

## DISKUSSIONSFORUM

### Bioenergie – Mehr Grenzen als Möglichkeiten?

Ein kritischer Kommentar zur Leopoldina-Studie

von Rolf Meyer und Ludwig Leible, beide ITAS

**Diesen Sommer hat die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina viel beachtete Empfehlungen zur Bioenergienutzung vorgelegt. Zu Kontroversen hat insbesondere die Empfehlung geführt, in Deutschland keinen weiteren Ausbau der Bioenergie anzustreben. Schwächen der Leopoldina-Stellungnahme sind, dass die Empfehlungen in sich widersprüchlich und sehr allgemein sind, die Empfehlungen unzureichend auf die wissenschaftlichen Analysen bezogen, die eigenen Einschätzungen und Empfehlungen nicht vergleichend mit anderen Assessments zur Bioenergie diskutiert sowie die ökonomischen, sozialen und rechtlichen Aspekte nicht behandelt werden. Im Ergebnis handelt es sich dadurch nur um eine Meinungsäußerung zur Bioenergie unter vielen, die wichtige Ansprüche, die an Studien zur Politikberatung gestellt werden, nicht erfüllt.**

#### 1 Stellungnahme und Empfehlungen der Leopoldina

Im Juli 2012 hat die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina unter dem Titel „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“ eine Stellungnahme und Empfehlungen vorgelegt (Leopoldina 2012a; Leopoldina 2012b; Leopoldina 2012c), die breite Beachtung fanden. Diese wurden von einer 2010 eingesetzten Arbeitsgruppe „Bioenergie“ erarbeitet, die 25 Wissenschaftler aus den Disziplinen Biologie, Biophysik, Biotechnologie, Chemie und Ökologie umfasst. Beide Dokumente, Stellungnahme und Empfehlungen, behandeln jeweils drei Themenbereiche:

- Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit von pflanzlicher Biomasse als Energiequelle;

- Prozesse der Umwandlung von Biomasse in Brennstoffe und in Vorstufen für chemische Synthesen;
- Biologische und bio-inspirierte Licht-getriebene Prozesse zur Spaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff.

Zielsetzung der nach eigenen Worten „umfassenden Analyse“ (Leopoldina 2012b, S. 1) ist, die Möglichkeiten und Grenzen der Verwendung von Bioenergie als Energiequelle für Deutschland heute und in Zukunft einzuschätzen (Leopoldina 2012b, S. 3). Die Empfehlungen sollen Parlamenten, Ministerien, Verbänden und Unternehmen eine fundierte und unabhängige Hilfestellung bei den anstehenden Entscheidungen geben (Leopoldina 2012a, S. 2).

#### 2 Berichterstattung und Reaktionen

Über die Stellungnahme der Leopoldina hat eine breite Presseberichterstattung stattgefunden, wie selten bei politikberatenden Studien, und sie hat es in die Hauptnachrichten (Tagesschau 2012) geschafft. Die Presseartikel konzentrieren sich hierbei auf die Kernaussage der zentralen Empfehlung der Leopoldina („Kein weiterer Ausbau der Bioenergie!“), wobei eine Zuspitzung auf zwei Aspekte zu beobachten ist:

- Zum einen wird mit Überschriften wie „Forscher erteilen Bioenergie klare Absage“ (Spiegel Online 2012) und „Stoppt den Bio-Wahnsinn“ (Die Zeit 2012) oder zentralen Aussagen wie „Leopoldina hält den Bioenergiesektor in Deutschland für eine Fehlentwicklung“ (FAZ 2012a) die Empfehlung zu einer grundsätzlichen Ablehnung verschärft.
- Zum anderen wird die Ablehnung von Biokraftstoffen, z. B. mit Überschriften wie „Wissenschaftler gegen Biosprit“ (taz 2012a) oder „Nationalakademie warnt vor Biokraftstoff“ (FAZ 2012b), hervorgehoben, im Gegensatz zu der Relativierung bei den Leopoldina-Empfehlungen.

Erklären lässt sich dieses außergewöhnliche Presseecho möglicherweise dadurch, dass der Nationalen Akademie als besondere Stimme der Wissenschaft eine hohe Bedeutung beigemessen wird. Zudem passte die Stellungnahme sehr gut

in die laufende Berichterstattung über verschiedene Probleme bei der „Energiewende“ der Bundesregierung.

Drei Wochen später wurde die Bioenergiekritik vom Bundesminister für wirtschaftliche Zusammenarbeit Dirk Niebel aufgegriffen, der einen sofortigen Verkaufsstopp für den Kraftstoff E10 (Super mit 10 % Beimischung von Bioethanol) wegen steigender Agrarpreise und Dürren forderte (FAZ 2012c). Hintergrund war, dass im Juli 2012 die Maispreise aufgrund der Trockenheit in den USA um 23 Prozent und die Weizenpreise aufgrund der verschlechterten Ernteprognosen für Russland um 19 Prozent gestiegen sind (FAO 2012a), wobei sie aber deutlich unter dem Höchststand des Vorjahres blieben. Dieser Vorstoß, der die Argumentation weiter vereinfachte, hat in der Presse interessanterweise eine deutlich differenziertere Kommentierung ausgelöst (z. B. FAZ 2012d, taz 2012b). Insbesondere wird hervorgehoben, dass ein deutscher E10-Ausstieg nichts am weltweiten Hungerproblem und hohen Nahrungsmittelpreisen ändern würde.

Die Empfehlungen der Leopoldina haben zu kritischen Stellungnahmen verschiedener Verbände geführt (BBE 2012; BDBe 2012; BDP 2012; Biogasrat 2012; DBV 2012; Kompetenzzentrum 2012). Darin werden insbesondere die Unersetzbarkeit von Biokraftstoffen im Transportbereich, die bestehenden gesetzlichen Anforderungen an die Treibhausgasminimierung, das Verbesserungspotenzial bei der Bioenergiebereitstellung sowie die kombinierte Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion bei der Herstellung von Biodiesel und Bioethanol durch die Koppelproduktion von Futtermitteln betont. Auf die Frage der verfügbaren Biomassepotenziale (bzw. Flächenpotenziale) für eine energetische Nutzung wird dagegen wenig eingegangen.

Von wissenschaftlicher Seite kritisiert eine Stellungnahme des DBFZ (2012) zum einen, dass wichtige politische Randbedingungen übersehen wurden und erhobene Forderungen bereits erfüllt seien. Zum anderen wird kritisch angemerkt, dass die Systemzusammenhänge und Wechselwirkungen der Bioenergie nicht ausreichend reflektiert wurden. Fazit ist, dass ein Ausstieg aus dem Bioenergieausbau zumindest mittelfristig zurück in die fossile Energieversorgung führen

würde. Die Bewertung des vTI (Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei) (Isermeyer et al. 2012) erfolgt vornehmlich aus einer ökonomischen Perspektive. In dieser Stellungnahme werden einerseits wesentliche Ergebnisse aus dem Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats Agrarpolitik (WBA 2007) nochmals zusammengefasst, die von der Leopoldina nicht beachtet worden seien. Andererseits ziehen die Autoren aus ihrer Analyse mit einer Reihe von Kritikpunkten an Einzelaussagen die Schlussfolgerung, dass die Stellungnahme der Leopoldina nicht auf dem Stand des Wissens aufbaut, es an wissenschaftlicher Stringenz mangelt und die weitreichenden Politikempfehlungen unzureichend aus den Einzelbefunden hergeleitet seien (Isermeyer et al. 2012, S. 1).

