



**Leopoldina**  
Nationale Akademie  
der Wissenschaften

*2013*

Kommentare

# Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen

Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

[www.leopoldina.org](http://www.leopoldina.org)

# Inhalt

<b>Klimagas-Emissionen und EU-Nachhaltigkeitsstrategie .....</b>	<b>3</b>
<b>Nimmt der Kohlenstoff-Gehalt der Äcker ab?.....</b>	<b>3</b>
<b>Biomasseimporte .....</b>	<b>4</b>
<b>Nutzungskaskaden .....</b>	<b>4</b>
<b>Stickstoffausbringung und Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft.....</b>	<b>4</b>
<b>Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland .....</b>	<b>5</b>
<b>Geerntete Biomasse von Feldern und Wiesen.....</b>	<b>6</b>
<b>Verfügbarkeit und Nutzung von Biomasse als Energiequelle .....</b>	<b>6</b>
<b>Schlussbemerkung.....</b>	<b>6</b>

# Leopoldina-Stellungnahme „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“

## Kommentare und Ergänzungen zur Kurzfassung

### Vorbemerkung

Am 26. Juli 2012 veröffentlichte die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina die Stellungnahme „Bioenergy – Chances and Limits“ mit einer deutschsprachigen Kurzfassung „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“. Der Schwerpunkt der Stellungnahme lag auf der Frage nach der nachhaltigen Verfügbarkeit von Biomasse als Energiequelle und Prozessen der Umwandlung von Biomasse in Brennstoffe (Biogas, Bioethanol und Biodiesel). Darüber hinaus wurde bioinspirierten Katalysatoren (Wasserspaltung mittels Sonnenlicht) ein eigenes Kapitel gewidmet, da diesem Forschungsgebiet international hohe Aufmerksamkeit zuteilwird.

Mit dem Erscheinen der Stellungnahme hat eine breite öffentliche Diskussion zur Nachhaltigkeit der verschiedenen Bioenergieformen eingesetzt. Die Ergebnisse der Stellungnahme wurden in Fachgesprächen und Anhörungen im Deutschen Bundestag (Ausschuss für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, im Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit, bei zahlreichen Konferenzen und Vortragsreihen und in Fachgesprächen (u.a. bei Wirtschaftsverbänden) vorgestellt und diskutiert.

Dabei hat sich herausgestellt, dass viele Diskussionsteilnehmer nur die Kurzfassung der Stellungnahme gelesen haben und dass in der Kürze der Darstellung einige Aspekte missverständlich aufgenommen wurden.

Mit den nachfolgenden Kommentaren wird die Kurzfassung entsprechend ergänzt. Die Texte, auf die sich die Kommentare beziehen, sind blau hervorgehoben. Parallel erscheint die Langfassung der Stellungnahme in einer ins Deutsche übersetzten und teilweise ergänzten Fassung.

## Klimagas-Emissionen und EU-Nachhaltigkeitsstrategie

Kurzfassung Bioenergie, Seite 4:

*„Eine komplette Kohlenstoff-Kreislauf-Analyse muss auch die CO<sub>2</sub>-Kosten berücksichtigen, die beim Verbrauch von fossiler Energie in der landwirtschaftlichen Produktion von Biomasse und in den Umwandlungsprozessen zu Bioethanol, Biodiesel oder Biogas entstehen. In einigen Fällen sind diese Kosten so hoch, dass sie die Treibhausgas (THG)-Einsparungen aufheben, die durch eine geringere Verwendung von fossilen Brennstoffen erzielt werden. Trotz dieser Einschränkungen ist es ein Ziel der Europäischen Union (EU), bis zum Jahr 2020 wenigstens 10 Prozent des Treibstoffes für Transportzwecke durch erneuerbare Energiequellen (hauptsächlich Biomasse) bereitzustellen. Grundlage hierfür ist die Annahme, dass die Zumischung beispielsweise von Bioethanol zum konventionellen Kraftstoff erheblich dazu beitragen werde, die THG-Emission zu senken (35 Prozent jetzt und 60 Prozent bis 2018), und...“*

