrarflächen künstlich gewählt. Sie wird nicht aus sachlichen Kriterien abgleitet im Sinne: Was beinhaltet das Schutzziel Biodiversität genau (Begrenzung der Aussterberate von Spezies auf x pro 1 Million Arten-Lebensjahren [65]) und welche Flächen müssen für dieses Schutzziel reserviert bleiben? Natürlich ist diese Ableitung nicht einfach zu erbringen.

Weiter setzt sich die Studie auch nicht ausreichend mit der Handlungsoption der Ausdehnung in heute ungenutzte, aber für den Naturschutz nicht relevante Flächen auseinander. Derartige Flächen gibt es in Europa und Nordamerika und der früheren Sowjetunion sowie einige Gebiete in der afrikanischen Savanne und dem südamerikanischen Cerrado. Daher kommen auch andere Autoren zu deutlich höheren SOS-Grenzwerten. So schlagen Rockström et al. vor, die Ackerfläche auf 15 % der heutigen eisfreien Landfläche zu begrenzen [65], was 2,25 Milliarden ha entsprechen würde und damit deutlich über den 1,64 Milliarden Hektar liegt, die die Autoren der Studie des International Resource Panel für „sicher“ halten.

Die zentrale Schwäche des Beitrags ist aber das Kapitel „Policy Options“. Es werden zwar wichtige (und weniger wichtige) Politik-Beispiele gegeben und auch exemplifiziert. Es entsteht aber am Ende kein geschlossenes Gebilde, das dem Leser zum Schluss den Eindruck hinterlässt: ja, so könnte es gehen. Und es kann sogar bezweifelt werden, dass die zentrale Steuerung über Ziele und Zielkontrolle, also eine weitgehend ordnungsrechtliche Steuerung, funktionieren kann. Zumindest sollte nicht

verschwiegen werden, dass eine derartige Steuerung nicht ohne „Vollzug“ und „Sanktion“ erfolgen könnte.

3.13 Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

„Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) wurde 1992 gegründet ... Das Institut ist Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft, seine Grundfinanzierung von knapp zehn Millionen Euro im Jahr stammt je zur Hälfte vom Bund und vom Land Brandenburg. Hinzu kommt noch einmal eine ähnliche Summe an Drittmitteln, ... Natur- und Sozialwissenschaftler aus aller Welt arbeiten im PIK eng zusammen, um den globalen Klimawandel und seine ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen zu untersuchen. ... Die Wissenschaftler erforschen die Belastbarkeit des Erdsystems und entwerfen auf dieser Grundlage Strategien und Optionen für eine zukunftsfähige Entwicklung von Mensch und Natur.“[13]

Das PIK hat in Zusammenarbeit mit anderen Instituten in den letzten Jahren verschiedene Studien erarbeitet, die im Rahmen eines internationalen Vergleichs globaler ökonomischer Modelle als Teil des AgMIP-Projekts veröffentlicht wurden (**www.agmip.org**). Drei dieser Untersuchungen werden im Folgenden vorgestellt. Sie alle zeigen, wie sehr die Landwirtschaft im Zentrum des Klimawandels steht – sowohl in Hinsicht auf die nötige Anpassung an Klimafolgen als auch hinsichtlich ihres Potenzials, die globale Erwärmung zu begrenzen. Landwirtschaftliche Produktion und Landnutzungsveränderungen tragen etwa ein Drittel zu den globalen Treibhausgasemissionen bei.

3.13.1 Zukünftiger Flächenbedarf des Agrarsektors (2014)

In der Studie von Schmitz et al. zu möglichen Entwicklungsverläufen der Landnutzungsänderungen bis 2050 wurde der zukünftige Flächenbedarf des Agrarsektors abgeschätzt [66]. Hierbei wurden erstmalig alle relevanten agro-ökonometrischen Modelle sechs allgemeine Gleichgewichtsmodelle und vier partielle Gleichgewichtsmodelle) angewandt und die erhaltenen Ergebnisse miteinander verglichen (Abbildung 20). Mit diesen Modellen wurden für das Jahr 2050 insgesamt vier relativ extreme Szenarien gerechnet: zwei Szenarien, in denen der Klimawandel verhindert werden kann (S1 und S2), und zwei Szenarien (S3 und S6), bei denen die Klimapolitik mehr oder weniger vollständig scheitert (entspricht in etwa dem Repräsentativen Konzentrationspfad RCP8.5 des 5. IPCC-Sachstandsberichts[14]).

Die Ackerlandfläche nimmt in den Szenarien ohne Klimawandel im Mittel um 200 Millionen ha zu, wobei die Zunahme anteilig aufgrund des erhöhten Bioenergiebedarfs erklärt werden muss. Erwartungsgemäß zeigt sich eine sehr hohe Streuung zwischen den Modellen (vergleiche Abbildung 20), obwohl die Inputdaten in die Modelle soweit möglich harmonisiert bzw. identisch waren. Der Klimawandel erhöht den Bedarf an Ackerfläche auf im Mittel 320 Millionen ha. Die Expansion würde, so

[13] **http://www.pik-potsdam.de/institut**

[14] Der 5. IPCC-Sachstandsbericht arbeitet mit „Repräsentativen Konzentrationspfaden“ (Representative Concentration Pathways – RCPs), die von unterschiedlichen Expertengruppen entwickelt wurden. Diese Pfade gehen von unterschiedlichen Strahlungsantrieben im Zeitraum 1850 bis 2100 und daraus resultierend unterschiedlich hohen Treibhausgaskonzentrationen im Jahr 2100 gegenüber den vorindustriellen Werten von 1850 aus: RCP8.5: 8,5 W/m^2 und 1.370 ppm CO_{2eq}
Mehr Informationen: **http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/RCP-Szenarien** und RCP Database Version 2.0.5 **http://tntcat.iiasa.ac.at:8787/RcpDb/dsd?Action=htmlpage&page=about#rcpinfo**

die Modellberechnungen, hauptsächlich in Südamerika und in Afrika südlich der Sahara erfolgen, was zu Lasten der dortigen Regenwälder gehen würde.

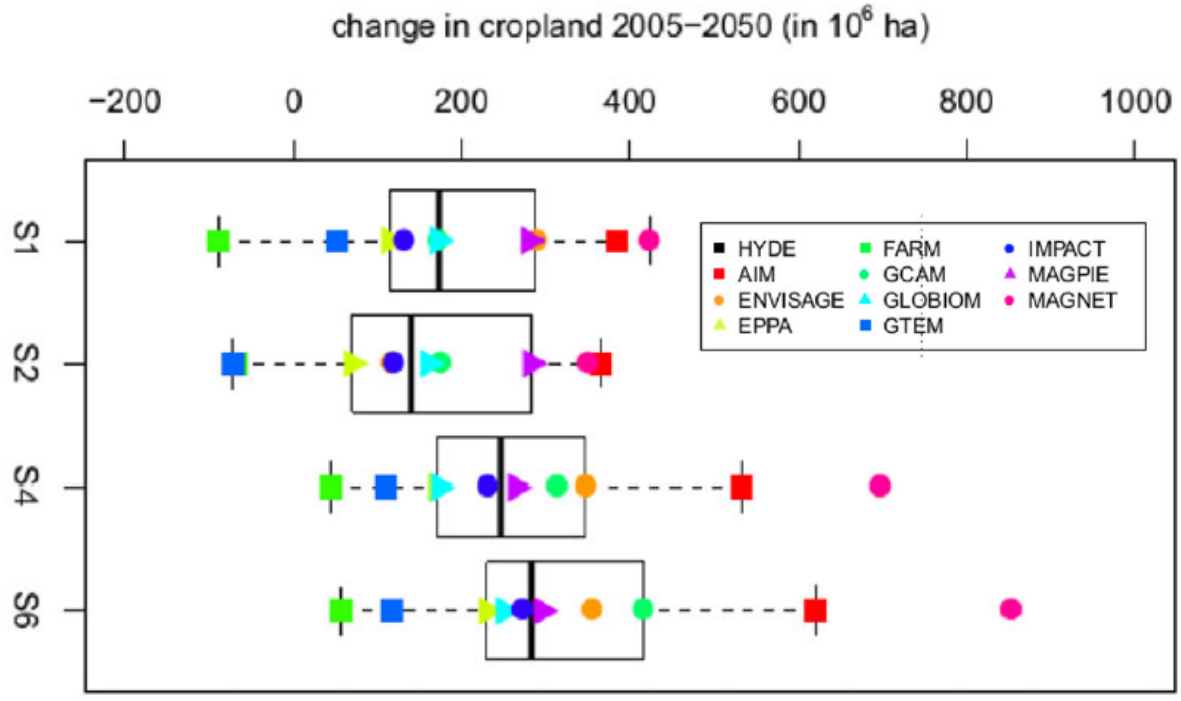


Abbildung 20: Streubreite der Landnutzungsänderung für Ackerflächen in unterschiedlichen Klimaschutzszenarien [66]
Die Abkürzungen stehen für die Namen der jeweiligen Modelle

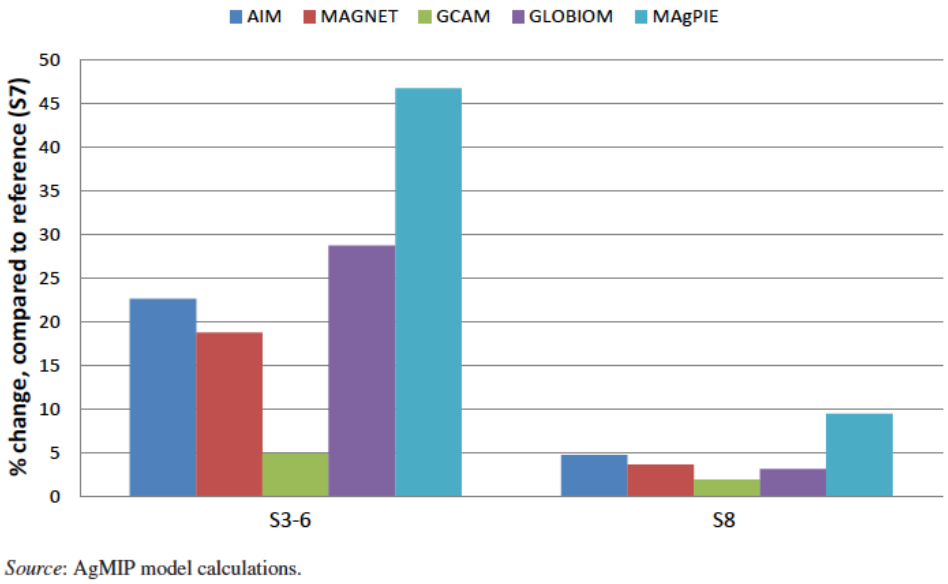
3.13.2 Auswirkungen einer steigenden Nachfrage nach Bioenergie auf die Weltagrarmärkte (2014)

Ein Großteil der internationalen Wissenschaftsgemeinschaft geht davon aus, dass, um das 2 Grad-Ziel zu erreichen, ein erheblicher Anteil Bioenergie im Energiemix der Zukunft benötigt wird. Eine steigende Nachfrage nach Bioenergie hat natürlich auch Auswirkungen auf die Weltagrarmärkte. Der Studie von Lotze-Campen et al. zu den Auswirkungen einer verstärkten Bioenergienachfrage auf die globalen Lebensmittelmärkte zufolge [67] sind diese jedoch weit geringer als die Auswirkungen auf die Märkte, die durch einen ungebremsten Klimawandel entstehen würden. In dieser Studie wurden die bedeutendsten fünf agro-ökonometrischen Modelle eingesetzt, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Agrarpreise zu analysieren. Dabei wurden unterschiedliche Klimawandel-Szenarien mit hohen Treibhausgasemissionen („Klimaschock-Szenarien“ S3 bis S6) modelliert (entspricht etwa RCP8.5), die ein weitgehendes Versagen der internationalen Klimaschutzpolitik abbilden.

Auch wurde untersucht, welche Auswirkungen ein Anstieg der globalen Nachfrage nach Lignozellulose-Bioenergie um rund 100 Exajoule (EJ) im Jahr 2050 gegenüber 2005 hätte („Bioenergieschock“-Szenario S8). Dieser Anstieg ist nach Schätzungen verschiedener Experten erforderlich, um das Zwei-Grad-Ziel zu erreichen. Dieses Szenario ist damit mit dem RCP2.6-Szenario[15] vergleichbar.