Diese wissenschaftliche Kommentierung soll hier durch einen weiteren Blickwinkel ergänzt werden. Unser kritischer Kommentar stellt in den Mittelpunkt, inwieweit Ansprüche an eine wissenschaftliche Politikberatung (BBAW 2008; Grunwald 2010; Meyer 2006) von der Leopoldina mit ihrer Bioenergie-Studie erfüllt werden.

### **3 Ausgangspunkt und Blickwinkel sind nicht Stand der Diskussion**

Als Ausgangspunkt für ihre Analyse beschreibt die Leopoldina folgenden Hintergrund: Bioenergie werde „häufig als CO<sub>2</sub>-neutral“ eingestuft, wobei nicht berücksichtigt werde, dass der Kohlenstoff-Kreislauf eng mit den Nährstoff-Kreisläufen verbunden ist, die Düngung zur Emission von Stickstoff-basierten Treibhausgasen führt und in der landwirtschaftlichen Produktion von Biomasse und in den Umwandlungsprozessen fossile Energie verbraucht wird (Leopoldina 2012b, S. 3f.).

Nicht nur die wissenschaftliche Diskussion ist da längst weiter (vgl. Butterbach-Bahl et al. 2010), sondern auch in der gesellschaftlichen und politischen Debatte werden diese Fakten seit einigen Jahren heftig diskutiert. Die politische Gestaltung hat darauf mittlerweile reagiert, beispielsweise durch Treibhausgasreduktionsanforderungen für Biokraftstoffe in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EG) auf EU-Ebene und in den ausführenden Biokraftstoff- und Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnungen für Deutschland. Ebenso ist mit der letzten Novellie-

zung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) der Versuch unternommen worden, die Flächenkonkurrenz zu bremsen und den Ausbau der Biogaserzeugung stärker auf die Nutzung landwirtschaftlicher Rest- und Abfallstoffe zu lenken. Eine erste Schwäche der Leopoldina-Stellungnahme ist damit, dass weder der Stand der politischen Rahmenbedingungen zur Förderung und Regulierung der Bioenergie noch die gesellschaftliche Debatte zur Bioenergie reflektiert werden.

#### 4 Vollständigkeit der Analyse und Herleitung der Empfehlungen

Ökonomische und sozioökonomische Aspekte werden in der Leopoldina-Studie nicht behandelt (Leopoldina 2012c, S. 6). Ebenso wird der Stand der Regulierung und politischen Gestaltung nicht dargestellt. Diese für eine Analyse und Bewertung der Bioenergie fehlenden Grundlagen und unzureichende Einbeziehung von Disziplinen (vgl. BBAW 2008, S. 36) haben Auswirkungen auf die Qualität der Studie. Das Fehlen ökonomischer, politik- und rechtswissenschaftlicher Analysen beeinträchtigt die Ableitung und Beurteilung der politischen Empfehlungen. Eine Ursache für dieses Defizit ist sicherlich die Zusammensetzung der beteiligten Wissenschaftler in der Leopoldina-Arbeitsgruppe, durch die die erforderliche Interdisziplinarität (vgl. Grunwald 2008) nicht gewährleistet wurde.

Wie schon in anderen Kommentaren bemerkt, mangelt es an Schlüssigkeit bei der Herleitung der Empfehlungen. Stellungnahme und Empfehlungen der Leopoldina sind faktisch zwei Dokumente, die nur die Gliederung der Hauptkapitel teilen. Die Empfehlungen werden ausgesprochen, ohne sie argumentativ mit den Analysen zu verknüpfen. Damit muss der Leser selber mühsam rekonstruieren, welche Fakten und Einschätzungen eine Empfehlung stützen könnten. Die mangelhafte Verknüpfung von Analyse und Empfehlungen wird im Folgenden anhand exemplarischer Themenbereiche noch genauer diskutiert.

#### 5 Inkonsistenzen in den Empfehlungen

Die Empfehlungen der Leopoldina beginnen mit der Aussage:

„Um den Verbrauch von fossilen Brennstoffen und die Emissionen von Treibhausgasen zu reduzieren, sollte Deutschland nicht den weiteren Ausbau von Bioenergie anstreben. [...] Insbesondere sollte darauf gedrängt werden, das EU-2020-Konzept zu überdenken, [...] möglichst 10 Prozent des Treibstoffes für Transportzwecke aus Biomasse bereitzustellen.“ (Leopoldina 2012a, S. 3)

Diese grundsätzliche Ablehnung des weiteren Bioenergieausbaus hat breite Aufmerksamkeit gefunden (s. o.). Mit dieser sehr allgemeinen Empfehlung werden die Parlamente, Ministerien etc. dann allerdings alleine gelassen, denn es werden keine Hinweise gegeben, wie die allgemeine Empfehlung politisch umzusetzen ist. Übersetzt in politische Entscheidungen würde diese grundlegende Aussage bedeuten, dass beispielsweise die Einspeisevergütung für Strom aus Biomasse im Rahmen einer Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes gestrichen wird und die Quoten für Biokraftstoffe eingefroren oder sogar ganz abgeschafft werden. Ohne eine solche Konkretisierung ist die Anschlussfähigkeit an politische Beratungsprozesse gering.

Für die Politikberatung problematisch ist aber insbesondere, dass im Widerspruch zur grundsätzlichen Ablehnung des weiteren Bioenergieausbaus eine Reihe von weiteren Empfehlungen der Leopoldina sich durchaus für einen weiteren Ausbau der Bioenergie unter Voraussetzungen ausspricht:

- Ein signifikantes Bioenergiepotenzial wird in der Verwendung von Mist und Gülle aus der Tierhaltung und dem Einsatz von Lebensmittelabfällen und pflanzlichen Reststoffen (z. B. Stroh) gesehen, die erschlossen werden sollten (Leopoldina 2012a, S. 4).
- Eine weitere Förderung von Bioenergie wird befürwortet, soweit keine negativen Wirkungen auf die Nahrungsmittelversorgung und -preise sowie auf Ökosysteme und die Biodiversität auftreten und eine substanziell bessere Treibhausgasbilanz als bei fossilen Energieträgern erreicht wird (Leopoldina 2012a, S. 3).
- Während die Bioethanolproduktion aus Stärke und Zucker nicht empfohlen wird, halten die Autoren eine Kombination von Bioethanol- und Biogasproduktion, bevorzugt aus Rest- und Ab-

fallstoffen, in kleineren dezentralen Anlagen für begrenzt vertretbar (Leopoldina 2012a, S. 5).

- Eine Produktion von Bioethanol aus Lignozellulose und von Biodiesel aus Raps, Sonnenblumen, Ölpalmen oder Sojabohnen wird empfohlen, wenn im Gesamtprozess deutliche Treibhausgasreduktionen im Vergleich zur Nutzung fossiler Brennstoffe erzielt werden (Leopoldina 2012a, S. 5).
- Die Produktion von Biogas aus landwirtschaftlichen und häuslichen Abfällen sollte weiterentwickelt werden, der Einsatz von Energiepflanzen allerdings nur insoweit erfolgen, als dies dazu beiträgt, die Biogasproduktion aus Agrarabfällen und den fluktuierenden Energiebedarf zu stabilisieren und zu optimieren (Leopoldina 2012a, S. 5f.).