Die Nachhaltigkeitsverordnung der EU (Europe's Renewable Energy Directive RED) bedarf einer Überarbeitung, da die Vermeidung von Treibhausgasen viel geringer ausfällt, als in der Verordnung angenommen wird. So erreicht beispielsweise Biodiesel aus Raps nur eine Reduktion von knapp 30 Prozent gegenüber herkömmlichen Treibstoffen und verfehlt damit die kurz- und langfristigen Zielvorgaben der EU-Nachhaltigkeitsverordnung.<sup>1,2</sup> Forschungsergebnisse zeigen zudem, dass der Emissionsfaktor bei Stickoxiden (Lachgas-Emission aus Stickstoff-Düngung) bei 3 – 6 Prozent liegt.<sup>3</sup> In der EU-Verordnung wird jedoch mit einem Emissionsfaktor des Düngers von weniger als einem Prozent kalkuliert (9,6 g N<sub>2</sub>O/kg N Dünger). Außerdem werden in der Verordnung die mit indirekten Landnutzungsänderungen (ILUC) einhergehenden Treibhausgas-Emissionen nicht berücksichtigt.

## Nimmt der Kohlenstoff-Gehalt der Äcker ab?

Aussage in der Kurzfassung Bioenergie, Seite 7:

*Ackerböden in der EU-25 verlieren seit geraumer Zeit jährlich etwa 3 Prozent ihres Kohlenstoffs.*

Diese Aussage basiert auf systematischen Messungen des Bodenkohlenstoff-Gehalts in den Ländern der EU-25. Die in der Langfassung zitierten Untersuchungen von Ceschia et al.<sup>4</sup> nennen einen Wert von 2,6 +/- 4,5 Prozent für den Verlust an Kohlenstoff. Die große Streubreite resultiert aus den unterschiedlichen klimatischen Bedingungen, verschiedenen Feldfrüchten und dem Management der Untersuchungsflächen. In der EU gibt es demnach auch Ackerböden, deren Kohlenstoffgehalt zunimmt oder gleich bleibt, wie das in vielen Böden in Deutschland auch der Fall ist. Für eine verlässliche Aussage zu möglichen Veränderungen des Kohlenstoffgehaltes von Ackerland in den EU-Ländern sind daher weitere Untersuchungen notwendig, die die oben genannten Standortfaktoren berücksichtigen.

1 Pehnelt G & Vietze C (2012): Uncertainties about the GHG Emissions Saving of Rapeseed Biodiesel. Jena Economic Research Papers 2012 – 039

2 Siehe auch Kommentar im Magazin Nature: <http://www.nature.com/news/rapeseed-biodiesel-fails-sustainability-test-1.11145>

3 Smith KA, Mosier AR, Crutzen PJ & Winiwarter W (2012) The role of N<sub>2</sub>O derived from crop-based biofuels, and from agriculture in general, in Earth's climate. Phil. Trans. R. Soc. B 367, 1169–1174.

4 Ceschia E et al. (2010) Management effects on net ecosystem carbon and GHG budgets at European crop sites. Agriculture, Ecosystems & Environment 139: 363-383.

## Biomasseimporte

Kurzfassung Bioenergie, Seite 7:

*„2010 wurden ungefähr 7 Prozent des deutschen Primärenergie-Verbrauchs durch die energetische Nutzung von Biomasse und erneuerbaren Abfällen gedeckt. Das war nur durch erhebliche Importe von Biomasse möglich. Ohne Importe hätten weniger als 3 Prozent des Primärenergie-Verbrauchs durch in Deutschland gewachsene Biomasse nachhaltig abgedeckt werden können.“*

Direkt werden nur etwa 20 Prozent der Biomasse für energetische Zwecke nach Deutschland eingeführt (deutsche Langfassung, S. 32-33). Indirekt ist der Anteil jedoch höher, da auf Flächen, auf denen jetzt Energiepflanzen wachsen, zuvor Futtermittel angebaut wurden, die daher jetzt importiert werden müssen (deutsche Langfassung, S. 32-33).

## Nutzungskaskaden

Kurzfassung Bioenergie, Seite 8:

*„Unter Berücksichtigung all dieser Parameter zeigt die Lebenszyklusanalyse von z. B. Biogasbildung und -verbrauch, dass die Verwendung von Biogas als Energiequelle nur unter ganz bestimmten Bedingungen nachhaltig ist. Das gilt insbesondere für die Produktion von flüssigen Brennstoffen wie Bioethanol und Biodiesel in der EU-25. Die Erstellung vollständiger Lebenszyklusanalysen ist schwierig und noch Gegenstand der Forschung.“*