[15] RCP2.6: 2,6 W/m^2 und 400 ppm CO_{2eq},

Im Ergebnis zeigte sich (Abbildung 21), dass der Anstieg der Agrarpreise aufgrund der direkten Auswirkungen des Klimawandels auf die Ernteerträge bis 2050 wesentlich höher ausfallen würde (+ 25% im Durchschnitt aller Modelle) als aufgrund einer deutlich gesteigerten Bioenergie-Produktion (+ 5%).



Source: AgMIP model calculations.

Fig. 3. Changes in world market prices in 2050: Climate shock (S3–6 compared to S1) versus bioenergy shock (S8 compared to S7; CR5, %).

Abbildung 21: Veränderung der Weltmarktpreise aufgrund des Klimawandels im Jahr 2050 (S3-6) bzw. aufgrund des Anstieg des Bioenergiebedarfs (S8) berechnet mit 5 Modellen [67]

3.13.3 Einfluss des Klimawandels auf zukünftige landwirtschaftliche Erträge (2014)

In einer weiteren Studie haben Müller (PIK) und Robertson (International Food Policy Research Institut IFPRI) untersucht, wie die zukünftigen landwirtschaftlichen Erträge vom Klimawandel beeinflusst werden könnten [68]. Die Autoren benutzen verschiedene Computermodelle, um diese Vorhersagen durchführen zu können. Von der Klimafolgenseite wird auch hier ein RCP8.5-Szenario unterstellt.

Mittels unterschiedlicher Klimamodelle werden die klimatischen Veränderungen dieses Szenarios (Temperatur, Niederschlag etc.) für die gesamte Landfläche bzw. die relevanten Agrarflächen ermittelt. Hierauf aufbauend werden mittels zweier unterschiedlicher Wachstumsmodelle (biophysical crop models) die resultierenden landwirtschaftlichen Erträge unter den veränderten klimatischen Bedingungen ermittelt.

Alle untersuchten Szenarios zeigten deutliche Reduzierungen der Ernteerträge aufgrund des Klimawandels. Die möglichen Folgen des Klimawandels für Ernteerträge sind stark, sie sind aber sehr unterschiedlich je nach Region und Kulturpflanze, so die Autoren dieser Studie. Für die fünf wichtigsten Nutzpflanzen Reis, Weizen, Mais, Sojabohnen und Erdnüsse zeigt die Studie einen vom Klimawandel verursachten **Rückgang der Erträge um 10 bis 38%** weltweit bis zum Jahr 2050.

Für die Bewertung dieser Untersuchung ist auf einige Unsicherheiten hinzuweisen. So wurde ein möglicher wachstumsfördernder Effekt erhöhter CO_2-Konzentrationen nicht betrachtet, weil diese Wirkung wissenschaftlich schwer zu quantifizieren ist. Die Verfügbarkeit von zusätzlichem Agrarland sowie das Maß des Zuwachses an landwirtschaftlicher Produktivität sind ebenfalls schwierig zu fassen. Dennoch sind die Ergebnisse dieser Computersimulationen ein wichtiger Schritt in Richtung ei-

ner robusteren Abschätzung von Klimafolgen auf die Landwirtschaft. Sie zeigen, dass der ungebremste Klimawandel das eigentliche zukünftige Problem für die ausreichende Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln darstellen dürfte.

4 Fazit: Zielkonflikte – Auswertung wichtiger Programmpapiere und Studien zur Bioökonomie

Zunächst zeigt die Analyse, dass in den allermeisten untersuchten Papieren und Studien die Zielkonflikte, soweit sie angesprochen werden, in ihrem Umfang und in ihrer Bedeutung ausreichend bis vollständig erfasst werden.

Klare Prioritäten im Sinne, dass Biodiversität wichtiger sei als das Handlungsziel Klimaschutz beispielsweise, werden nirgendwo gesetzt. Wobei gewisse Präferenzen in den Prioritäten schon erkennbar sind, beispielsweise beim IPCC und seinen Wissenschaftlern, was die übergeordnete Bedeutung des Klimaschutzes anbelangt. Hier wird gezeigt, dass ohne erfolgreichen Klimaschutz auch die anderen Handlungsziele (Nahrungsmittelversorgung, Biodiversität) unter die Räder kommen können.

Auffällig ist, wie stark sich viele Studien und Papiere den konkreten Technologieempfehlungen widmen.

In der Regel werden die Zielkonflikte als harmonisierbar angesehen. Auffällig ist weiter, wie selten sich in den Studien und insbesondere in den Programmpapieren mit der Frage auseinander gesetzt wird, wie man das Politikfeld regulatorisch ausgestalten sollte, um eine Harmonisierung zu erreichen.

5 Handlungsziele und Instrumente

Nun wird man in diesem Papier nicht die ganze Breite dieses Defizits befriedigend beseitigen können. Hinzu kommt, dass regulatorische Vorschläge auch sehr stark von den Interessen der Stakeholder geprägt werden. So wird ein Vorschlag, der zu einer zusätzlichen staatlichen Regulation führen würde, als etatistisch zumindest von Teilen der Wirtschaft abgelehnt werden. Im Folgenden werden Anregungen gegeben, wie sich so ein Politikfeld zur Harmonisierung oder zumindest zur Minderung der Zielkonflikte der Bioökonomie aufspannen ließe. Es ist nicht Intention dieses Papiers, finale Vorschläge zu entwickeln, die nur noch beschlossen werden müssen. Auftrag und Aufgabe des Papiers ist es, für die Schließung eines beobachteten Defizits Diskussionsanreize zu liefern.

Ausgeklammert werden hierbei die Themen Suffizienz und Effizienz. Dies bedeutet nicht, dass diese Themen vom Auftraggeber oder vom Auftragnehmer als minder bedeutsam angesehen werden. Ganz im Gegenteil liefern Politiken, welche die Frage der Suffizienz unseres Wirtschaftens und Konsumierens adressieren, einen ganz entscheidenden Beitrag, um die Zielkonflikte zu mindern. Das gleiche gilt für den effizienten Umgang mit den vorhandenen knappen Ressourcen, zu denen auch Biomasse gehört. Die Suffizienz und Effizienz wurde ausgeklammert, um die Studie nicht zu überfrachten. Aufgabe war es zu untersuchen, wie sich nach Ausschöpfung aller realistischen Potenziale von Suffizienz und Effizienz für die verbleibenden Bedarfe an Biomasse die Zielkonflikte minimieren lassen bzw. welche Prioritäten zu treffen sind.

Einigkeit scheint darin zu bestehen, dass Biomasse ein knappes Gut darstellt, weswegen man mit ihr sorgsam umgehen sollte. Aber was dies konkret bedeutet, ist strittig, wie die Analyse in Kapitel 3 zeigt. Soll Biomasse eher für die effiziente Wärmeerzeugung reserviert oder auf den Mobilitätssektor konzentriert werden? Hier hat sich die Meinung in bei vielen Akteuren in nur wenigen Jahren fundamental verändert und ist weiter im Fluss. Und ähnlich breit streuen auch die technischen Empfehlungen. Soll die Förderung der 1. Generation an Biokraftstoffen beibehalten oder aufgegeben werden, sollen nur noch Biokraftstoffe der 2. Generation oder überhaupt keine Biomasse genutzt werden?

Soll die Autobahn für den Fernverkehr elektrifiziert werden oder stellen besser Wasserstoff, Brennstoffzellen oder Power to Gas[16] aus überschüssigem EE-Strom die bessere Zukunftsoption dar? **Keine gute Ausgangslage, um die Wirtschaft zu gewinnen, in das Zukunftsfeld Klimaschutz zu investieren!**

Gibt es einen Weg aus diesem Dilemma? Dieses Dilemma ist primär ein politisches, denn es besteht akuter Entscheidungsbedarf, um für den Entwicklungskorridor der Klimaschutzpolitik 2020 bis 2030 die Weichen zu stellen.

Im Kern gibt es drei Wege aus dem Dilemma:

- man wartet ab und trifft keine Gestaltungsentscheidungen,
- man trifft technologische Optionsentscheidungen oder
- man trifft Governance-Entscheidungen (regulatorische Ziel- und Instrumentenentscheidungen).

Das Nicht-Handeln ist im Kern auch eine Gestaltungsentscheidung ist, denn es belässt die Märkte in Unsicherheit und führt zu Stillstand. Verbleiben als realistische Option eine Konzentration auf technologische Entscheidungen oder Governance-Entscheidungen.

5.1 Keine Festlegung auf einzelne technische Optionen

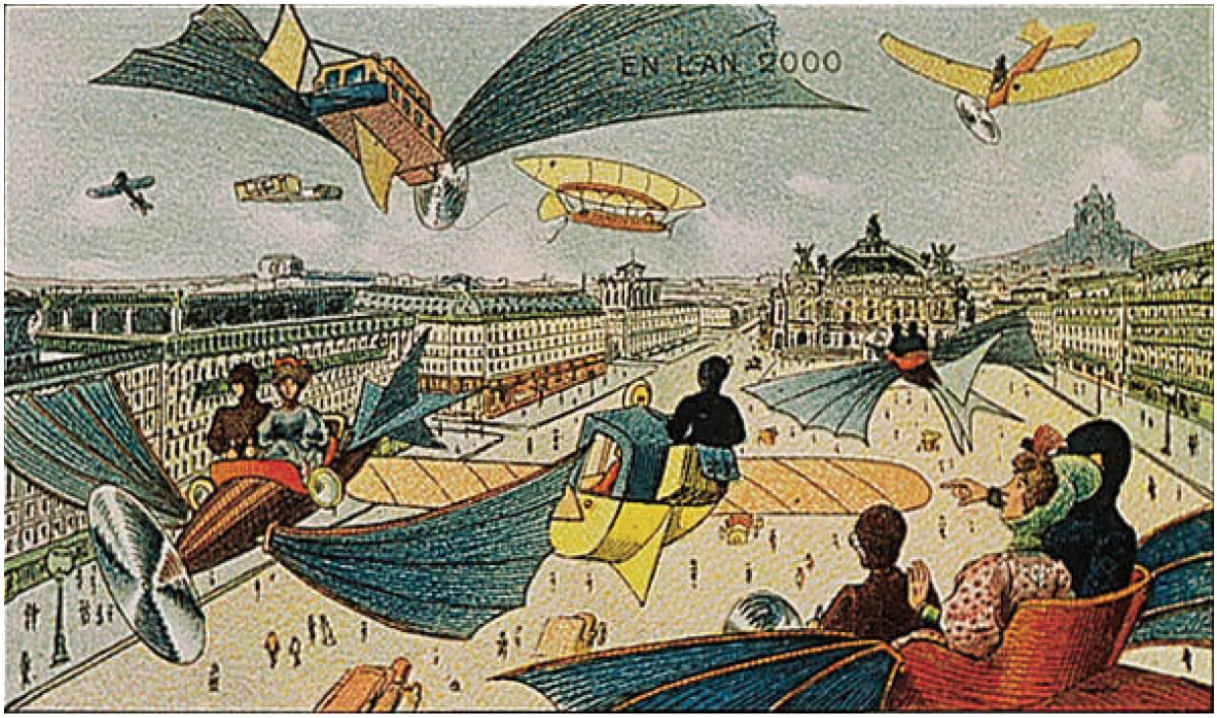
Seriös betrachtet kann heute niemand mit der erforderlichen Sicherheit sagen, auf welche technologischen Optionen man setzen sollte. Unsicher ist, ob einige der empfohlenen Optionen zeitnah technologisch verfügbar sind. Und häufig ist nicht sicher, ob die genannten Optionen auch ökologisch die bessere Variante darstellen (s.o. die ökobilanzielle Vorkettenproblematik). Ein konkretes Beispiel ist die vielzitierte 3. Generation an Biokraftstoffen aus beispielsweise Algen. Werden diese Biokraftstoffe bessere THG-Werte aufweisen als die heutigen, viel kritisierten konventionellen Kraftstoffe der 1. Generation? Die Stakeholder für die 3. Generation müssen optimistisch sein, ansonsten wären ihre Empfehlungen ja auch nicht zu begründen. Der Autor dieser Studie ist nicht überzeugt. Man muss sich allein den hohen Flächenbedarf für diese Option vor Augen führen. Aber man sollte den Stab noch nicht brechen. Die zukünftigen technologischen Entwicklungen können uns Lügen strafen.