Im Kontext der Politikberatung wäre wichtig gewesen, abweichende Auffassungen explizit zum Ausdruck zu bringen<sup>1</sup> und diesen Widerspruch beispielsweise in der Form explizit formulierter Alternativen „kein weiterer Ausbau der Bioenergie“ und „weiterer Ausbau unter Voraussetzungen“ mit ihren jeweiligen Begründungen aufzulösen. So kann der Verdacht entstehen, dass unterschiedliche Einschätzungen in der Arbeitsgruppe bestanden, die aber nicht offengelegt werden und sich in den tendenziell inkonsistenten Empfehlungen niedergeschlagen haben. Ebenso könnte die an der einen und anderen Stelle der Studie deutlich erkennbare Federführung der namentlich beteiligten Wissenschaftler mit ihrem präferierten Forschungsfeld zu den Inkonsistenzen beigetragen haben.

Nicht nachvollziehbar ist weiterhin die unterschiedliche Bewertung von einzelnen Konversionswegen, wie von Bioethanol aus Zucker und Stärke (nicht zu empfehlen bzw. nur in Kleinanlagen zu tolerieren) einerseits und von Biodiesel (bedingte Empfehlung) andererseits. Denn in beiden Fällen könnte die Ausgangsbioenergie auch der Nahrungs- und Futtermittelherstellung dienen, und beide Biokraftstoffe konkurrieren potenziell um Anbauflächen für Nahrungsmittel und weisen ähnliche Treibhausgasbilanzen auf. Außerdem wird bei der Bewertung von Biodiesel keine Differenzierung vorgenommen und es bleibt unberücksichtigt, dass bei der Bereitstellung von Biodiesel aus Ölpflanzen wie Raps, Sonnenblumen, Ölpalmen und Soja in unterschiedlichem Umfang

Neben- bzw. Koppelprodukte, die als Futtermittel genutzt werden, anfallen. So dient Soja in erster Linie als Eiweißlieferant (Sojaextraktionsschrot) in der Tierernährung und hierüber werden die wesentlichen Verkaufserlöse erzielt, nicht über eine eventuelle energetische Verwertung des Sojaöls. Analog sind Umweltwirkungen von Ölpflanzenanbau und -nutzung jeweils den gekoppelten Nutzungen zuzuordnen. Die unterschiedlichen Neben- bzw. Koppelproduktionen sind somit wichtig für eine differenzierte Bewertung von Biodiesel.

Auf der Nutzungsseite spricht sich die Leopoldina dafür aus, die Umwandlung von Biomasse überwiegend auf Biokraftstoffe für Schwerlastwagen, Flugzeuge und Lastschiffe auszurichten, da Biokraftstoffe für den Transport langfristig voraussichtlich am schwierigsten zu ersetzen sind (Leopoldina 2012a, S. 6). Diese Empfehlung passt wiederum nicht zur grundsätzlichen Empfehlung, insbesondere das EU-Ziel von 10 Prozent Biokraftstoffe für den Transportsektor zu revidieren. Zumindest wird nicht deutlich gemacht, dass ganz unterschiedliche Zeithorizonte den beiden Aussagen zugrunde liegen (vgl. Isermeyer et al. 2012, S. 8, 15).

## 6 Mangelhafte Einordnung

Die Studie der Leopoldina ist bei Weitem nicht die erste Technikfolgenabschätzung zur Bioenergie mit Handlungsoptionen bzw. -empfehlungen.<sup>2</sup> In der Stellungnahme der Leopoldina werden eingangs einige Studien zitiert, auf die Bezug genommen worden sei (Leopoldina 2012c, S. 9), allerdings fällt auf, dass einige wichtige deutsche Studien zur Politikberatung nicht genannt werden (z. B. SRU 2007; TAB 2010). Problematischer ist aber, dass die eigenen Ergebnisse und Einschätzungen nicht in Bezug gesetzt werden zu den anderen Assessments. Einzige Ausnahmen bilden lediglich der Special Report „Renewable Energy Resources and Climate Change Mitigation“ (SRREN) des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (Edenhofer et al. 2012) und die Stellungnahme „Nachhaltige Nutzung von Bioenergie“ des BioÖkonomieRats (2012): In der Einleitung wird festgestellt, dass beide „ein zu optimistisches Bild bezüglich des Treibhausgasverminderungspotenzials von Bioenergie und des



technischen Potenzials von Biomasse als Energieträger“ zeichnen (Leopoldina 2012b, S. 4f.). Eine klare Begründung für diese grundsätzliche Aussage sucht man in der Stellungnahme jedoch vergebens. Damit ist nicht nachvollziehbar, inwieweit die Faktenlage übereinstimmt, wo unterschiedliche Bewertungen aus welchen Gründen vorgenommen werden und warum sich Empfehlungen unterscheiden. Für die Politikberatung wäre diese Einordnung aber von großer Bedeutung.

Die Empfehlungen stützen sich teilweise nur auf einzelne Bewertungskriterien. So leitet sich beispielsweise die Empfehlung, Deutschland solle sich anstelle von Bioenergie auf andere erneuerbare Energieressourcen wie Photovoltaik, Solarthermie und Windenergie konzentrieren (Leopoldina 2012a, S. 3), aus den beiden Kriterien Flächeneffizienz und Energy Return on Investment (EROI – gewonnene Energie geteilt durch investierte fossile Energie) ab. Argumentiert wird, dass andere erneuerbare Energieressourcen eine meist zehnmal höhere Flächeneffizienz (W pro m<sup>2</sup>) haben als die pflanzliche Photosynthese und der EROI meist ebenfalls deutlich über demjenigen der Bioenergie liegt (Leopoldina 2012b, S. 11f.). Die Speicherfähigkeit von Bioenergie und ihre mögliche Ausgleichsfunktion bei schwankender erneuerbarer Strombereitstellung wird zwar angesprochen (unter dem Stichwort „Kapazitätskredit“, Leopoldina 2012b, S. 12), aber nicht in die Abwägung einbezogen. Andere relevante Kriterien beim Vergleich von verschiedenen erneuerbaren Energieressourcen, wie beispielsweise Auswirkungen auf das Landschaftsbild, werden nicht diskutiert. Die Treibhausgasbilanz ist eine wichtige, aber nicht die ausschließliche Messlatte, an der sich die Förderungswürdigkeit von nachwachsenden Rohstoffen für eine energetische und/oder stoffliche Nutzung bemessen lässt. Vielmehr muss in diesem Zusammenhang beachtet werden, dass insbesondere auch Kriterien wie „Versorgungssicherheit“, „Technologieentwicklung“ oder „Beschäftigungseffekte im ländlichen Raum“ für eine Gesamtbewertung von Bedeutung sind (Butterbach-Bahl et al. 2010).