Im Falle z.B. der Biodieselproduktion aus Raps muss berücksichtigt werden, dass dabei auch proteinreicher Rapskuchen anfällt, der als Viehfutter verwendet wird, wodurch weniger Viehfutter importiert werden muss. Unter Berücksichtigung dieses Kopplungsproduktes kommt man zu einer günstigeren Treibhausgas-Bilanz. Das gilt allerdings nur dann, wenn die Treibhausgas-Emissionen, die mit dem Viehfutteranteil verbunden sind, nicht angerechnet werden (s. auch deutsche Langfassung, S. 18). Außerdem gilt auch hier, dass nur zusätzlich erzeugte Biomasse kohlenstoffneutral ist.<sup>5</sup>

## Stickstoffausbringung und Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft

Kurzfassung Bioenergie, Seite 9:

*„Bei der Herstellung von Biogas lässt sich der Phosphatgehalt von Energiepflanzen rückgewinnen, indem der Fermentationsrückstand als Dünger verwendet wird. Das Verhältnis von Stickstoff zu Phosphor im Dünger kann aber höher sein als von den Pflanzen benötigt. Dies hat zur Folge, dass mit Stickstoff überdüngt wird. Dadurch werden Grundwasser und Oberflächenwasser mit Nitrat belastet, und die Emission von N<sub>2</sub>O wird befördert.“*

In den vergangenen Jahren ist die Zahl der Biogasanlagen deutlich gestiegen und in der Folge die Ausbringung von stickstoffhaltigen Gärresten. Dabei wurde eine textliche Lücke in der Düngeverordnung deutlich: Stickstoff pflanzlicher Herkunft aus Biogasanlagen wird nicht in der Stickstoffbilanz berücksichtigt (s. auch den Antrag der SPD-Fraktion im Deutschen Bundestag v. Dezember 2012, Drucksache 17/10115). Aufgrund der fehlenden Regelung kann es in der Praxis zu einer Überdüngung und dadurch schließlich zu einer Nitratbelastung von Boden und Was-

<sup>5</sup> Searchinger, TD (2010) Biofuels and the need for additional carbon. Environmental Research Letters 5.

ser kommen. Eine Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung schlägt daher in ihrem Bericht vor: „Die für N aus tierischen Ausscheidungen geltende Ausbringungsobergrenze von 170 kg N/ha soll auf alle organischen Düngemittel angewendet werden, insbesondere auch auf Gärreste pflanzlicher Herkunft.“<sup>6</sup>

Kurzfassung Bioenergie, Seite 10:

---

*„Seit 1965 sind die Erträge einzelner Nutzpflanzen um 70 bis 80 Prozent gestiegen. Diese Zunahme (bis zu 2 Prozent pro Jahr) fiel in den letzten Jahren jedoch immer geringer aus. Die hohen Ertragszunahmen sind nur zum Teil darauf zurückzuführen, dass Pflanzen mit dem Ziel gezüchtet wurden, mehr Früchte bei gleicher NPP zu tragen, wodurch der Ernte-Index stieg. Die Zunahme war weitgehend eine Folge intensiverer Landbearbeitung und besserer Versorgung mit Düngemitteln (allein über 800 Prozent mehr Stickstoff), Pestiziden und Wasser, also von Aktivitäten, die mit den oben geschilderten ökologischen und Klima relevanten Kosten verbunden sind.“*

Die in der Stellungnahme genannte Steigerung der Stickstoff-Düngung um 800 Prozent bezieht sich auf die globale Situation und nicht auf Deutschland.

Seit 1970 hat sich der Ernteertrag pro Flächeneinheit (gemessen in Getreideeinheiten) in Deutschland von 41 dt pro Hektar auf 88,4 dt pro Hektar im Jahr 2009 erhöht. Dies entspricht einer Steigerung um 120 Prozent. Im gleichen Zeitraum hat sich die Stickstoff-Düngung jedoch nur um 20 Prozent von 83,4 kg pro Hektar auf 94,6 kg pro Hektar erhöht.<sup>7</sup>

## Entwicklung des Primärenergieverbrauchs in Deutschland

Kurzfassung Bioenergie, Seite 5:

---

*„Der BioÖkonomieRat der Bundesrepublik Deutschland hat kürzlich eine Stellungnahme veröffentlicht, in der ein Szenario der Bundesregierung diskutiert wird, dass im Jahr 2050 23 Prozent der in Deutschland verbrauchten Energie durch Bioenergie abgedeckt werden könnte, vornehmlich über Importe.“*

In diesem Szenario des BioÖkonomieRates wird angenommen, dass sich der Primärenergiebedarf in Deutschland von 13.500 Petajoule im Jahr 2012 auf 6.950 PJ im Jahr 2050 nahezu halbiert hat. Neben 1.640 PJ, die aus heimischer Biomasse gewonnen werden sollen (23 Prozent des Primärenergiebedarfs im Jahr 2050), kalkuliert das Szenario mit weiteren 600 PJ aus Biomasse, die importiert werden sollen. Die in der Leopoldina-Stellungnahme getroffene Aussage, dass laut der Studie des BioÖkonomieRates in Zukunft ein Großteil der Bioenergie über Importe bereitgestellt werden soll, ist daher nicht zutreffend.