Auffällig bei allem Optimismus ist, dass man für die unterschiedlichen möglichen Entwicklungspfade der Bioökonomie kaum Zahlen über zukünftig zu erwartende Kosten findet. Dies ist erklärbar, weil es für viele der genannten Optionen keine serösen Kosten- oder gar Preisprognosen gibt. Nun wissen wir aber aus der jüngeren Diskussion zum EEG und der Energiewende, wie entscheidend die Kostenfrage für das Gelingen von derartigen Politiken ist.

Die in Abbildung 22 dargestellte Postkarte zeigt eine Zukunftsvision aus dem Jahr 1900. Die Vision ist so nicht eingetreten. Wie heute derartige „Postkarten“ gemalt werden, zeigt ein Zitat aus einem ansonsten sehr kompetenten Gutachten des WGBU für ein „grünes“ Entwicklungsszenario des Mobilitätssektors [34]: „Auf flüssige Biokraftstoffe wird in diesem Szenario verzichtet, ... stattdessen erfolgt

[16] Bei Power to Gas wird Strom (aus Erneuerbarer Energie) genutzt, um Wasserstoff zu produzieren. Dieser kann gespeichert oder direkt für chemische oder energetische Zwecke verwendet werden. Auch kann der Wasserstoff unter Zufuhr weiterer Energie in Methangas (CH_4) umgewandelt werden. Dieses kann ebenfalls gespeichert, ins Erdgasnetzt eingespeist oder direkt in Kraftwerken zur Auskopplung von Strom und/oder Wärme oder zum Antrieb von gasbetriebenen Fahrzeugen eingesetzt werden. Allerdings ist der technische Wirkungsgrad dieser Verfahren derzeit noch relativ gering.

eine rasche Einführung von Elektromobilität, von Gasmobilität (Wasserstoff, Methan in Erdgasfahrzeugen mit Verbrennungsmotor) und ergänzend von Brennstoffzellenfahrzeugen. Für spezielle Verkehrssegmente (Langstrecken, Flug, Schiff usw.) wird eine ausschließliche Nutzung von Wind- und Solarkraftstoffen angenommen. Im Jahr 2050 werden so 70 % des Energiebedarfs im Verkehr elektrisch gedeckt sowie 30 % durch erneuerbare Wind- und Solarkraftstoffe (Wasserstoff, Methan oder andere Kraftstoffe aus regenerativem H_2 und CO_2." – Kann so, kann aber auch ganz anders kommen.



Individual air traffic

Abbildung 22: Zukunftsvision zum individuellen Flugverkehr um 1900 [69]

Daher sollte das Handlungsziel nicht darin bestehen, in einem Zeitfenster als „grün" **gefühlte** Bio-Technologien vorzugeben.

5.2 Keine Festlegung auf einen Flächengrenzwert

Was auch nicht versucht werden sollte, ist, die Entwicklungsziele für den Bioökonomie-Sektor aus einer regional oder global verfügbaren Fläche für Bioökonomie abzuleiten. Wie oben analysiert, streuen die Angaben sehr stark, welche Fläche für Bioenergie zur Verfügung stehen würde. Sicher ist, dass die Weltagrarfläche endlich ist und die für Bioenergie verfügbare Fläche nicht unendlich groß ausfällt. Aber mit welcher Fläche kann man 2020 oder 2050 rechnen? Es ist nachvollziehbar, dass jemand, der ein 2 Grad-Ziel-Szenario berechnet, wissen möchte, wie viel Biomasse er in seinen Energiemix einrechnen darf. Aber nicht erst seit Meadows „Grenzen des Wachstums" wissen wir, dass die Verfügbarkeit von Ressourcen auch eine Frage des Preises ist. Es gibt Autoren, die zu dem Ergebnis kommen, dass überhaupt keine Fläche für Biomasse zur Verfügung stehen und man in Zukunft die Weltagrarflächen benötigen wird, um die Menschen satt zu machen und den Biodiversitätszielen gerecht zu werden. Es gibt eine Mehrzahl von Autoren, die ein mehr oder weniger großes Flächenpo-

tenzial von unter 100 bis über 500 Millionen ha für Bioenergie sehen (Details s.o.). Welchem Autor sollten die Regierungen glauben?

Die Streuung der Ergebnisse hat viel damit zu tun, dass schon bei den Basisdaten für eine derartige Prognose Unsicherheiten vorhanden sind. Wie viele Menschen werden 2050 auf der Erde leben? Die UN geht von 9,6 Milliarden, also 2,4 mehr als heute, aus. Aber ist dieses Wachstum gewiss? Bildung, Wohlstand und mehr persönliche Freiheit führen dazu, dass Familien die Anzahl der Kinder „planen". Solchen geplanten Familien weisen im Schnitt weniger als zwei Kinder auf. Spätestens, wenn dieser Zustand global die Regel wird, wird die Bevölkerungszahl wieder schrumpfen [70]. Wird der globale Bevölkerungs-Peak vor 2050 oder danach eintreten?

Was werden die Menschen 2050 essen? Heute geht man davon aus, dass der Fleischkonsum bis 2050 erheblich steigen wird. Vieles spricht dafür. Aber mit dem Grad der Bildung und des Wohlstandes steigt auch das Bedürfnis, sich nachhaltig zu ernähren, wie wir aktuell in Teilen der Jugend in Deutschland beobachten können. Diese und viele andere Faktoren beeinflussen die verfügbare Fläche. Und nicht zuletzt der Klimawandels selbst: Wie oben dargestellt, würde ein ungebremster Klimawandel die verfügbare Agrarfläche schrumpfen lassen.

Wenn man sich angesichts dieser Ausgangslage mit Handlungsempfehlungen für die Entwicklung des Bioökonomie-Sektors befasst, fühlt man sich in der sprichwörtlichen Zwickmühle. Kein Wunder, dass die Versuchung groß ist, einen Ausweg aus der Zwickmühle zu suchen. Dieser könnte darin bestehen, angesichts der beschriebenen Zielkonflikte mit Hilfe des Vorsorgearguments den Ausbau der Bioökonomie auf Null (oder auf beinahe Null) zu setzen; also keine größeren Beiträge an Biomasse für welchen Einsatz auch immer einzuplanen. Eine mögliche Überschrift hierfür wäre ein Biomasse-Moratorium. In einem derartigen Szenario müssten dann die für den Klimaschutz erforderlichen Kohlenstoffverbindungen aus überschüssiger Wind- und Sonnenenergie chemisch synthetisiert werden, was grundsätzlich gehen würde. Aber ob dieses Szenario unter Kostengesichtspunkten besser ist, ist zweifelhaft. Nur unter der Annahme wahrer Technologiesprünge ist dieses Szenario wirtschaftlich vorstellbar. Aber es ist nicht ausgeschlossen, dass es erreicht werden kann. Ob dieses Szenario unter dem Aspekt Flächenverbrauch oder dem Biodiversitätsaspekt Vorteile aufweist, ist ebenfalls offen. Schließlich werden in diesem Szenario erhebliche zusätzliche Flächen benötigt (ökobilanzielle Vorkette), um die zusätzliche EE für die chemische Synthese bereit zu stellen. So würde der Ersatz von mäßigen 10 % Biokraftstoffen aus Anbaubiomasse durch chemische Synthese-Kraftstoffe den heutigen Bestand an Windkraftanlagen um 60% erhöhen müssen (heutiges technologisches Niveau). Besser wäre ein anderer Ausweg aus der Zwickmühle, die Flächennutzung mit Regulierungen zu überziehen, die den Klima- und Biodiversitätsschutz sicherstellen und in diesen Randbedingungen den technologischen und ökonomischen Wettbewerb entscheiden zu lassen.

Ist der Verzicht auf feste Obergrenzen aus Sicht der oben beschriebenen Zielkonflikte nicht zu riskant? Man kann u.E. den Schutz von Biodiversität besser dadurch erreichen, dass man die Flächennutzung ökonomisch besser steuert und wertvolle Flächen direkt unter Schutz stellt und nicht indirekt schützt, indem man die notwendige Biomasse für den Klimaschutz über eine wissenschaftlich nicht seriös zu erbringende Ableitung eines Flächengrenzwertes oder einer Biomasse-Obergrenze begrenzt. Man könnt allenfalls – wie dargestellt – mit dem Vorsorgeargument operieren und im Sinne eines Safe Operating Space festlegen, dass beispielsweise aus Vorsorgegründen nicht mehr gewonnen werden dürfe als ein Wert „X" nahe Null, wie er vom UNEP Ressourceneffizienz-Panel ins Gespräch gebracht wurde. Dies wäre in einer Abwägung möglicherweise gerechtfertigt, wenn auf der anderen Seite der Bilanz minderwertige Interessen stünden, wie ausschließliche „weltliche" Gewinnerwartungsabsichten. Aber der wesentliche Grund für einen steigenden Biomassebedarf ist u.E. gleichgewichtig: Klimaschutz.

Eine alternative Vorsorgestrategie wäre das „Fahren auf Sicht". Sollten sich bei dem Verzicht auf eine Flächenbegrenzung relevante Fehlentwicklungen einstellen, wäre umgehend gegenzusteuern. Daher stehen alle im Folgenden entwickelten regulatorischen Vorschläge unter der zentralen Forderung eines exakten und zeitnahen Flächenmonitorings. Und die Regelungen selbst sind in festgelegten Zeitabständen auszuwerten und ggf. nachzujustieren.

5.3 Festlegen auf Entwicklungsziele

Wie können die wesentlichen Entwicklungsziele gefasst werden? Hierfür kann man auf die oben analysierten Berichte und Papiere zur Bioökonomie-Entwicklung zurückgreifen. Vieles ist dort im Detail beschrieben:

A. Die Bioökonomie soll den Hunger in der Welt nicht vergrößern, ihn eher verringern helfen.
B. Die Bioökonomie soll maßgeblich zum Klima- und Ressourcenschutz beitragen.
C. Die Bioökonomie soll nicht zur weiteren Beeinträchtigung der Biodiversität führen.
D. Der Bioökonomiesektor soll sich wirtschaftlich positiv entwickeln. Unternehmen sollen ihre Gewinne machen können. Arbeitsplätze sollen entstehen. Die Qualität der Produkte soll hochwertig sein.

5.3.1 Hunger bekämpfen

In fast allen Programmpapieren steht, dass die Versorgung mit Lebensmitteln Vorrang vor Bioenergie oder Biomasse für die stoffliche Nutzung haben sollte (food first). Nur, wie wird aus diesem Programmsatz Realität? Sollte Hunger primär ein Problem der physischen Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln sein, dann könnte man ja über Kontingentierung o.ä. die Forderung „food first" umsetzen. Aber würde dies wirklich etwas verändern? Schließlich haben wir heute global physisch ausreichende Mengen an Nahrungsmitteln, ja haben sogar einen deutlichen Überschuss. Wir könnten also theoretisch jeden Menschen satt machen [71]. Woher kommt dann das Problem Hunger? Warum hungern aktuell rund 800 Millionen Menschen auf der Erde?

Hunger ist politisch betrachtet ein vielschichtiges Problem zu dessen Lösung nicht nur eine Antwort gegeben werden kann. Hunger ist primär ein Problem der Armut. Weite Bevölkerungsschichten insbesondere in den besonders armen Ländern haben so gut wie kein Geld, um sich Nahrungsmittel kaufen zu können. Daher ist Hunger eng verknüpft mit der Preisentwicklung auf dem Nahrungsmittelsektor, wenn man von den vielen anderen wichtigen Ursachen wie Dürren, schlechter Governance, regionaler Marktbeherrschung, Korruption bis hin zu Aufständen, Kriegen und Finanzspekulationen abstrahiert. Auf internationaler Ebene tut sich ein Dilemma auf: eine Reduktion der Agrarpreise durch beispielsweise verbilligt abgegebene Überschüsse aus den Industrieländern würde Nahrungsmittel erschwinglicher machen. Würde hiermit das Problem Hunger gelöst oder zu mindestens reduziert? Die Politik der gezielten Verbilligung der Nahrungsmittel, wie sie im vergangenen Jahrhundert die Praxis der EU und auch der USA war, hilft der Stadtbevölkerung in den Ländern, wo Hunger herrscht. Aber auf dem Land zerstören die subventionierten Exporte die Lebensgrundlage der Kleinbauern, die ihre Produkte dann nicht mehr zu auskömmlichen Preisen in den Städten absetzen können. Ergebnis dieser Politik war eine Verschlimmerung der Situation auf dem Lande, Verstärkung des Hungers dort und Landflucht – eine Teufelsspirale.