## 7 Unzureichende Bestimmung nachhaltig nutzbarer Bioenergiepotenziale

Bei der Abschätzung der Bioenergiepotenziale legt die Leopoldina eine naturwissenschaftlich-

che Betrachtungsweise zugrunde. Ausgangspunkt der Analyse ist die Nettoprimärproduktion (NPP), d. h. die Menge an Pflanzenbiomasse, die jährlich heranwächst. Die globalen und EU-25-Daten beziehen sich auf das Jahr 2000, die für Deutschland auf das Jahr 2010. In einem zweiten Schritt wird dann die „Human appropriation of net primary production“ (HANPP) bzw. die von den Menschen genutzte oberirdische NPP (pflanzliche Lebensmittel, Futtermittel und auf Weiden abgegraste Biomasse, industrielle und energetische Holznutzung sowie andere Nutzungen wie Saatgut, stoffliche Nutzungen landwirtschaftlicher Biomasse und Verluste) bestimmt (Leopoldina 2012c, S. 15ff.). Als Ergebnis werden für Deutschland zwei Zahlen präsentiert: Einerseits eine menschliche Nutzung von 75 Prozent der oberirdischen NPP (Leopoldina 2012b, S. 6), andererseits eine HANPP von rund 60 Prozent (Leopoldina 2012c, S. 18). Die Ursachen für diese Abweichung werden nicht diskutiert, sodass der Leser sie sich mühsam selber erschließen muss. Schließlich wird der Energiegehalt der genutzten Biomasse mit dem Primärenergieverbrauch verglichen, mit dem Ergebnis, dass nur ein begrenzter Beitrag zur Energieversorgung erreichbar ist. Insgesamt schließen die Autoren daraus, dass aufgrund der hohen Nutzungsrate der Biomasse die Bioenergiepotenziale begrenzt seien (für Deutschland wird weniger als 3 Prozent des derzeitigen Primärenergieverbrauchs angegeben, Leopoldina 2012b, S. 7) und eine vollständige Nutzung der Potenziale mit hohen ökologischen Risiken verbunden wäre (Leopoldina 2012c, S. 18).

Eine Ablehnung des weiteren Bioenergieausbaus auf Grundlage dieser Argumentationsbasis ist aus folgenden Gründen problematisch:

- *Statische Betrachtung:* Die Analyse der aktuell verfügbaren Biomasse ist nicht ausreichend und zu unbestimmt für das Einziehen einer festen Grenze (kein weiterer Ausbau der Bioenergie). Denn bei heute zu treffenden Entscheidungen zur Bioenergieförderung geht es um zukünftig nutzbare Biomassepotenziale sowie die Vermeidung von Nutzungs- und Flächenkonkurrenzen. Die zukünftigen Nutzungskonkurrenzen zwischen verschiedenen Verwendungsmöglichkeiten landwirtschaft-

licher Biomasse sind von einer Anzahl weiterer Faktoren abhängig (SRU 2007; WBGU 2009; TAB 2010; TAB 2012b). Zum einen sind dies Faktoren, die bestimmen, wie viel landwirtschaftliche Fläche zukünftig für die Nahrungsmittelversorgung benötigt wird. Produktivitätssteigerungen in der Landwirtschaft, insbesondere Ertragssteigerungen in der Pflanzenproduktion, sorgen dafür, dass die gleiche Nahrungsmittelmenge auf weniger landwirtschaftlicher Fläche erzeugt werden kann. Die Erhöhung sowohl der züchterisch erreichten Ertragspotenziale als auch der in der landwirtschaftlichen Praxis realisierten Erträge können dazu beitragen. Dem entgegen wirken höhere ökologische Anforderungen an die europäische Landwirtschaft, wie sie im Rahmen der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik für den Finanzierungszeitraum 2013–2020 diskutiert werden, denn eine Extensivierung auf einem Teil der landwirtschaftlichen Fläche würde einen höheren Flächenbedarf für die derzeitige landwirtschaftliche Produktion der EU bewirken. Zum anderen beeinflussen die zukünftige globale Bevölkerungsentwicklung und Veränderungen im Ernährungsverhalten den Flächenbedarf für die Nahrungsmittelerzeugung erheblich. Schließlich unterscheiden sich die Flächenproduktivität und damit der Energieertrag pro Hektar bei verschiedenen Energiepflanzen und Verwendungslinien enorm. Für einen gleichen Energiebeitrag können daher sehr unterschiedliche Flächen beansprucht werden bzw. nötig sein (TAB 2012b, S. 9). Die Begrenztheit verfügbarer Biomasse ist keine grundsätzlich neue Erkenntnis und beantwortet nicht die Frage, in welchem Umfang und v. a. in welchen Verwendungsfeldern ein weiterer Ausbau möglich bzw. vertretbar ist.

- *Keine Diskussion unterschiedlicher Einschätzungen zukünftiger Bioenergiepotenziale:* Die Leopoldina erweckt den Eindruck, als seien die Bioenergiepotenziale eine feststehende Größe (Leopoldina 2012c, S. 18).<sup>3</sup> Die Ergebnisse verschiedener Studien zum Bioenergiepotenzial in Deutschland und auf globaler Ebene weisen dagegen eine weite Spannweite auf, sowohl hinsichtlich der verfügbaren Flächen als auch beim Beitrag der Bioenergie zur zukünftigen

Energieversorgung (TAB 2007; WBGU 2009; und nach Erscheinen der Leopoldina-Studie: Kleinhanß/Junker 2012). Die Unterschiede in den Potenzialabschätzungen basieren auf unterschiedlichen Erwartungen bzw. Annahmesetzungen hinsichtlich der zuvor angesprochenen Faktoren. Anstelle eines eindeutigen Ergebnisses wäre es wichtig gewesen, die unterschiedlichen Einschätzungen zum Bioenergiepotenzial, die ihnen zugrunde liegenden Ursachen und Gestaltungsoptionen sowie damit verbundenen Unsicherheiten transparent zu machen (vgl. Grunwald 2008). So bleibt die Stellungnahme nur eine Einschätzung unter vielen.

- *Falsche Alternativen:* Die Leopoldina-Studie weist zu Recht darauf hin, dass durch eine Veränderung der menschlichen Ernährung hin zu weniger tierischer Nahrung weniger Biomasse für Tierfutter benötigt würde. Die Relevanz des Ernährungsverhaltens für zukünftige Flächenpotenziale wird aber nicht diskutiert, obwohl für die Erzeugung tierischer Lebensmittel proportional bedeutend mehr Fläche als für die Herstellung pflanzlicher Lebensmittel benötigt wird. Vielmehr wird dies nur als Chance gesehen, dass die Landwirtschaft weniger intensiv betrieben werden könnte. Dadurch könnten die landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen wahrscheinlich stärker reduziert werden als durch die meisten Bioenergienutzungen (Leopoldina 2012b, S. 9). Dieser Aussage liegt aber keine Abschätzung zugrunde, welcher Rückgang beim Verzehr tierischer Lebensmittel realistisch in welchem Zeitraum erwartet werden kann und welche Verringerung der Treibhausgasemissionen damit verbunden sein könnte. Unabhängig davon könnten diese beiden Optionen anstelle als Alternativen auch als sich ergänzende Optionen betrachtet werden, denn ein geringerer Biomassebedarf (und damit Flächenbedarf) für die Produktion tierischer Lebensmittel könnte Spielräume für den Energiepflanzenanbau eröffnen (vgl. TAB 2012b, S. 131ff.).