---

<sup>6</sup> Bund-Länder-Arbeitsgruppe zur Evaluierung der Düngeverordnung: Evaluierung der Düngeverordnung – Ergebnisse und Optionen zur Weiterentwicklung. Braunschweig, Juli 2012.

<sup>7</sup> Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Statistische Jahrbücher über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1956, 2010, 2011.

## Geerntete Biomasse von Feldern und Wiesen

Kurzfassung Bioenergie, Seite 6:

*„Von der oberirdischen Biomasse werden vom Menschen jährlich etwa 14 Millionen Tonnen C als Holz aus Wäldern und 53 Millionen Tonnen C als Biomasse von Feldern und Wiesen geerntet, wobei zusätzlich etwa 20 Millionen Tonnen C als Stroh auf den Feldern anfallen.“*

Der korrekte Wert der von Feldern und Wiesen geernteten Biomasse beträgt nicht 53 Millionen Tonnen C sondern 73 Millionen Tonnen C. In der Langfassung der Stellungnahme ist der korrekte Wert angegeben (s. deutsche Langfassung Tabelle 1.2, S. 18).

## Verfügbarkeit und Nutzung von Biomasse als Energiequelle

Kurzfassung Bioenergie, Seite 7:

*„Von den jährlich etwa 20 Millionen Tonnen C als Stroh verbleiben 13 Millionen Tonnen auf den Feldern für die Humusbildung und 4 Millionen Tonnen werden als Streu in der Tierhaltung benötigt.“*

Vier Millionen Tonnen Kohlenstoff in Form von Einstreustroh gelangen wieder auf die Äcker. Nur ein kleiner Teil davon nimmt den Umweg einer energetischen Nutzung in Biogasanlagen. Letztlich verbleiben 13 Millionen Tonnen C Stroh + 4 Millionen Tonnen C Einstreustroh auf den Feldern. In den Angaben zum Stroh sind alle Strohsorten, auch Raps-Stroh, enthalten (deutsche Langfassung, S. 18).

Kurzfassung Bioenergie, Seite 7:

*„Die in Deutschland jährlich geernteten 73 Millionen Tonnen C von Feldern und Wiesen werden zu über 90 Prozent für menschliche Nahrungsmittel, für Tierfutter und für industrielle Produkte verwendet. Weniger als 10 Prozent stehen als Energiequelle zur Verfügung.“*

Die Angabe „Weniger als 10 Prozent stehen als Energiequelle zur Verfügung“ berücksichtigt, dass ein Teil der Nettoprimärproduktion von Energie- und Industriepflanzen als Viehfutter verwendet wird (deutsche Langfassung, S. 18).

## Schlussbemerkung

In der Kurzfassung der Leopoldina-Stellungnahme zur Bioenergie wurden einige Aspekte verkürzt oder nicht hinreichend differenziert dargestellt. Die Koordinatoren der Stellungnahme danken allen Personen, die sich mit Anregungen, Hinweisen oder Kritik zum Thema Bioenergie an die beteiligten Autoren oder die Geschäftsstelle der Leopoldina gewandt haben. Auf die nun auch auf Deutsch vorliegende umfassende Stellungnahme „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“ als Grundlage der wissenschaftlichen Diskussionen zur Leopoldina-Stellungnahme sei an dieser Stelle nochmals hingewiesen.

Im September 2012 hat das Umweltbundesamt das Positionspapier „Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen“ veröffentlicht, das bestens recherchiert ist und zum Lesen als Ergänzung empfohlen wird. Auch die Studie „Nach Super E10: Welche Rolle für Biokraftstoffe?“ (bearbeitet von IINAS, Darmstadt & ifeu-Institut, Heidelberg, und herausgegeben von Shell Deutschland) ist sehr informativ.