Daher war bis etwa 2008 in der agrarwissenschaftlichen Literatur und auch in der NGO-Gemeinschaft die einhellige Meinung, dass diese subventionierten Exporte und die damit verbundene Beeinflussung der Weltmarktpreise (aber auch der regionalen Märkte) zu beenden sind [72]. Auch über Han-

delsorganisationen wie „Fair Trade“ trat man für auskömmliche, also höhere Preise ein, um die Situation der Landbevölkerung zu stützen, damit dort die Entwicklung der ländlichen Strukturen möglich wird. Wachstum im Agrarsektor in Schwellen- und Entwicklungsländern kann Armut und Hunger mehr abbauen als Wachstum in irgendeinem anderen Sektor [73].

Höhere Agrarpreise am Weltmarkt, wie sie in der zweiten Hälfte der letzten Dekade auftraten, erschwerten das Leben der Städter, daher kam es zu den bekannten Protesten in diesem Zeitraum. Für die Landbevölkerung ist diese Preisentwicklung zwar positiv, konnte aber so schnell nicht dazu führen, dass sich die Situation auf dem Land grundlegend verbesserte. Entscheidend wäre, dass höhere Agrarpreise für mehrere Vegetationsperioden gesichert sind (s.u.). Insbesondere Preissprünge sind daher das Problem, sowohl nach oben wie nach unten. Daher wäre die zentrale Umsetzungsstrategie des Programmansatzes „food first“, Governance-Entscheidungen, die für die kommenden Jahre für eine stetige leichte Steigerung der Weltagrarpreise sorgen und insbesondere die Ausschläge in beiden Richtungen dämpft, ohne wieder in einen Marktdirigismus zurückzufallen.

Was für Optionen gäbe es? Schon die Beendigung der subventionierten Agrarexporte in die Entwicklungsländer war politisch nur durchsetzbar, weil in den USA und in der EU die Überschussproduktion in einen für die Landwirtschaft lukrativen anderen Markt möglich wurde, insbesondere über die neu geschaffenen Märkte der Bioökonomie. Würden diese Märkte beendet, wie dies von einzelnen Entwicklungshilfeorganisationen in der Vergangenheit gefordert wurde, würde sich erneut die Frage stellen: Wohin mit den Überschüssen?

Wie kann es aber nach 2020 in Europa weitergehen? Eine weitere Steigerung der Biomasseproduktion, wie sie aus Klimaschutzsicht geboten wäre, könnte am Ende dazu führen, dass es eine physische Knappheit an Nahrungsmitteln gibt. Aber bevor dies geschehen kann, würden die Preise einen Sprung nach oben machen. Und dann würden die oben beschriebenen Konsequenzen in den Stadtzentren vieler insbesondere armer Länder auftreten – Hunger und Proteste.

Ein Einfrieren der Biomassenutzung auf das Niveau 2020 würde aber auch keine Lösung sein. Von Teilen der Fachwelt wird erwartet, dass die Produktivität der Landwirtschaft bis 2020 weiter steigt, beispielsweise durch double-cropping in den Tropen. So gehen Forscher davon aus, dass eine Steigerung der Weltagrarproduktion um 28 oder gar 58 % möglich wäre, wenn auf den Standorten mit ausgeprägten Ertragslücken der Ertrag auf 75 % bzw. 95 % des möglichen Niveaus angehoben würde [74]. Die Überschüsse am Weltmarkt hätten dann womöglich wieder die bekannten Konsequenzen auf die Preisentwicklung: Tendenz nach unten. Ergebnis wäre dann eine Verschlechterung der Lebensverhältnisse für die Landbevölkerung – also eine Zunahme des Hungers.

Es gibt auch anderslautende Meinungen, dass in Zukunft eher Knappheit an Agrarrohstoffen regiert. Beide Zukunftsprognosen können eintreten. Wünschenswert wäre es, nach 2020 einen Entwicklungskorridor zu gestalten, wo in Situationen der Überversorgung der Agrarmärkte mit Nahrungsmitteln diese soweit abschöpft werden, dass es zu keinen großen Preissprüngen nach unten kommt – also ein flexibles Instrument, das die Preisschwankungen an den Märkten dämpft und in der Tendenz einen Entwicklungskorridor nach oben stützt. Gleichzeit sollte dieses Instrument auch ein gewisses Korrektiv bzw. eine Dämpfung sein bei der sich abzeichnenden stärkeren Kopplung der Agrarpreise an die Energiepreise.

Die FAO hat einen Diskussionsprozess angestoßen, um über die Quotenflexibilisierung der westlichen Biokraftstoffmärkte eine Bekämpfung von Krisensituation zu erreichen. Die Ausgestaltung einer Basisquote mit einer flexiblen Spitze kann unterschiedlich vorgenommen werden. Es könnte der aktuelle Weltmarktpreis oder eine Prognose der Marktentwicklung verwendet werden. So könnte eine

Auslöseschwelle nach unten und nach oben festgelegt werden, die bei Überschreitung die Erhöhung oder Absenkung der flexiblen Spitze um einen Betrag „X“ zur Folge hätte. Heute ist der Biokraftstoffsektor allerdings noch so unbedeutend, dass dieses Instrument in seiner Wirksamkeit bezweifelt wird. Eine reale Dämpfungswirkung stellt sich dann ein, wenn die Bioökonomie in den kommenden Jahren die erwartete Bedeutung am Weltmarkt erhält und eine relevante Menge der Agrarproduktion in diesen Sektor geht und für alle Sub-Sektoren der Bioökonomie die gleiche Mengensteuerung erfolgen würde.

Neben einer flexiblen Spitzenquote könnte auch eine Zertifikate-Lösung gewählt werden, um das Tank und Teller-Problem zu entschärfen. Im Kern würde im Falle einer Versorgungskrise, die von der FAO formal ausgerufen werden müsste, die Option bestehen, die Bioenergienutzung herunter fahren zu können. Die betroffenen Akteure würden in diesem Fall das Recht haben, ihre Lagerbestände wieder auf den Nahrungsmittelmarkt zu bringen. Für diesen Zeitraum einer Versorgungskrise würden die Quotenpflichtige mit Zertifikaten belegen, dass sie die entsprechenden Mengen erworben hatten. Auch für diese Variante könnten unterschiedliche Ausgestaltungen gewählt werden. Natürlich würde in diesem Zeitraum die Lücke am Energiemarkt fossil zu decken sein.

Ein anderer Programmsatz ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung: Die Verluste an Nahrungsmitteln sind zu reduzieren. Eine Untersuchung im Auftrag der FAO hat ergeben, dass weltweit circa ein Drittel der Nahrungsmittelproduktion verloren geht oder im Abfall landet [75]. Die Verluste passieren entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Anbau und Ernte über den Transport bis hin zum Verkauf der Nahrungsmittel an den Endkunden. Aber wie kann dieser gigantische Verlust von jährlichen 1,3 Mrd. t an Nahrungsmitteln verringert werden? Hierzu gibt es ein ganzes Arsenal an Vorschlägen und guten Ideen, die über Bildung, Technik bis hin zur Gesetzgebung gehen. Aber über allem steht der Preis. Wenn der Wert der Produkte stetig steigt, werden sich alle Vorschläge zur Reduzierung der Verluste besser umsetzen lassen, weil Mensch dann an deren Umsetzung Geld verdient.

Sicher wäre es falsch, dem Biomassesektor (oder gar dem Biokraftstoffsektor) eine Hauptschuld am Problem Hunger zu geben. Genauso wenig wäre es richtig, Lösungsbeiträge aus diesem Sektor so zu positionieren, dass mit ihnen allein das Problem Hunger gelöst werden kann. So hungern nach wie vor Menschen in China und in Indien (76), und dies sind nicht wenige – also in Ländern, die die finanziellen Mittel hätten, so umzuverteilen, dass der Hunger abgestellt würde. Es ist schwierig, diese Länder ob ihrer politischen Prioritäten bei der Zuordnung der Haushaltsmittel zu kritisieren. Und gerade in Indien laufen ja diverse Programme, um die Probleme zu mindern. Aber im Rahmen der Thematik Bioökonomie ist es schon erlaubt, darauf hinzuweisen, dass das Thema Hunger für die armen afrikanischen Länder von anderer Qualität ist. Für diese Länder wäre es schon eine große Hilfe, wenn über einen internationalen Fonds für die kommenden zehn Jahre den lokalen Agrarmärkten auskömmliche Interventionspreise garantiert würden. Dieser Fonds könnte der FAO angegliedert werden und von den großen Unternehmen der Mineralölwirtschaft, der Agrarindustrie und der Chemischen Industrie finanziert werden, am besten über ein freiwilliges Agreement. Denn die Unternehmen aus diesem Wirtschaftsbereich nehmen bis heute die gleichen Preise für ihre Produkte, egal ob in einer Region Hunger herrscht oder nicht. Und im Fall zu niedriger Weltagrarpreise, Dürreperioden oder lokaler Marktverwerfungen fehlt den Kleinbauern dann in der Regel das Geld, Saatgut und insbesondere Dünger und Kraftstoffe zu kaufen. Man könnte unter moralischen Gesichtspunkten die Frage stellen, ob denn für solche Zeiträume nicht zumindest auf eine Gewinnerzielung verzichtet werden könnte. Unbürokratischer wäre die Mitfinanzierung an einem Interventionsfond, der auskömmliche Agrarpreise auf Zeit garantiert.

5.3.2 Klima- und Ressourcenschutzschutz forcieren

Auch hier tut sich eine Zwickmühle auf. Der Klimaschutz ruft, wie oben in den zitierten IPCC-Szenarien dargestellt, einen erheblichen zusätzlichen Bedarf an Biomasse hervor. Werden diese Mengen ganz oder anteilig auf zusätzlichen Flächen gewonnen, müssen die Emissionen an Treibhausgasen durch die Ausweitung der Agrarflächen einbezogen werden. Dies kann im Extremfall ein Nullsummenspiel werden oder sogar das Klimaschutzproblem verschärfen. Die zusätzliche Biomasse müsste also so gewonnen werden, dass es unter Klimaschutzgesichtspunkten zu keinen (deutlichen) Erhöhungen der Emissionen im Agrarsektor kommt. Hierzu gibt es im Grundsatz viele Optionen. Die Agrarproduktion kann durch eine Erhöhung der spezifischen Erträge gesteigert werden. Allerdings ist hierbei das Lachgasthema, was aus hohen Düngemittelgaben rührt, einzubeziehen. Es kann eine Produktionspraxis eingeführt werden, die auf Humusbildung orientiert und damit die Emissionen senkt. Bei mehrfachen Ernten kann aus derselben Fläche ein erhöhter Ertrag erzielt werden. Eine Erweiterung der Agrarfläche kann rechtlich verboten bzw. gesteuert werden. Eine Erweiterung kann auf degradierten oder ungenutzten Flächen erfolgen, um wertvolle kohlenstoffreiche Flächen zu schützen. Letztere sind aber nicht immer im ökologischen Sinne wertlos, sie können unter Umständen einen besonderen Wert für den Erhalt der biologischen Vielfalt aufweisen. Nur, wie kann man instrumentell einen Entwicklungskorridor gestalten, der sicherstellt, dass bei steigender Agrarproduktion die negativen Folgewirkungen minimiert werden?