Ein weiteres wichtiges Argument der Leopoldina ist, dass neben dem hohen Nutzungsgrad einheimischer Biomasse noch eine erhebliche Nutzung von importierter Biomasse hinzukommt, sodass rund ein Drittel des Biomassekonsums (Embod-

ied HANPP) in der EU-25 aus importierter Biomasse stammt<sup>4</sup> (Leopoldina 2012c, S. 115). Dies wurde schon in früheren Untersuchungen unter dem Stichwort „Flächenrucksack“ der europäischen und deutschen Landwirtschaft analysiert (Steger 2005; Noleppa/Witzke 2012), allerdings wird auf diese Arbeiten kein Bezug genommen.

Die Autoren folgern nun, dass unter Berücksichtigung importierter Biomasse die Bioenergiepotenziale in Deutschland bzw. der EU noch geringer wären, und geben zu bedenken, dass mit Biomasse-Importen die Risiken der intensiven Landwirtschaft exportiert werden. Gegen eine solche Folgerung sind folgende Einwände vorzutragen:

- *Vermischung von gesamtlandwirtschaftlicher Import-Export-Bilanz und der Bilanz für Bioenergie-träger:* In der Stellungnahme wird zitiert, dass nur 20 Prozent der Biomasse für die energetische Nutzung importiert werden (Leopoldina 2012c, S. 17). Im Gegensatz dazu wird in der Kurzfassung der Stellungnahme ausgeführt, dass der derzeitige Anteil der Bioenergie von ca. 7 Prozent am Primärenergieverbrauch nur durch erhebliche Importe von Biomasse möglich ist (Leopoldina 2012b, S. 7). Ohne Importe würde sich der Anteil mehr als halbieren, was die Schlussfolgerung nahelegt, dass über 50 Prozent der energetischen Nutzung von Biomasse auf Importen beruhe. Die letztere Angabe beruht aber auf einer Verrechnung mit den landwirtschaftlichen Nettoimporten insgesamt. Damit handelt es sich um einer Vermischung von zwei Betrachtungsebenen, von der Import-Export-Bilanz der gesamten Landwirtschaft und der energetischen Biomassenutzung. Solch ein Wechsel der sachlichen Bezugsebenen sollte nicht vorgenommen werden und kann bei der politischen Bewertung in die Irre führen.
- *Vernachlässigung internationaler Agrarmärkte:* Auf einer rein mengenmäßigen Betrachtung beruht das Argument, dass weniger Importe notwendig wären, wenn weniger heimische Biomasse für energetische Zwecke genutzt würde (Leopoldina 2012b, S. 7). Dabei wird nicht beachtet, dass die Import-Export-Bilanz von agrarischen Produkten wesentlich durch ökonomische Faktoren (Produktionskosten

und Wettbewerbsfähigkeit) sowie agrarpolitische Rahmenseetzungen (Förderung der europäischen Landwirtschaft und Außenschutz) bestimmt wird. Deshalb ändert ein Verzicht auf bzw. eine Reduktion der Bioenergienutzung und/oder Bioenergie-trägerimporte nicht automatisch den Netto-Import von Biomasse, da dieser wesentlich auf dem Import von Futtermitteln beruht (Steger 2005). Darüber hinaus sollte nicht vergessen werden, dass die energetische Nutzung landwirtschaftlich angebaute Biomasse auf den Agrarmärkten in den letzten Jahren maßgeblich zur Mengen- und Preisstabilisierung beigetragen hat, wozu in der EU vorher noch die obligatorische Flächenstilllegung notwendig war.

- *Keine Abwägung der Vorteile und Risiken beim Import von Bioenergie-trägern:* Der Import von Biomasse für energetische Verwendungen sollte nicht pauschal abgelehnt werden. Denn tropische Länder in Lateinamerika und Südostasien sowie Pflanzen wie Ölpalme und Zuckerrohr sind hinsichtlich der Flächenproduktivität gegenüber europäischen, gemäßigten Produktionsstandorten und Anbaukulturen eindeutig überlegen. Daher weisen importierte Biokraftstoffe häufig eine günstigere Energiebilanz und höhere Treibhausgaseinsparungen auf, solange mit ihrem Anbau keine direkten oder indirekten Landnutzungsänderungen verbunden sind. Der Import von Biokraftstoffen beinhaltet zum einen also die Chance geringerer Flächeninanspruchnahme. Dem steht zum anderen das Risiko gegenüber, dass Importe von Bioenergie-trägern v. a. aus Regionen stammen, in denen natürliche Ökosysteme (insbesondere Regenwälder) schon bisher durch die Lebens- und Futtermittelerzeugung unter erheblichem Druck stehen. Daraus ergibt sich das Risiko hoher Klimagasemissionen durch indirekte Landnutzungsänderungen (TAB 2010, S. 214f.; TAB 2012b, S. 172).

## **8 Treibhausgasminderungspotenzial der Bioenergie – Problematischer Bezugspunkt und Lücken**

Ein weiteres zentrales Argument der Leopoldina befasst sich mit den Flüssen von Kohlenstoff und anderen Treibhausgasen, die durch die Bio-

masseproduktion, insbesondere in der intensiven Landwirtschaft, verursacht werden (Leopoldina 2012c, S. 22ff.). In ihrer Analyse arbeiten die Autoren heraus, dass aufgrund von mit der Biomasseproduktion in Europa verbundenen Klimagasemissionen – u. a. Distickstoffoxid- ( $N_2O$ ) und Methan- ( $CH_4$ ) Emissionen als Folge der Düngemittelanwendung sowie  $CO_2$ -Emissionen als Folge der Nutzung fossiler Energie und des mikrobiellen Abbaus von Boden-Kohlenstoff – das Treibhausgasreduktionspotenzial der Bioenergienutzung deutlich reduziert wird: bei Ackerpflanzen um rd. 42 Prozent, bei Grünland um rd. 19 Prozent (Leopoldina 2012c, S. 23f.).

Die Bedeutung der Landwirtschaft als Emitter von Treibhausgasen ist wiederum keine neue Erkenntnis. Zur Darstellung der Leopoldina ist jedoch zunächst anzumerken, dass die Angaben für Deutschland aus europäischen Daten extrapoliert wurden. Hier wäre ein Vergleich mit den Daten aus dem aktuellen Bericht zum deutschen Treibhausgasinventar (UBA 2012) wichtig für die Anschlussfähigkeit an die nationale politische Diskussion. Nicht nachvollziehbar ist, dass die mit der Biomasseproduktion verbundenen Treibhausgasemissionen nicht nach verschiedenen Produktionsbedingungen und unterschiedlichen Bodentypen differenziert werden. Beispielsweise erschließt sich nicht, ob und wie die  $CO_2$ -Emissionen aus der Acker- und Grünlandnutzung auf entwässerten Moorböden in die Analyse einfließen, die gemäß dem Treibhausgasinventar für rund 35 Prozent der Gesamtemissionen der deutschen Landwirtschaft verantwortlich sind (UBA 2012). Eine Mittelung der Werte für die Treibhausgasflüsse über ganz Europa (z. B. Leopoldina 2012c, S. 93) wird der Heterogenität der landwirtschaftlichen Praxis und damit einer belastbaren Analyse nicht gerecht. Der Hauptkritikpunkt jedoch ist, dass der Anschein erweckt wird, als ob die landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen feststehende (naturwissenschaftliche statische) Größen wären und dass Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft nur zum Preis von höheren Treibhausgasemissionen zu bekommen sind (Leopoldina 2012c, S. 22ff.). Dagegen ist eine klimaverträglichere Landbewirtschaftung mittlerweile als eine der zentralen Herausforderungen der nächsten Jahre erkannt worden (z. B. FAO 2010; Foresight 2011; Pretty et al. 2010),

und eine Vielzahl konkreter Handlungsansätze zur Reduktion der landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen wird diskutiert (TAB 2012a).