## Zu den Koordinatoren der Stellungnahme

### **Prof. Dr. Rudolf K. Thauer**

Rudolf Thauer wurde 1984 in die Sektion Biochemie und Biophysik der Leopoldina aufgenommen und war von 2005 bis 2010 Mitglied des Präsidiums der Akademie. Er war von 1991 bis 2007 Direktor am Max-Planck-Institut für terrestrische Mikrobiologie in Marburg und leitet seit 2008 an diesem Institut eine Emeritus-Arbeitsgruppe. Sein Fachgebiet ist die mikrobielle Bioenergetik (Energieumwandlung durch Mikroorganismen), wobei in den letzten 20 Jahren die an der Biogasbildung beteiligten Mikroorganismen im Mittelpunkt standen. Es gibt zwischen Bioenergetik und Bioenergie, die sich mit der Verwendung von Biomasse als Energiequelle befasst, wichtige Bezüge, weshalb R. Thauer auch wissenschaftlicher Berater von Bioenergiefirmen und Forschungszentren auf dem Gebiet der Bioenergie ist. Er ist auch an der neuen Arbeitsgruppe „Energiesysteme der Zukunft“ beteiligt.

### **Prof. Dr. Bärbel Friedrich**

Bärbel Friedrich wurde 1994 in die Sektion Mikrobiologie und Immunologie der Leopoldina aufgenommen und ist seit 2005 Vizepräsidentin der Akademie. Sie ist seit 1994 Professorin für Mikrobiologie an der Humboldt-Universität zu Berlin und seit 2008 wissenschaftliche Direktorin des Alfred Krupp Wissenschaftskollegs Greifswald. Ihr wissenschaftliches Arbeitsgebiet ist die biologische Konversion von Wasserstoff und die molekulare Wirkungsweise und Regulation der daran beteiligten enzymatischen Katalysatoren. Darüber hinaus arbeitet sie an funktionellen Genomstudien für biotechnologisch relevante Prozesse. Bärbel Friedrich hat für die Leopoldina maßgeblich die Arbeitsgruppen „Synthetische Biologie“ und „Bioenergie“ betreut und ist auch an der neuen Arbeitsgruppe „Energiesysteme der Zukunft“ beteiligt, die zum März 2013 ihre Arbeit aufgenommen hat.

### **Prof. Dr. Bernhard Schink**

Bernhard Schink wurde 2000 in die Sektion Mikrobiologie und Immunologie der Leopoldina aufgenommen. Er ist Professor für Limnologie und mikrobielle Ökologie an der Universität Konstanz. Von 2006-2012 war Bernhard Schink Mitglied des Wissenschaftsrates. Er hat sich wesentlich mit den Grenzen und Möglichkeiten sauerstoffunabhängiger mikrobieller Stoffumsetzungen beschäftigt, wie sie z. B. an sauerstofffreien Standorten wie Seesedimenten, aber auch in technischen Anlagen wie Biogasreaktoren ablaufen. Einen weiteren Schwerpunkt bilden die energetischen Begrenzungen von gärenden Mikroorganismen an solchen Standorten, wo sie mit minimalen Energiebeträgen ihren Stoffwechsel betreiben müssen.

## Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina

Als Nationale Akademie Deutschlands vertritt die Leopoldina seit 2008 die deutsche Wissenschaft in internationalen Gremien und nimmt zu wissenschaftlichen Grundlagen politischer und gesellschaftlicher Fragen unabhängig Stellung. In interdisziplinären Expertengruppen erarbeitet die Leopoldina, auch gemeinsam mit anderen deutschen, europäischen und internationalen Akademien, öffentliche Stellungnahmen zu aktuellen Themen. Die Leopoldina fördert die wissenschaftliche und öffentliche Diskussion, sie unterstützt wissenschaftlichen Nachwuchs, verleiht Auszeichnungen, führt Forschungsprojekte durch und setzt sich für die Wahrung der Menschenrechte verfolgter Wissenschaftler ein.

## Impressum

### Herausgeber:

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina  
– Nationale Akademie der Wissenschaften –  
Jägerberg 1  
06108 Halle (Saale)

### Berliner Büro:

Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina  
– Nationale Akademie der Wissenschaften  
Reinhardtstraße 14  
10117 Berlin

### Redaktion:

Dr. Christian Anton  
Dr. Henning Steinicke

### Gestaltung und Satz:

unicom Werbeagentur GmbH, Berlin

© Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina  
– Nationale Akademie der Wissenschaften –