Zunächst wäre es hierfür erforderlich, dass die Entwicklungen des Agrarsektors in den einzelnen Ländern bezogen auf Landnutzungsänderungen und THG-Emissionen der Agrarproduktion detailliert erfasst werden. Für die Annex I-Staaten ist dies bislang in Ansätzen der Fall. Die EU hat ihre Mitgliedsstaaten bereits verpflichtet, bis 2020 die Grundlagen für ein „full-carbon-accounting“ für die Landnutzungssektoren zu schaffen, damit diese Emissionen und Senken möglichst umfassend im Zeitraum nach 2020 in einem internationalen Klimaabkommen berücksichtigt werden können. Der Vorteil: Die nationalen THG-Jahresberichte werden zeitnah erstellt, auch unabhängig kontrolliert und sind öffentlich zugänglich [77]. Für die Nicht-Annex I-Staaten ist dies noch nicht der Fall. Allerdings gilt es als gesichert, dass entsprechende Anforderungen im Rahmen des so genannten REDD+-Mechanismus geschaffen werden (Englisch für Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation… and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of carbon stocks in developing countries). Wobei unklar ist, inwieweit die teilnehmenden Staaten in ihrer REDD+-Strategie auch wirklich alle wesentlichen Treiber der Entwaldung adressieren müssen und insbesondere über ihre Landnutzungspolitik negativen Entwicklungen einer Bioökonomie gegensteuern werden.

Ohne diese zeitnahen Berichte (die einschließlich sozialer und ökologischer Mindeststandards auch zu validieren sind) kann gar nicht ermittelt werden, wie sich die Biomasseexporte aus einzelnen Ländern aus THG-Sicht darstellen und auswirken. **Daher sollte, solange aus einem Staat keine nationalen jährlichen THG-Berichte (inkl. Agrarsektor, sprich LULUCF) vorliegen, von einer Nutzung dieser Biomasse für Klimaschutzzwecke abgesehen werden.**

Hierbei ist zu beachten, dass die gerade von NGO-Seite geforderte „low carbon development strategy“ des Agrarsektors gegenwärtig auf viele Bedenken stößt und aktuell mit vielen Hindernisse in ihrer Durchsetzung unter UNFCCC zu kämpfen hat, insbesondere weil ihre Finanzierung bisher nicht sichergestellt werden kann. Aber diese im Kern richtige Forderung sollte weiter vertreten werden und kann im Zuge eines Gesamtpaketes eines internationalen Klimaschutzabkommens vielleicht doch noch erfolgreich eingeführt werden.

In den oben analysierten Studien und Programmpapieren (Kapitel 3) wurden unterschiedliche Kriterien angelegt, um die Zuordnung von Biomasse zu Sektoren zu begründen, häufig mit dem Ziel, ein knappes Gut effizient einzusetzen. Diese Kriterien sind aber unterschiedlich gut geeignet, um zu steuern. Ein Grund hierfür ist, dass die Steuerung selbst die Situation verändern kann.

Ein häufig verwendetes Kriterium in den analysierten Studien und Programmpapieren war die Flächeneffizienz. Für Bioenergie wird, je nach Boden, Pflanze, Klima nur <0,1 bis 1 % der eingestrahlten Sonnenenergie in der Biomasse gespeichert. Verglichen mit anderen EE, die Sonnenenergie aufnehmen, wie Thermosolar oder Photovoltaik, ist die Flächeneffizienz von Bioenergie daher deutlich niedriger. Aus diesem Argument folgt u.E. ganz logisch, dass man Biomasse für die Zwecke reservieren sollte, für die sie nach gegenwärtigem Technologiestand unverzichtbar ist. Wenn das Ziel sein sollte, den Einsatz von Biomasse zu minimieren, dann wäre ein klarer Entwicklungskorridor, den Einsatz in den Sektoren, in denen neben Biomasse auch noch andere Erneuerbare Energien (EE) zu vergleichbaren Kosten genutzt werden können, bei der Förderung in Stufen gegen Null zu führen. In den verbliebenen Bereichen, wo Biomasse heute noch nicht sicher ersetzt werden kann, sollte Biomasse eine Rolle spielen, bis sie ggf. auch hier ersetzt werden kann (offener Korridor). Alles, wie beschrieben, auf Sicht gefahren, kontinuierlich überwacht und ggf. nachjustiert.

Es besteht weitgehende Einigkeit, dass im Strom- und Wärmesektor Biomasse durch andere EE ersetzt werden kann. Im Personennahverkehr ist Biomasse dann ersetzbar, wenn sich die Elektromobilität oder andere Alternativen auf Basis von EE-Strom durchsetzen. Schwierig ist nach heutiger Erkenntnis der Ersatz von Biomasse im Fernverkehr (Personen, Waren) und in verschiedenen Industriesektoren. Für letztere wird Biomasse als Rohstoff für die Stofferzeugung (Chemiesektor) und für einzelne Bereiche der Metallindustrie (als Reduktionsmittel beispielsweise) notwendig sein. Ein weiteres Thema stellen spezifische Energiespeicher für die industrielle Anwendung dar, die heute ebenfalls auf Biomasse angewiesen scheinen.

Ob, wie von einzelnen Studien und Programmpapieren prognostiziert, synthetische Kraftstoffe oder Chemikalien aus EE als Alternative verfügbar sind, sollte in den Handlungskorridor als Option einbezogen werden. Sollte diese Option verfügbar werden, könnte sie im Verkehr und der Industrie die Biomasse verdrängen. Der Einsatz von Biomasse als Regelenergie im Stromsektor stellt einen Grenzfall dar. Die Bedarfe nach Regelenergie werden weiter steigen. Biomasse steht hier in Konkurrenz zu anderen technischen Möglichkeiten. Allerdings müsste hierfür umgesteuert werden, weil Biogasanlagen heute zur Grundlast und nicht zur Spitzenlast gehören. Unklar ist, ob man 2050 ausreichend Biomasse nachhaltig generieren kann, um den Mobilitäts- und den Industrie-/Chemiesektor zu versorgen. Offen ist auch, insbesondere auf globaler Ebene, wie stark Suffizienz und Effizienz dieses Dilemma mindern können. Es ist gegenwärtig aber auch schwierig, auf Alternativen wie chemische Synthesen auf EE-Strombasis oder die Wasserstoffwirtschaft zu setzen, weil heute niemand sicher sagen kann, was diese Technologien kosten und wie ihre THG-Vorketten am Ende wirklich aussehen werden. Eine Entscheidung, die Biomasse ausschließlich für den Chemiesektor zu reservieren, hätte den Effekt, aktuell für Kraftstoffe und für Industrierohstoffe (z.B. Reduktionsmittel) keine Antworten in Klimaschutzszenarien geben zu können.

Also könnte man ab sofort entscheiden, die Nutzung von Biomasse im Strom- und Wärmebereich nicht weiter auszuweiten, und mit 2020 beginnend die Förderung der Biomassenutzung in diesen beiden Sektoren abzubauen.

Für die Effizienzsteuerung könnte man auf die im Biokraftstoffsektor bereits eingeführte netto-THG-Quote als Steuerungsinstrument zurückgreifen. Die netto-THG-Berechnung erfasst die real erbrachten THG-Einsparungen im Vergleich zur Nutzung eines fossilen Energieträgers (inklusive der jeweili-

gen Vorketten). In welchem Umfang man hierbei auch indirekte Effekte einbezieht, sollte davon abhängig gemacht werden, ob die Wissenschaft gesicherte Daten zur Berechnung dieses Effektes liefern kann. Bei der netto-THG-Berechnung werden alle Aufwendungen, um die nicht fossile Alternative aus dem EE-Bereich zu gewinnen, abgezogen. Die netto-THG-Quote (im Folgenden kurz THG-Quote) ist ein Regelungsinstrument, was den Adressaten abverlangt, ihr Produkte oder ihre Dienstleistung um einen definierten Prozentsatz in der jeweiligen THG-Emissionen zu senken. So soll der im Jahr 2020 für den Straßenverkehr in Deutschland genutzte Kraftstoff eine um 7 % verringerte THG-Bilanz aufweisen (Decarbonisierung).

Das Instrument THG-Quote ist für die Fälle besonders geeignet, wo die unterschiedlichen Optionen zur Treibhausgaseinsparung unterschiedliche Effizienzen aufweisen. Wenn alle Optionen vergleichbar hohe THG-Effizienzen aufweisen, dann kann auch mit Instrumenten wie den Einspeisevergütungen des EEGs gearbeitet werden. In Zukunft wird man, insbesondere wenn Optionen wie Biomassekonversionstechnologien, Wasserstoff aus EE oder Power-to-Gas realistisch einbezogen werden sollen, sehr breit streuende THG-Effizienzen einbeziehen müssen.

Eine bis auf 80% (in 2050) hochlaufenden Dekarbonisierung in Form einer THG-Quote wäre in der Theorie ein kosteneffizientes Instrument, weil sich am Markt die Lösungen durchsetzen würde, die dem Regelungsadressaten die geringsten Kosten verursachen.

Während die heutige Bedeutung des Abfallsektors für die Versorgung mit Biomasse als interessant, aber begrenzt zu sehen ist, kann sich dies zukünftig ändern. Durch eine gezielt gestaltete Politik der Kaskadennutzung würde sich qualitativ und quantitativ ein neues Abfallsegment entwickeln können, was eine hervorragende THG-Effizienz aufweisen könnte [78]. So könnten mittelfristig die Bedarfe des Mobilitätssektors vollständig aus der zweiten oder gar dritten Kaskade des Stoffsektors gewonnen werden. Eine Umstellung des Kunststoffsektors von fossil auf biobasiert und die Holzkaskade, die am Ende in die Kraftstoffgewinnung aus Altholz mündet, wären solche Pfade. Um hier aber nicht in den Fehler zu verfallen, einzelne „grün“ gefühlte Technologien oder Entwicklungslinien vorgeben zu wollen, sind diese Beispiele nur exemplarisch genannt. Denn ein herausragendes Problem der Kaskadennutzung ist die Dissipation, die auf jeder Stufe eintritt und die es dann schwierig macht, in der nächsten Stufe die Abfälle wieder zusammen zu führen. Dies bedeutet, viele Akteure müssen zusammenwirken, was es praktisch schwierig macht, einen angemessenen ordnungsrechtlichen Regulierungskorridor zu entwerfen. Würde man ganz einfach verlangen, dass ein definierter Sektor, wenn er denn Biomasse benötigt, diese nur aus einer Kaskade nehmen darf, würde sich ein Markt entwickeln. Allerdings benötigt so eine Entwicklung eine längere Vorlaufzeit. Also muss sich auch diese technologische Option in dem aufzuspannenden Handlungskorridor wirtschaftlich durchsetzen.

Natürlich ist dieser Wettbewerb nur fair, wenn man die „Herausforderer“ konventioneller Biokraftstoffe mit einer Forschungs- und Entwicklungsförderung unterstützt. Aber der Unterschied zum heutigen EEG ist, dass in diesem Handlungskorridor keine dauerhaften Subventionen garantiert sind. Wenn sich am Ende eine Technik am Markt nicht durchsetzt, wird sie aufgegeben werden müssen.

5.3.3 Biodiversität – Nagoya bleibt das Ziel

Die internationale Staatengemeinschaft hat sich im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt 2010 in Nagoya das Ziel gesetzt, bis 2020 den Verlust an Biodiversität zu stoppen. Es sieht aber aktuell nicht so aus, dass man dieses Ziel erreichen wird. Das Hauptproblem ist nach wie vor der hohe Flächenverbrauch, der zu Lasten der verbliebenen ökologisch wertvollen Naturräume geht.

Auf europäischer Ebene werden als Zielvorgaben bis 2020 unter anderem die Reduktion der Verlustrate aller natürlicher Lebensräume einschließlich Wäldern mindestens um die Hälfte und, soweit möglich, auf nahe Null. Außerdem sollen etwa bis 2020 alle für die Landwirtschaft, Aquakultur und Forstwirtschaft genutzte Flächen unter Gewährleistung des Schutzes der biologischen Vielfalt nachhaltig bewirtschaftet und die Verschmutzung der Umwelt wieder auf ein für die ökosystemare Funktionstüchtigkeit und die biologische Vielfalt unschädliches Niveau gebracht werden.

Auch national haben die verschiedenen Regierungen der vergangenen Jahre versucht, den Flächenverlust durch Urbanisierung einzugrenzen. Ziel der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung ist es beispielsweise, den Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche bis zum Jahr 2020 von derzeit 81 auf 30 ha pro Tag zu begrenzen [79].