Die allgemeine Treibhausgasbilanz der landwirtschaftlichen Produktion ist auch Ausgangspunkt der Argumentation zum Treibhausgasminderungspotenzial von Bioenergienutzungen (Leopoldina 2012c, S. 24ff.). Es wird argumentiert, dass unter Berücksichtigung indirekter Landnutzungsänderungen Bioethanol, Biodiesel, Pflanzenöle und Biomethan eine negative Treibhausgasbilanz aufweisen (Leopoldina 2012c, S. 24f., S. 99). Der damit erweckte Eindruck, mit Bioenergienutzungen könnten keine wesentlichen Treibhausgaseinsparungen erzielt werden, ist aber aus folgenden Gründen falsch:

- *Unsicherheiten bei indirekten Landnutzungsänderungen:* Nicht jede Energiepflanzenutzung und nicht jede Ausweitung der Bioenergienutzung löst indirekte Landnutzungsänderungen aus. Indirekte Landnutzungsänderungen können nicht unmittelbar beobachtet bzw. erfasst werden, weil vielfältige Ursachen die Relationen zwischen Nachfrage und Angebot von landwirtschaftlicher Biomasse verändern und zu Verdrängungseffekten führen können, die über sich ändernde Preise auf nationalen und internationalen Märkten vermittelt werden und dadurch weit entfernt von der Ursache Landnutzungsänderungen bewirken können. Deshalb können indirekte Landnutzungsänderungen nur über Modellberechnungen abgeschätzt werden. Die Abschätzungen zu den Auswirkungen der EU-Biokraftstoffziele auf indirekte Landnutzungsänderungen und Treibhausgasemissionen weisen beispielsweise eine erhebliche Spannweite auf, verursacht durch unterschiedliche Annahmesetzungen und Modelle (Europäische Kommission 2010; Fritsche/Wiegmann 2011; TAB 2012b, S. 147ff.).
- *Fehlendes Verständnis für internationale Verknüpfungen:* Das Argument, die Produktion von Bioethanol aus Zucker und Stärke sowie von Biodiesel aus Pflanzenölen sei „in dicht besiedelten Gegenden wie Mitteleuropa oder China ethisch schwer zu rechtfertigen“ (Leopoldina 2012b, S. 14f.), ist letztlich nur ein moralisches Argument. Denn durch die internationale Verknüpfung der Agrarmärkte können die durch



eine energetische Nutzung fehlenden inländisch erzeugten Lebensmittelrohstoffe durch Importe ersetzt werden, was anhand der ökonomischen Vorzüglichkeit zu beurteilen und solange unproblematisch ist, wie auf globaler Ebene keine Verdrängung der Lebensmittelproduktion bewirkt wird. Außerdem ist der Anbau von Energiepflanzen, die nicht als Lebensmittel genutzt werden können, nicht weniger problematisch, wenn dieser Anbau in Flächenkonkurrenz zur Lebensmittelproduktion steht.

- *Unzureichende Differenzierung:* Auf die umfangreiche Literatur zur Öko- und Treibhausgasbilanzierung von Bioenergiepfaden wird nicht Bezug genommen (z. B. Butterbach-Bahl et al. 2010; WBGU 2009; Zah et al. 2007). Diese Analysen zeigen ein sehr differenziertes Bild. Damit bleiben die sehr unterschiedlichen Minderungspotenziale der verschiedenen Biomasserohstoffe und Konversionsverfahren weitgehend unberücksichtigt.
- *Keine Diskussion von Verbesserungspotenzialen:* Nur am Rande gestreift und nicht in den Empfehlungen berücksichtigt werden Strategien und Handlungsansätze, um die Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft zu reduzieren, beispielsweise durch eine an die Aufnahmefähigkeit der Kulturpflanze angepasste Stickstoffdüngung (IPCC 2007; TAB 2012a). Nur angedeutet, aber nicht weiter ausgearbeitet wird ferner, dass alternative Produktionssysteme möglicherweise eine nachhaltige Intensivierung, d. h. Produktionssteigerungen bei gleichzeitiger Reduktion von Umweltbelastungen und Treibhausgasemissionen, ermöglichen könnten (Leopoldina 2012b, S. 10; Leopoldina 2012c, S. 35). Zu nennen sind hier z. B. Agroforstsysteme, die reduzierte oder pfluglose Bodenbearbeitung oder Ansätze der ökologischen Landwirtschaft auf ertragsschwachen Böden. Solche Strategien und Maßnahmen sind Gegenstand intensiver Forschungsbemühungen, denen bei einer großflächigen Verbreitung durchaus ein hohes Potenzial zur Minderung der Emissionen im Bereich der Landwirtschaft zugetraut wird (IPCC 2007, S. 511ff.; TAB 2012a). Auch wenn noch zahlreiche Fragen offen sind, inwieweit und unter welchen Bedingungen geeignete Maßnahmen und alternative Produktionssysteme Treibhaus-

gaseinsparungen ermöglichen, würde man sich für eine „umfassende Analyse“ eine breitere Diskussion dieses Themenfeldes wünschen.

Von der Leopoldina wird die Erstellung vollständiger Lebenszyklusanalysen für Bioenergieträger gefordert. Dies sei schwierig und noch Gegenstand der Forschung (Leopoldina 2012b, S. 8; Leopoldina 2012c, S. 25). Im Gegensatz zu dieser Betonung offener Fragen ist aber der Bereich Bioenergie bereits heute besser untersucht als alle anderen Nutzungsformen landwirtschaftlicher Biomasse.

## 9 Umwandlung von Biomasse – Empfehlungen nur eingeschränkt schlüssig

Die in Kapitel 2 und 3 von der Leopoldina (2012c) vorgelegte Beschreibung ausgewählter Prozesse zur Umwandlung von Biomasse in Brennstoffe und in Vorstufen für chemische Synthesen gibt dem Leser einen schnellen Überblick und ist ein wesentlicher Ausgangspunkt für die gezogenen Schlussfolgerungen. Sinnvollerweise wird hierbei jeweils danach unterschieden, ob es sich bereits um einen marktgängigen Energieträger (z. B. Ethanol, Biodiesel, Biogas) handelt. Ergänzend werden hierzu die Entwicklungslinien der Biokraftstoffe der 2. Generation, die Bereitstellung von Vorprodukten für chemische Synthesen und die noch stark forschungsorientierten Prozesse zur biologisch und bio-inspirierten Bereitstellung von Wasserstoff aufgeführt. Abschließend werden Best-Practice-Beispiele beschrieben.

Die Schlüssigkeit der aus diesen Prozessbeschreibungen von der Leopoldina gezogenen Empfehlungen lässt teilweise zu wünschen übrig, wie nachfolgend an einigen Beispielen illustriert wird:

- *Wesentliche energetische Verwendungslinien der Biomasse nicht berücksichtigt:* Auf die direkte energetische Nutzung trockener Biomasse zur Bereitstellung von Wärme und Strom wird nicht eingegangen. Es wird zwar festgestellt, dass bisher die Biomasse zum größten Teil für Heizzwecke und für die Erzeugung von Elektrizität genutzt wird (Leopoldina 2012a, S. 6), aber nicht reflektiert, dass hierdurch fossil basiertes Heizöl oder Erdgas substituiert werden, die somit dem Transportsektor zur Verfügung stehen. Denn gerade über die Nutzung der Bio-

masse im Wärmesektor können die niedrigsten Treibhausgasminderungskosten erzielt werden; für Biokraftstoffe sind diese mehrfach höher.

- *Empfehlungen durch die Best-Practice-Beispiele fehlgeleitet:* Nicht nachvollziehbar ist, dass die Ethanolproduktion in Deutschland in kleineren dezentralen, mit der Biogasproduktion kombinierten Anlagen für begrenzt vertretbar gehalten (Leopoldina 2012a, S. 5), der Bioethanolimport (z. B. aus Brasilien) aber abgelehnt oder nur als vorübergehende Lösung eingestuft wird (Leopoldina 2012b, S. 15). Denn das Best-Practice-Beispiel Bioethanolproduktion in Brasilien (Leopoldina 2012c, S. 56) zeigt, dass hier die beste Treibhausgasbilanz und die niedrigsten Kosten erzielt werden. Hier hätte sicherlich eine schlüssigere Empfehlung abgeleitet und abgestimmt werden können.
- *Eingeengte Interpretation von Nachhaltigkeit:* Die Interpretation und Anwendung des Begriffs „Nachhaltigkeit“ bzw. „sustainability“ reduziert sich auf Umweltkriterien; ökonomische und soziale Aspekte werden ausgeblendet. So wird beispielsweise die Bioethanolproduktion in kleinen regionalen Anlagen als „more sustainable“ eingestuft (Leopoldina 2012c, S. 53) als die in großen Anlagen. Bei zusätzlicher Berücksichtigung ökonomischer Kenngrößen müsste diese Einschätzung sicherlich revidiert werden.

Schließlich blieben aktuelle Entwicklungen unberücksichtigt, die eine vielfältigere und effizientere Nutzung der Bioenergie im Wärme-, Strom- und Transportsektor ermöglichen, wie z. B. die Nutzung von Biomasse zur Bereitstellung von Bioerdgas (Kappler et al. 2012; Leible et al. 2012).

## 10 Fazit

Obwohl die Stellungnahme eine enorme Fülle an naturwissenschaftlichem Sachverstand bietet, gelingt es den Autoren nicht, diese Informationen zu einem Gesamtbild aufzubereiten. Es wird deutlich, dass alleine auf naturwissenschaftlicher Basis ohne Behandlung sozioökonomischer und regulativer Fragen keine angemessene Politikberatung möglich ist. Die mangelnde argumentative Verknüpfung der Analyse mit den Empfehlungen lassen diese zum Teil trivial und widersprüchlich

erscheinen. Ohne Zweifel gibt es gute Argumente, die Bioenergienutzung und insbesondere den landwirtschaftlichen Anbau von Energiepflanzen kritisch zu sehen, sowohl im Hinblick auf mögliche Konkurrenzen zur Lebensmittelerzeugung als auch auf die ökologischen Wirkungen. Aber einfache und endgültige Antworten wie kein weiterer Ausbau der Bioenergie sind der Sachlage nicht angemessen. Vielmehr sollte beim weiteren Ausbau der Bioenergienutzung eine Steuerung „auf Sicht“ erfolgen. Damit sind eine „vorsichtige bzw. zurückhaltende Festlegung und flexible Anpassung von Ausbauzielen“ (TAB 2010, S. 224) sowie Förderpolitiken gemeint, die Chancen nutzen und Risiken meiden.

## Anmerkungen

- 1) Vgl. Punkt D7 der Leitlinien für die wissenschaftliche Politikberatung, BBAW 2008, S. 37.
- 2) Beispielsweise wurde bereits 1993 von Wintzer et al. eine umfangreiche TA-Studie zu nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere der energetischen Nutzung, vorgelegt.
- 3) Im Supplement 2 (Leopoldina 2012c, S. 111ff.) werden die Ergebnisse verschiedener Studien zur Abschätzung der Energiepflanzenflächen- und Bioenergiepotenziale in Europa vorgestellt, aber diese Potenzialdiskussion ist nicht in die Stellungnahme eingeflossen.
- 4) Für Deutschland werden an verschiedenen Stellen etwas differierende Angaben für den Anteil der importierten Biomasse an der insgesamt genutzten Biomasse gemacht: Der Anteil embodied NPP beträgt nach Tabelle 1.2 (Leopoldina 2012c, S. 16) 43 Prozent im Kapitel 1.9 zum Import von Biomasse werden etwa 37 Prozent angegeben (Leopoldina 2012c, S. 27) und nach der Tabelle 6 im Supplement 2 (Leopoldina 2012c, S. 114) ergibt sich ein Wert von 39 Prozent für den embodied HANPP.

## Literatur

- BBAW – Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (Hg.), 2008: Leitlinien Politikberatung. Berlin
- BBE – Bundesverband BioEnergie, 2012: Inhalte und Kritikpunkte der Studie „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“ der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Bonn
- BDBE – Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft, 2012: Offener Brief zur Leopoldina-Stel-

lungnahme „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“. Presseinformation 13.08.2012

*BDP – Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter*, 2012: Bioenergiestrategie der Bundesregierung muss verlässlich bleiben. Presseinformation

*Biogasrat*, 2012: Entgegnung zur Stellungnahme „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“ der Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften. Berlin

*BioÖkonomieRat – Forschungs- und Technologierat Bioökonomie*, 2012: Nachhaltige Nutzung von Bioenergie. Empfehlungen des BioÖkonomieRats. Berlin

*Butterbach-Bahl, K.; Leible, L.; Kälber, S. et al.*, 2010: Treibhausgasbilanz nachwachsender Rohstoffe – eine wissenschaftliche Kurzdarstellung. KIT Scientific Reports 7556, Karlsruhe

*DBFZ – Deutsches Biomasseforschungszentrum*, 2012: Stellungnahme des Deutschen Biomasseforschungszentrums zur Leopoldina-Studie „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“. Leipzig, 8.8.2012

*DBV – Deutscher Bauernverband*, 2012: DBV zur Leopoldina-Studie: Bioenergie umfassend betrachten. Generalsekretär wendet sich an Nationale Akademie der Wissenschaften. Pressemitteilung 16.8.2012, Berlin

*Die Zeit*, 2012: Stoppt den Bio-Wahnsinn, 26.7.2012; <http://www.zeit.de/2012/31/N-Bioenergie> (download 30.10.12)

*Edenhofer, O.; Madrugá, R.P.; Sokona, Y. (Hg.)*, 2012: Renewable Energy Resources and Climate Change Mitigation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York

*Europäische Kommission*, 2010: Bericht der Kommission über indirekte Landnutzungsänderungen im Zusammenhang mit Biokraftstoffen und flüssigen Biobrennstoffen. KOM(2010) 811

*FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2010: Climate-Smart Agriculture. Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation. Rom

*FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2012a: FAO Food Price Index Up 6 Percent. Grains and Sugar Drive Increase. FAO Media Centre 9 August 2012; <http://www.fao.org/news/story/en/item/154266/icode/> (download 30.10.12)