Der Zielkonflikt zwischen Bioökonomie und Biodiversität lässt sich nur auflösen, wenn international ein Entwicklungskorridor gestaltet wird, in dem die relevanten Flächen des Naturschutzes auch tatsächlich und effektiv unter Schutz stehen. Instrumentell wurde in Industrieländern bisher rein ordnungsrechtlich agiert. Zu nennen sind die Instrumente der Raumordnung und die klassischen Schutzbestimmungen des Natur- und Artenschutzes. Weiter ist für den deutschen Rechtskreis noch die Eingriffsregelung anzusprechen. Mit diesen Instrumenten können auch Flächen mit detaillierten Bewirtschaftungsauflagen versehen werden. Die Bewertung der Effizienz bzw. des Erfolges dieser Instrumente gehen auseinander. Da sowohl global als auch europäisch und national die Biodiversitäts-Zielsetzungen bisher nicht erreicht wurden, kann auch bezweifelt werden, dass die vorhandenen Instrumente ausreichend sind.

Mit welchen zusätzlichen Instrumenten kann der Biodiversitätsschutz verbessert werden? Hier tut sich ein spezifische Governace-Problem auf, was Felix Ekardt regelungstheoretisch zutreffend als **Abbildbarkeitsproblem** beschreibt: „Als ein spezifisches und ganz wesentliches Steuerungsproblem in Bezug auf den Schutz der biologischen Vielfalt ist die Heterogenität der damit angezielten Schutzgüter, Prozesse und Handlungsbereiche gesondert hervorzuheben. .... Der Begriff der Biodiversität oder der biologischen Vielfalt umfasst nach der gängigen, dem Art. 2 CBD entnommenen Definition die Variabilität unter lebenden Organismen jeglicher Herkunft, darunter unter anderem Land-, Meeres- und sonstige aquatische Ökosysteme und die ökologischen Komplexe, zu denen sie gehören; dies umfasst die Vielfalt innerhalb der Arten und zwischen den Arten und die Vielfalt der Ökosysteme. Der Begriff der Biodiversität umfasst demnach also die genetische Variation innerhalb der Arten, den Reichtum an Arten und die Vielfalt der Ökosysteme. Hiervon ist grundsätzlich alles Leben auf der Erde umfasst, ebenso wie Millionen Spezies sowie die genetische Vielfalt unzählbarer Individuen und die hochkomplexen Wirkzusammenhänge in von ihnen gebildeten Ökosystemen. ..... Eine entsprechend konkrete Messung und Bewertung in der Veränderung von Biodiversität sowie eine einheitliche Zielfestsetzung fällt daher im Bereich des Schutzes der biologischen Vielfalt sehr viel schwerer als im Bereich des Klimaschutzes. Kann man den Ausstoß von Treibhausgasen bzw. deren Konzentration in der Atmosphäre zumindest näherungsweise genau bestimmen, fällt eine umfassende quantitative wie qualitative Messung oder Bewertung der biologischen Vielfalt in all ihren Heterogenitäten schwer. ... Eine weitere Herausforderung für die Implementierung von Schutzinstrumenten für die biologische Vielfalt ist die zeitliche und räumliche Struktur der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge in Hinblick auf die Beeinträchtigungen der Biodiversität. So kommt es zum ersten zu einer in gewisse Weise zeitlich von den verursachenden Handlungen „entkoppelten“ Wirkungs- und Schadensakkumulation: Zahlreiche, im Verhältnis zum Gesamtschutzgut der Biodiversität relativ kleine Ereignisse und ihre Auswirkungen (z.B. der Verlust einzelner Arten oder die Degradation einzelner Ökosysteme) entfalten erst über längere Zeiträume und in ihrer Addierung die befürchteten tiefgreifenden ne-

gativen Auswirkungen für das Schutzziel der Biodiversität und ihrer Bedeutung für die anthropogenen Lebensgrundlagen auf der Erde“ [80].

Ekardt empfiehlt, die ordnungsrechtlichen Instrumente des Biodiversitätsschutzes um ökonomische Regelungen zu ergänzen. Wobei er, ausgehend von der unter Klimaschutzgesichtspunkten notwendigen Integration der Landwirtschaft (LULUCF) in ein internationales Klimaschutzregime davon ausgeht, dass diese Integration in aller Regel auch der Biodiversität nutzt. Die Integration könnte in der Weise erfolgen, dass die Flächenumwandlung bzw. Flächennutzung entsprechend ihrer THG-Emissionen erfasst wird. Diese Emissions-Werte können in einen Zertifikatehandel einbezogen werden (ETS). Da viele der besonders wertvollen Biotope auch hohe Kohlenstoffläger oberhalb und/oder unterhalb der Oberfläche tragen, könnte hier ein Schlüssel zur Verbesserung der Situation im Klimaschutz und im Biodiversitätsschutz liegen. „Neben dem Bereich der fossilen Brennstoffe ist die Landnutzung – wenn auch in deutlich geringerem Ausmaß – als zweiter Haupttreiber des Klimawandels identifiziert und wird sowohl mit der eben aufgeworfenen Frage nach der zunehmenden Konkurrenz von stofflichen und energetischen Biomassenutzungspfaden als auch hinsichtlich anderer ressourcenrelevanter Landnutzungsoptionen adressiert, da diese weitreichende Auswirkungen auf Bestand und Qualität der biotischen und umweltmedialen Ressourcen sowie natürlicher Ressourcen wie Fläche und die Biodiversität hat“ [80].

Mit den Einnahmen des ETS können Governancen unterstützt werden, die Flächen aktiv schützen bzw. entwickeln. So wird für die Tropen von unterschiedlichen Institutionen das Instrument REDD+ erprobt. Ziel ist, aus beispielsweise dem Emissionshandel oder anderen Einnahmen gespeisten Töpfen Regenwaldschutz zu finanzieren, also den Waldbesitzern bzw. Regierungen einen Handlungskorridor zu geben, vom Schutz der Regenwälder finanzielle Entschädigungen zu erhalten. Ähnlich würde das in Costa Rica erfolgreich erprobte Instrument PES (Payment for Environmental Services) wirken.

Man darf natürlich nicht übersehen, dass der Umfang der Unterschutzstellung von Teilen eines Entwicklungs- oder Schwellenlandes eine legitime politische Entscheidung in dem jeweiligen Land ist, genauso wie die Entscheidung, es nicht zu tun. Wenn Länder wie Malaysia entscheiden, nur 50% ihrer Regenwaldflächen zu erhalten, sollte Europa seine eigene Vergangenheit nicht vergessen. Die politische Abwägung einer Landesregierung, welche Bedeutung sie der Biodiversität bzw. dem Schutz von Naturräumen zumisst, kann weder im positiven noch im negativen Fall der Bioökonomie angelastet werden. Aber man kann weltweit beobachten, dass die Bereitschaft für den Biodiversitätsschutz Entscheidungen zu treffen, zunimmt.

Um sicherzustellen, dass die Bioökonomie zukünftig kein wichtiger Treiber beim Flächenverlust ist, sollte die Flächenentwicklung genauer und unabhängig überwacht werden. Ein wichtiger Baustein ist die Entwicklung eines globalen, GIS-gestützten Landnutzungskatasters, das für jeden importierten Bioenergieträger Auskunft über die entsprechende Produktionsfläche geben kann. Dabei sollte der Erhalt einer Fläche als Wald beispielsweise nicht ausreichen, um mit dem Erhalt der Biodiversität gleichgesetzt zu werden. Als weiteres Kriterium muss die Qualität kommen, denn trotz Erhalt einer Naturfläche kann diese durch Degradierung entwertet sein.

5.4 Eine Skizze regulatorischer Handlungsmöglichkeiten

Regulatorisch starte die Bioökonomie nicht bei Null. Die europäischen Klimaschutzziele sollten über den europäischen Emissionshandel ETS erbracht werden. Hiermit hat man sich in der letzten Dekade erstmalig bei einem wichtigen Umweltschutzziel regulatorisch auf ein marktwirtschaftliches Instrument festgelegt. Es gab in der Entscheidungsphase zum europäischen ETS durchaus kritische Stim-

men, die vor dieser Fixierung gewarnt haben. Heute weiß man, dass diese Kritik berechtigt war. Bisher hat der ETS in Europa auf breiter Linie versagt. Gründe hierfür sind vielfältig. Sicherlich ist die Überversorgung mit Zertifikaten ein aktuelles Problem, was den Marktpreis nach unten gezogen hat. Aber seine eigentliche Bewährungsprobe hat der Emissionshandel als Steuerungsinstrument noch nicht gemeistert. Die Bewährungsprobe beginnt dann, wenn die Regelung weh tut, wenn sie steuert, wenn sie die Regelungsadressaten unter ökonomischen Druck setzt. Rechtliche Vorgaben aller Art lösen nicht per se ein Problem, sondern nur dann, wenn die durch sie aufgestellten inhaltlichen Anforderungen nicht zu schwach sind (Regelungsdefizite) und wenn auch der Vollzug keine Friktionen aufweist (Vollzugsdefizite).

Nun stellt sich dieses Problem auch bei ordnungsrechtlichen Regelungen, wobei auf diesem Feld durchaus auf positive Erfahrungen hingewiesen werden kann. Aber die entscheidende Lehre aus den letzten Jahren ETS in Europa ist doch, dass man gut beraten wäre, sich regelungspolitisch breiter aufzustellen. Eine Ergänzung des ETS um eine zweite Ebene, die ordnungsrechtlich Mindestanforderungen festlegt (z.B. Schutzgebiete), scheint notwendig, wenn man denn die Ziele des Klima- und Biodiversitätsschutzes ernsthaft umsetzen will. Dies gilt auch deshalb, weil der europäische ETS die hier beschriebenen Zielkonflikte der Bioökonomie gar nicht adäquat erfasst, selbst wenn er funktionieren würde, wie es geplant war. Parallel müssen die Mängel im ETS beseitigt werden und über die Ausdehnung des ETS auf andere Sektoren entschieden werden.

Im Folgenden werden vierzehn ausgewählte Einzelmaßnahmen aufgezählt, mit denen man den Handlungszielen näher kommen kann und die Zielkonflikte reduziert. Einzelmaßnahmen, die die Suffizienz und die Effizienz des Wirtschaftens und der Lebensstile adressieren, werden wie dargestellt in dieser Studie nicht behandelt. Sie müssten ergänzt werden. Die Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit:

Global

- Ausbau der Landnutzungsplanung auf nationaler und internationaler Ebene als wesentliches planungsrechtliches Instrument, um in den relevanten Ländern, aufbauend auf den lokalen Bemühungen und Erfolgen, den Schutz der verbliebenen wertvollen Naturräume/Arten vorzunehmen und die unterschiedlichen Ansprüche an Flächennutzung zu priorisieren. Verbesserung des Vollzugs.
- Entwicklung eines globalen, GIS-gestützten Landnutzungskatasters, das für jeden importierten Bioenergieträger Auskunft über die entsprechende Produktionsfläche geben kann.
- Wie die internationale Staatengemeinschaft vom europäischen ETS zu einem internationalen bzw. globalen ETS kommen könnte (Optionen, Stufen), wird intensiv diskutiert, und die entsprechenden Verhandlungen laufen. Aus Sicht der Bioökonomie und der beschriebenen Zielkonflikte ist es wichtig, dass bei Einführung eines internationalen Emissionshandels ETS der Agrarsektor in geeigneter Weise einzubeziehen ist (inkl. seiner Lachgasemissionen). Erfassen der THG-Emissionen flächenbezogen. Ökonomische Steuerung der Landnutzung über THG-Zertifikate um Klimaschutz und den Biodiversitätsschutz (co-benefit) zu erreichen (80).
- Unterstützung der Schutzbemühungen durch Instrumente wie REDD+ oder PES, um finanzielle Anreize für den Schutz kohlenstoffreicher Flächen / den Biotopschutz zu geben.
- Konstruktion eines auf zehn Jahre begrenzten internationalen Interventionsfonds (bei der FAO), um für ausgewählte Länder die Preise für heimisch produzierte Agrarprodukte im Falle von Preiseinbrüchen oder Marktstörungen hoch zu halten, um auf diese Weise die Entwicklung der Landwirtschaft in diesen Ländern zu fördern.

- Um darüber hinaus die Volatilität der Agrarpreise zu dämpfen, ist eine höhere Transparenz an den Märkten auch für den außerbörslichen Handel herzustellen. Finanzprodukte, die auf Agrarrohstoffen basieren, sind streng zu reglementieren und zu kontrollieren.

Deutschland und/oder EU:

- Festlegen verbindlicher nationaler THG-Ziele für die Jahre 2030, 2040 und 2050. Herunterbrechen der THG-Ziele auf Sektorziele, mit Flexibilität zwischen den Sektoren.
- Steuerung der Zielerreichung über sukzessiv steigende technologieoffene netto-THG-Quoten in den einzelnen Sektoren (Mobilität, Strom, Wärme, Landwirtschaft, Stoffe), in Anlehnung an die heutige Rechtslage im Mobilitätssektor in Deutschland. Das EEG sichert den Bestandsschutz, wird aber 2020 nicht weiter fortgeführt, keine Neufälle für Einspeisevergütungen.
- Die Steuerung des Agrarsektors über eine THG-Quote hat den Effekt, dass Preise für unterschiedliche Nahrungsmittel entsprechend ihres THG-Aufwandes gebildet werden. Darüber hinaus sind sonstige Subventionen der Fleischproduktionen zu beenden.
- Die Biomassenutzung zur Erfüllung der THG-Quote wird ab 2020 im Wärme- und Stromsektor (Grundlast) nicht mehr anerkannt. Im Stromsektor wird als Regelenergie nur noch EE-Energie (Biomasse, Wasserkraft, sonstige Speichertechnologie) anerkannt. Im Mobilitätssektor wird Biomasse, die vorher im Stoffsektor zum Einsatz gekommen ist (Kaskadennutzung), doppelt angerechnet. Im Umfang der Biomassenutzung für die Erfüllung der THG-Quoten wird die Quotenerfüllung auf Zeit ausgesetzt, wenn sich Verknappungen im Nahrungsmittelsektor ergeben bzw. Preissprünge auftreten. Die Lagerbestände der Branche können in diesen Fällen auf dem Weltmarkt angeboten werden.
- Biomasse aus Ländern, die nicht jährlich ihre Klimaschutzanstrengungen (inkl. des LULUCF-Sektors) nach UNFCC-Methodik validiert reporten, wird nicht auf die Quotenerfüllung anerkannt.
- Ermittlung eines nationalen Land-Use-Change-Faktors (LUC-Faktor) aus den nationalen LULUCF-Werten und Anrechnung der auf Biomasse zurückzuführenden THG-Emissionen bei Berechnung der netto-THG-Einsparung.
- Ausdehnung der Zertifizierungspflicht auf alle Agrarsektoren. Die Privilegierung der Biomasseverbrennung im europäischen ETS ist auch für gasförmige und feste Biomasse an eine erfolgreiche Zertifizierung zu binden. Gründung einer staatlichen Fachbehörde und eines „Board of Appeal“, um die Zertifizierung von Biomasse zu überwachen und die ermittelten THG-Bilanzen zu kontrollieren.
- Das Instrument THG-Quote könnte über die oben genannten Sektoren auch auf den Produktsektor ausgedehnt werden. Hier könnte eine stetig hochlaufende THG-Quote für die Jahre 2015, 2020 (10%), 2025 (20%) ff die Bezugsgröße für eine neue Produktkennzeichnung sein. So würde der Carbon Footprint eines Produktes im Jahr 2020 eine positive Klimaschutzkennzeichnung dann gewährt, wenn der Footprint um 10 % niedriger ausfällt gegenüber 2015.

Über allen Vorschlägen steht ein engmaschiges Monitoring der genannten Entwicklungsziele und die Pflicht, im Falle von sich abzeichnenden Fehlentwicklungen regulatorisch gegenzusteuern.

6 Quellenverzeichnis

1 BMU: Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2012. Grafiken und Tabellen, Stand: Dezember 2013. Unter Verwendung aktueller Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien – Statistik (AGEE-Stat). **http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/DatenEE/DokumentePDFs/eeinzahlenpptbf.pdf**

2 Meyer S., Wesche K., Krause B., Leuschner C.: Dramatic losses of specialist arable plants in Central Germany since the 1950s/60s – a cross-regional analysis. Diversity and Distributions, 19: 1175–1187, 2013. doi: 10.1111/ddi.12102

3 Wesche K., Krause B., Culmsee H., Leuschner C.: Fifty years of change in Central European grassland vegetation: Large losses in species richness and animal-pollinated plants. Biological Conservation 150: 76-85, 2012. doi.org/10.1016/j.biocon.2012.02.015

4 Steffen K., Becker T., Herr W., Leuschner C.: Diversity loss in the macrophyte vegetation of northwest German streams and rivers between the 1950s and 2010. Hydrobiologia 713: 1-17, 2013. doi.org/10.1007/s10750-013-1472-2

5 Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin III F.S., Lambin E.F., Lenton T.M., Scheffer M., Folke, C., Schellnhuber H.J., Nykvist B., de Wit C.A., Hughes T., van der Leeuw S., Rodhe H., Sörlin S., Snyder P.K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., Karlberg L., Corell R.W., Fabry V.J., Hansen J., Walker B., Liverman D., Richardson K., Crutzen P., Foley J.A.: A safe operating space for humanity. Nature 461: 472-475, 2009. **http://pubs.giss.nasa.gov/abs/ro02010z.html**

6 Fritsche U., Hennenberg K.J., Hermann A., Hünecke K., Herrera R., Fehrenbach H., Roth, E. Hennecke A., Giegrich J.: Entwicklung von Strategien und Nachhaltigkeitsstandards zur Zertifizierung von Biomasse für den internationalen Handel. UBA-Texte Nr. 48/2010 **http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/3960.pdf**

7 FAO: State of the World's Forest. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011 **http://www.fao.org/docrep/013/i2000e/i2000e00.htm**

8 Lahl U., Zeschmar-Lahl B.: Going Green: Chemie. Handlungsfelder für eine ressourceneffiziente Chemieindustrie. Heinrich-Böll-Stiftung, Berlin (Hrsg.): Schriften zur Ökologie Band 19, November 2011. **http://www.bzl-gmbh.de/de/sites/default/files/EndfGoingGreen.pdf**

9 IPCC: Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis. Figure SPM.5. **http://www.ipcc.ch/publicationsanddata/ar4/wg1/en/figure-spm-5.html**

10 WBGU: Solving the climate dilemma: The budget approach. Special report, Berlin, 2009 **http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/sondergutachten/sn2009/wbgusn2009en.pdf**

11 Nitsch J., Pregger T. et al.: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global – Leitstudie 2010. **http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2010bf.pdf**

12 IPCC: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer O., Pichs-Madruga R., Sokona Y., Seyboth K., Matschoss P., Kadner S., Zwickel T., Eickemeier P., Hansen G., Schlömer S., von Stechow C. (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1075 pp. **http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCCSRRENFullReport.pdf**

13 WWF: The Energy report 100 % Renewable Energy 2050. **http://wwf.panda.org/whatwedo/footprint/climatecarbonenergy/energysolutions/renewableenergy/sustainableenergyreport/**

14 Hierigs P. et al.: Subgroup on Indirect Effects of Other Fuels. Expert Working Group des Low Carbon Fuel Standard – Indirect Effects. Final Report. 2010.

15 Umweltbundesamt (Hrsg.): Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig nutzen. Dessau, 2013 http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/globalelandflaechenbiomassebfklein.pdf
16 Pieprzyk B., Lahl U.: Grundlage der Bewertung des Einsatzes von Biomasse in Klimaschutzszenarien. 87. Darmstädter Seminar Abfalltechnik: Biobasierte Produkte und Energie aus Biomasse. Darmstadt, 8.12.2011. SchrR IWAR Bd. 216, 7-36, 2011 http://www.bzl-gmbh.de/de/sites/default/files/PieprzykLahl87DarmstaedterSeminarAbfalltechnik.pdf
17 Bauen A., Chudziak C., Vad K., Watson P.: 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. http://www.apere.org/doc/1010e4tech.pdf
18 Liska A., Perrin R.: Indirect land use emissions in the life cycle of biofuels: regulations vs science. In: Biofuels, Bioprod. Bioref., 3: 318–328. doi: 10.1002/bbb.153.
19 Geist H. J., Lambin E. F.: Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. BioScience Vol. 52, #2, p. 143-150, 2002. http://research.eeescience.utoledo.edu/lees/paperspdf/02FebruaryArticleGeist.pdf
20 Joyce A. T.: Land Use Change in Costa Rica 1966-2006 as influenced by social, economic, political, and environmental factors. http://www.luluc.com
21 Global Carbon Project: Carbon Budget 2009. 2010.
22 Union of Concerned Scientist: Brazil´s Success in Reducing Deforestation. 2011. www.ucsusa.org/globalwarming/solutions/forestsolutions/brazils-reduction-deforestation.html
23 Lahl, U.: iLUC und Biokraftstoffe in der Analyse. Regionale Quantifizierung klimaschädlicher Landnutzungsänderungen und Optionen zu deren Bekämpfung. Oyten 2010. http://www.bzl-gmbh.de/de/sites/default/files/iLUCStudieLahl.pdf
24 Croezen H.J., Bergsma G.C., Otten M.B.J., van Valkengoed M.P.J.: Biofuels: Indirect land use change and climate impact. Delft, CE Delft, June 2010 http://www.ce.nl/publicatie/biofuels%3Aindirectlandusechangeandclimateimpact/1068
25 Cornelissen S., Dehue B.: 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/09-10-09Ecofys%20-%20Summary%20of%20approaches%20to%20accounting%20for%20indirect%20impacts%20of%20biofuel%20production.pdf
26 Plevin R. J., O'Hare M. (Universität von Berkely): Characterizing uncertainty in emissions from biofuel-induced indirect land use change. August 5, 2010 http://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/workgroups/ewg/081710ewg-uncertainty.pdf
27 Plevin, R. J., O'Hare M., Jones A. D., Torn M. S., Gibbs H. K.: The greenhouse gas emissions from market-mediated land use change are uncertain, but potentially much greater than previously estimated. Environmental Science & Technology VOL. 44, No. 21, 2010, 8015-8021 http://www.researchgate.net/profile/HollyGibbs/publication/47413436Greenhousegasemissionsfrombiofuels%27indirectlandusechangeareuncertainbutmaybemuchgreaterthanpreviouslyestimated/file/d912f50b37b959f1b9.pdf
28 Laborde D.: Modelling Land Use Changes in a Global CGE? Assessing the EU biofuel mandates with the MIRAGE-BioF model. Washington DC, 2011
29 www.rspo.org
30 Vorschlag für eine RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES zur Änderung der Richtlinie 98/70/EG über die Qualität von Otto- und Dieselkraftstoffen und zur Änderung der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.