*FAZ – Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 2012a: Wenn Träume platzen, 25.7.2012; <http://www.faz.net/aktuell/politik/inland/bioenergie-wenn-traeume-platzen-11832054.html> (download 30.10.12)

*FAZ – Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 2012b: Nationalakademie warnt vor Biokraftstoff, 25.7.2012; [http://www.faz.net/aktuell/politik/inland/kritik-an-](http://www.faz.net/aktuell/politik/inland/kritik-an-energiepolitik-der-eu-nationalakademie-warnt-vor-biokraftstoff-11831789.html)

[energiepolitik-der-eu-nationalakademie-warnt-vor-biokraftstoff-11831789.html](http://www.faz.net/aktuell/politik/inland/kritik-an-energiepolitik-der-eu-nationalakademie-warnt-vor-biokraftstoff-11831789.html) (download 30.10.12)

*FAZ – Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 2012c: Niebel fordert Verkaufsstopp für Biosprit E10, 15.8.2012; <http://www.faz.net/aktuell/politik/inland/steigende-agrarpreise-niebel-fordert-verkaufsstopp-fuer-bio-sprit-e10-11857327.html> (download 30.10.12)

*FAZ – Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 2012d: Teller und Tank, 21.8.2012; <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/teller-und-tank-11863591.html> (download 30.10.12)

*Foresight*, 2011: The Future of Food and Farming. Final Project Report. London

*Fritsche, U.R.; Wiegmann, K.*, 2011: Indirect Land Use Change and Biofuels. European Parliament, Directorate General for Internal Policies, Policy Department A: Economic and Scientific Policy. IP/A/ENVI/ST/2010-15, PE 451.495. Brüssel

*Grunwald, A.*, 2008: Wissenschaftliche Politikberatung – quo vadis? Ein Zwischenruf zur Gründung der Nationalen Akademie in Deutschland. In: GAIA 17/3 (2008), S. 298–301

*Grunwald, A.*, 2010: Technikfolgenabschätzung – Eine Einführung. Zweite, grundlegend überarbeitete und wesentlich erweiterte Auflage. Berlin

*IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK

*Isermeyer, F.; Bolte, A.; Dieter, M. et al.*, 2012: Bewertung der Leopoldina-Studie 2012 zur Bioenergie. Braunschweig

*Kappler, G.; Kälber, S.; Hurtig, O. et al.*, 2012: Perspektiven für Bio-Erdgas. Teil II: Bereitstellung von Wärme, Strom und Kraftstoff. In: BWK 64/6 (2012), S. 25–31

*Kleinhanß, W.; Junker, F.*, 2012: Analyse und Abschätzung des Biomasse-Flächennutzungspotentials. Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie 03/2012. Braunschweig

*Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe*, 2012: Zur Leopoldina-Studie „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“. Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe stellt fest: Viele Forderungen der Studie längst in der Praxis umgesetzt. Pressemitteilung Az 0121-2012-004, 27.7.2012, Straubing

*Leible, L.; Kälber, S.; Kappler, G. et al.*, 2012: Perspektiven für Bio-Erdgas. Teil I: Bereitstellung aus nasser und trockener Biomasse. In: BWK 64/5 (2012), S. 21–27



*Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina*, 2012a: Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen. Empfehlungen. Halle/Saale

*Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina*, 2012b: Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen. Kurzfassung und Empfehlungen. Halle/Saale

*Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina*, 2012c: Bioenergy – Chances and Limits. Statement. Halle/Saale

Meyer, R., 2006: Technikfolgen-Abschätzung in Landwirtschaft und Ernährung. Ziele, Konzepte und praktische Umsetzung. Frankfurt a. M.

Noleppa, S.; Witzke, H. von, 2012: Tonnen für die Tonne. Berlin

Pretty, J.; Sutherland, W.J.; Ashby, J. et al., 2010: The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. In: International Journal of Agricultural Sustainability 8/4 (2010), S. 219–236

*Spiegel Online*, 2012: Forscher erteilen Bioenergie klare Absage, 26.6.2012; <http://www.spiegel.de/wissenschaft/technik/bioenergie-kann-in-deutschland-nicht-zur-energiegewende-beitragen-a-846484.html> (download 30.10.12)

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen, 2007: Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Berlin

Steger, S., 2005: Der Flächenrucksack des europäischen Außenhandels mit Agrarprodukten. Wuppertal Papers Nr. 152, Wuppertal

TAB – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, 2007: Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen. Basisanalysen. TAB-Arbeitsbericht Nr. 121, Berlin

TAB – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, 2010: Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen. Endbericht zum TA-Projekt. TAB-Arbeitsbericht Nr. 136, Berlin

TAB – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, 2012a: Technische Optionen zum Management des CO<sub>2</sub>-Kreislaufs. TAB-Hintergrundpapier Nr. 18, Berlin

TAB – Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, 2012b: Ökologischer Landbau und Bioenergieerzeugung – Zielkonflikte und Lösungsansätze. Endbericht zum TA-Projekt. TAB-Arbeitsbericht Nr. 151, Berlin

*Tagesschau*, 2012: Studie zu Bioenergie: Studie der Nationalen Wissenschafts-Akademie Leopoldina warnt vor zu großen Erwartungen bei Energiegewinnung aus Pflanzen, 26.7.2012; [http://www.tagesschau.de/multimedia/video/sendungsbeitrag183686~\\_res-.html](http://www.tagesschau.de/multimedia/video/sendungsbeitrag183686~_res-.html) (download 30.10.12)

*taz – Die Tageszeitung*, 2012a: Wissenschaftler gegen Biosprit, 27.7.2012; <http://www.taz.de/1/archiv/print-archiv/printressorts/digi-artikel/?ressort=wu&dig=2012%2F07%2F27%2Fa0084&cHash=61c54de807> (download 30.10.12)

*taz – Die Tageszeitung*, 2012b: Die FDP tankt ein wenig Populismus, 21.8.2012; <http://www.taz.de/1/archiv/print-archiv/printressorts/digi-artikel/?ressort=sw&dig=2012%2F08%2F21%2Fa0079&cHash=3bfd61d6b> (download 30.10.12)

UBA – Umweltbundesamt, 2012: Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2011. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2009. EU-Submission. Dessau; <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4126.pdf> (download 30.10.12)

WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, 2009: Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Berlin

Wintzer, D.; Fürniss, B.; Klein-Vielhauer, S. et al., 1993: Technikfolgenabschätzung zum Thema „Nachwachsende Rohstoffe“. Schriftenreihe des BML, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Sonderheft. Münster

WBA – Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2007: Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik

Zah, R.; Böni, H.; Gauch, M. et al., 2007: Ökobilanz von Energieprodukten: Ökologische Bewertung von Biotreibstoffen. Schlussbericht. EMPA. Studie im Auftrag des schweizerischen Bundesamtes für Energie, Bundesamtes für Umwelt und Bundesamtes für Landwirtschaft. St. Gallen

## Kontakt

PD Dr. Rolf Meyer  
 Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)  
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
 Postfach 36 40, 76021 Karlsruhe  
 Tel.: +49 (0) 7 21 / 6 08 - 2 48 68  
 E-Mail: [rolf.meyer@kit.edu](mailto:rolf.meyer@kit.edu)

« »