COM(2012) 595 final. Brüssel, den 17. Oktober 2012
http://ec.europa.eu/energy/renewables/biofuels/doc/biofuels/com_2012_0595_de.pdf

31 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

32 Electris C., Raskin P., Rosen R., Stutz J.: The Century Ahead: Four Global Scenarios. Technical Documentation. Tellus Institute, 2009.
http://www.tellus.org/publications/files/TheCenturyAheadTechDoc.pdf

33 Millennium Ecosystem Assessment (MEA): Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington, D.C., USA, 2005.
http://www.maweb.org/documents/document.356.aspx.pdf

34 Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WGBU): Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Berlin, 2011
http://www.wbgu.de/hauptgutachten/hg-2011-transformation/
http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2011/wbgujg2011.pdf

35 WWF, ECOFYS, OMA (editors): The Energy Report. 100% Renewable Energy by 2050. Gland 2011. ISBN 978-2-940443-26-0.
http://assets.panda.org/downloads/the_energy_report_lowres_111110.pdf

36 Fischer, G.; Prieler, S.; Velthuizen van, H. et al.: Biofuel production potentials in Europe: Sustainable use of cultivated land and pastures, Part II: Land use scenarios. In: Biomass and Bioenergy, Volume 34, Issue 2, February 2010, pages 173–187; und: Rulli, M.; Saviori, A.; D'Odrico, P.: Global Land and Water Grabbing. In: Proceedings of the National Academy of sciences of the United States of America (PNAS), January 15, 2013 vol. 110 no. 3 892-897. Published online before print January 2, 2013, doi: 10.1073/pnas.1213163110. http://www.pnas.org/content/110/3/892 und: Schierhorn, F.; Hahlbrock, K.; Müller, D.: Agrarpotenziale des europäischen Russlands. In: Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa. (Hrsg.): IAMO 2011, Halle 2011, S. 11-27. Im Internet: http://www.iamo.de/jump.php?doc=iamo2011_de.pdf&id=2469 und: Schierhorn, F.; Müller, D.: Russlands Beitrag zur Welternährung. Brachliegende Flächen und niedrige Erträge bieten ungenutztes Potenzial. In: Forschungsreport 2/2011, Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Mittel- und Osteuropa (IAMO), Halle 2011. http://www.bmelv-forschung.de/fileadmin/dam_uploads/ForschungsReport/FoRep_2011-2/Russlands%20Beitrag%20Welternaehrung.pdf

37 Pieprzyk B.: Globale Bioenergienutzung – Potenziale und Nutzungspfade. Analyse des WBGU-Gutachtens "Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung". 2009.
http://www.biogasrat.de/index.php/2013-08-18-14-29-45/finish/29/163

38 European Commission: Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. {SWD(2012) 11 final}. Brussels, 13.2.2012, COM(2012) 60 final
http://ec.europa.eu/research/bioeconomy/pdf/201202innovatingsustainablegrowth.pdf

39 Commission Staff Workiung Document: Accompanying the document „Communication on Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe {COM(2012) 60 final}. Brussels, 13.2.2012, SWD(2012) 11 final. http://edz.bib.uni-mannheim.de/edz/pdf/swd/2012/swd-2012-0011-en.pdf

40 Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland. Stand April 2009 http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf397-broschuerebiomasseaktionsplanbf.pdf

41 Bundesministerium für Bildung und Forschung: Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 – Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft. Berlin 2010 **http://www.bmbf.de/pub/biooekonomie.pdf**

42 Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Politikstrategie Bioökonomie. Berlin 2013. **http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BioOekonomiestrategie.pdf?blob=publicationFile**

43 Bundesministerium für Verkehr, Bauen und Stadtentwicklung: Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). Energie auf neuen Wegen. Stand Juni 2013 **http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-strategie-final.pdf?blob=publicationFile**

44 Sachverständigenrat für Umweltfragen (Hrsg.): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten, Juli 2007 **http://www.umweltrat.de/cae/servlet/contentblob/467474/publicationFile/34339/2007SGBiomasseBuch.pdf**

45 Agora Energiewende: 12 Thesen zur Energiewende. 2013 **http://www.agora-energiewen-de.de/fileadmin/downloads/publikationen/Impulse/12_Thesen/Agora_12_Thesen_Kurzfassung_2.Auflage_web.pdf**

46 Sachverständigenrat für Umweltfragen: Wege zur 100 % erneuerbaren Stromversorgung. Sondergutachten, Januar 2011 **http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02Sondergutachten/201107SGWegezur100ProzenterneuerbarenStromversorgung.pdf?blob=publicationFile**

47 Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU): Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. **http://www.wbgu.de/hauptgutachten/hg-2008-bioenergie/** **http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2008/wbgujg2008.pdf**

48 Lit. [34], S. 127, Tab. 4.1-4

49 Verband der Chemischen Industrie: Zukunft der Energiespeicher. Frankfurt 2013. **https://www.vci.de/Downloads/PDF/VCI-Positionspapier%20Zukunft%20der%20Energiespeicher.pdf**

50 Rat für Nachhaltige Entwicklung: Gold-Standard Ökolandbau: Für eine nachhaltige Gestaltung der Agrarwende. Texte Nr. 40, Juli 2011 **http://www.nachhaltigkeitsrat.de/uploads/media/RNEGold-StandardOekolandbautexteNr40Juli201101.pdf**

51 Mäder P., Fliessbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P., Niggli U.: Soil fertility and biodiversity in organic farming. Science 296, 1694-1697, 2002

52 Fritsche U., Eberle U.: Treibhausgasemissionen durch Erzeugung und Verarbeitung von Lebensmitteln. Arbeitspapier 2007 **http://www.oeko.de/oekodoc/328/2007-011-de.pdf**

53 Die Ethik-Kommission Sichere Energieversorgung: Deutschlands Energiewende – Ein Gemeinschaftswerk für die Zukunft. Berlin 2011 **http://www.bmbf.de/pubRD/20110530abschlussberichtethikkommissionpropertypublicationFile.pdf**

54 Fritsche U., Fehrenbach H., Köppen S.: Nach Super E10: Welche Rolle für BiokraftstoffE? Fakten, Trends und Perspektiven. Shell Deutschland Oil GmbH. 2012 **http://www.shell.de/aboutshell/media-centre/annual-reports-and-publications/shell-biokraftstoffstudie.html**

55 Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina: Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen: Bioenergy – Chances and Limits – Kurzfassung und Empfehlungen. Executive Summary and Recommendations 2012
http://www.leopoldina.org/uploads/txleopublication/201207StellungnahmeBioenergiekurzdeenfinal.pdf
56 Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina: Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen. Stellungnahme 2013 (ergänzte Fassung der im Jahr 2012 erschienenen Stellungnahme "Bioenergy – Chances and limits")
http://www.leopoldina.org/uploads/txleopublication/201306StellungnahmeBioenergieDE.pdf
57 BioÖkonomieRat: Die Zukunft im Sektor Lebensmittel, Ernährung und Gesundheit. 2012
http://www.biooekonomierat.de/fileadmin/templates/publikationen/empfehlungen/boerbroschuereernaehrung.pdf
58 BioÖkonomieRat: Nachhaltige Nutzung von Bioenergie – Empfehlungen des BioÖkonomieRats.
http://www.biooekonomierat.de/fileadmin/templates/publikationen/empfehlungen/BioOEkonmieRat-Empfehlungen-Bioenergie.pdf
59 BioÖkonomieRat: Eckpunktepapier des BioÖkonomierates: „Auf dem Weg zur biobasierten Wirtschaft" (Politische und wissenschaftliche Schwerpunkte 2013–2016).
http://www.biooekonomierat.de/index.php?eID=txnawsecuredl&u=0&file=fileadmin/documents/TOP3Eckpunktepapier130430.pdf&t=1393269999&hash=2957cb947f792979ea28a00c378fd4f374f1b1b7
60 BioÖkonomieRat: Bioökonomie – Politikempfehlungen für die 18. Legislaturperiode.
http://www.biooekonomierat.de/fileadmin/Arbeitsdokumenteseit2013/Politikempfehlungen.pdf
61 UNEP: Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply. A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel. Bringezu S., Schütz H., Pengue W., O´Brien M., Garcia F., Sims R., Howarth R., Kauppi L., Swilling M., and Herrick J., 2014. Job Number: DTI/1658/PA, ISBN: 978-92-807-3330-3
http://www.unep.org/resourcepanel/Portals/24102/PDFs//FullReport-AssessingGlobalLandUseEnglish%28PDF%29.pdf
62 Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin III F.S., Lambin E.F., Lenton T.M., Scheffer M., Folke, C., Schellnhuber H.J., Nykvist B., de Wit C.A., Hughes T., van der Leeuw S., Rodhe H., Sörlin S., Snyder P.K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., Karlberg L., Corell R.W., Fabry V.J., Hansen J., Walker B., Liverman D., Richardson K., Crutzen P., Foley J.A.: A safe operating space for humanity. Nature 461: 472-475, 2009. http://pubs.giss.nasa.gov/abs/ro02010z.html
63 Van Vuuren D.P., Faber A. (Netherlands Environmental Assessment Agency): Growing within Limits. A Report to the Global Assembly 2009 of the Club of Rome, 2009.
http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/500201001.pdf
64 http://www.nature.com/news/specials/planetaryboundaries/images/mainbg6.jpg
65 Rockström J., Steffen W., Noone K., Persson Å., Chapin III F.S., Lambin E.F., Lenton T.M., Scheffer M., Folke, C., Schellnhuber H.J., Nykvist B., de Wit C.A., Hughes T., van der Leeuw S., Rodhe H., Sörlin S., Snyder P.K., Costanza R., Svedin U., Falkenmark M., Karlberg L., Corell R.W., Fabry V.J., Hansen J., Walker B., Liverman D., Richardson K., Crutzen P., Foley J.A.: Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society 14(2): 32
http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/
66 Schmitz C., van Meijl H., Kyle P., Nelson G. C., Fujimori S., Gurgel A., Havlik P., Heyhoe E., d'Croz D. M., Popp A., Sands R., Tabeau A., van der Mensbrugghe D., von Lampe M., Wise M., Blanc E., Hasegawa T., Kavallari A., Valin H.: Land-use change trajectories up to 2050: insights from a

global agro-economic model comparison. Agricultural Economics 45: 69–84, 2014. doi: 10.1111/agec.12090

67 Lotze-Campen H., von Lampe M., Kyle P., Fujimori S., Havlik P., van Meijl H., Hasegawa T., Popp A., Schmitz C., Tabeau A., Valin H., Willenbockel D., Wise M.: Impacts of increased bioenergy demand on global food markets: An AgMIP economic model intercomparison. Agricultural Economics 45, 103–116, 2014.

68 Müller C., Robertson R. D.: Projecting future crop productivity for global economic modeling. Agricultural Economics, 45: 37–50, 2014. doi: 10.1111/agec.12088

69 derstandard.at: Wie man sich 1900 die Zukunft vorstellte. 13. November 2013. Der Himmel über Paris. Foto: ville-mard/wikimedia (public domain)
http://images.derstandard.at/2013/11/12/1381501732330-France-in-XXI-Century.-Opera-avenue.jpg

70 Klingholz R.: Absage an den Untergang – Warum noch in diesem Jahrhundert die Weltbevölkerung zu schrumpfen beginnt – auf die Hälfte von heute. Ein Szenario. Die Zeit Nr. 7 vom 6.2.2014

71 International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD): Agriculture at the Crossroads. Global Report. Washington: Island Press, 2009.
http://www.unep.org/dewa/agassessment/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20CrossroadsGlobal%20Report%20(English).pdf

72 Swinnen J.F.M.: The right price of food. LICOS Centre for Institutions and Economic Performance & Department of Economics, University of Leuven (KUL) & Centre for European Policy Studies Brussels. Discussion Paper 259/2010
http://www.econ.kuleuven.be/licos/publications/dp/dp259.pdf

73 The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank: World Development Report 2008 – Agriculture for Development. Published October 19, 2007
http://siteresources.worldbank.org/INTWDRS/Resources/477365-1327599046334/WDR00book.pdf

74 Foley J.A., Ramankutty N., Brauman K.A., Cassidy E.S., Gerber J.S., Johnston M., Mueller N.D., O'Connell C., Ray D.K., West P.C., Balzer C., Bennett E.M., Carpenter S.R., Hill J., Monfreda C., Polasky S., Rockström J., Sheehan J., Siebert S., Tilman D., Zaks D.P.M.: Solutions for a cultivated planet. Nature 478, 337-342, 2011
http://gisweb.ciat.cgiar.org/RTBMaps/docs/Foleyetalnature10452.pdf

75 Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U.: Global Food Losses and Food Waste. Extent, causes and prevention. Edited by Rural Infrastructure and Agro-Industries Division (AGS) der Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome 2011
http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/suistainability/pdf/Global_Food_Losses_and_Food_Waste.pdf

76 FAO: ood and Agricultural Organisation of the United Nation: Hunger Portal
http://www.fao.org/hunger/en/

77 United Nations Framework Convention on Climate Change: GHG data from UNFCCC
http://unfccc.int/ghgdata/ghgdataunfccc/items/4146.php

78 nova-Institut GmbH, Hürth, et al.: F+E Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse (FKZ 37 1093 109). *Der Forschungsbericht kann unter der Kennnummer 001865 aus der Bibliothek des Umweltbundesamtes ausgeliehen werden.*

79 Bundesregierung: Die nationale Nachhaltigkeitsstrategie
http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Nachhaltigkeitsstrategie/1-die-nationale-nachhaltigkeitsstrategie/nachhaltigkeitsstrategie/_node.html

80 Ekardt F., Hennig B.: Ökonomische Instrumente und Bewertung der Biodiversität

Lehren für den Naturschutz aus dem Klimaschutz? Gutachten im Auftrag des Deutschen Bundestages vorgelegt dem Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) Leipzig, den 31.10 2012