

Bioökonomie am Scheideweg

Industrialisierung von Biomasse oder nachhaltige Produktion?

Seit die Preise für Erdöl und Erdgas steigen, gilt Biomasse als Hoffnungsträger für die Energieversorgung. Die Politik fördert den Ausbau der Bioökonomie, denn pflanzliche Rohstoffe können energetisch und stofflich genutzt werden. Doch Wissenschaft und Zivilgesellschaft sehen den massiven Anbau von Mais, Raps und Co. zunehmend kritisch, da Nachhaltigkeitskriterien und die Beteiligung von Bürger(inne)n missachtet werden. Transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung kann Wege aufzeigen, wie die Bioökonomiepläne transparenter und gerechter gestaltet werden können.

Stephan Albrecht, Manuel Gottschick,
Markus Schorling, Susanne Stirn

Bio-Economy at a Crossroads. Way Forward to Sustainable Production and Consumption or Industrialization of Biomass?
GAIA 21/1 (2012): 33–37 | **Keywords:** biotechnology, energy from biomass, participatory democracy, sustainability, world food supply

Postfossiles Zeitalter

Da sich das Zeitalter der fossilen Ressourcen dem Ende entgegenneigt, sind Alternativen zu Erdöl, Erdgas und Kohle gefragt. Pflanzliche Materialien – nachwachsende Rohstoffe oder Biomasse – und Mikroorganismen als Prozesshelfer können grundsätzlich die stoffliche und energetische Versorgung, die zurzeit überwiegend auf fossilen Rohstoffen basiert, ersetzen. Die Politik hat diesen Umbau bisher unterstützt: So will die Europäische Kommission mit der Initiative *Knowledge Based Bio-Economy (KBBE)*¹ die „Bioökonomie“ vorantreiben. Dieses technologische, wirtschaftliche, regulatorische und politische Programm wird von der Kommission mit knapp zwei Milliarden Euro gefördert. Industriezweige wie die Land- und Forstwirtschaft, Teile der Chemieindustrie und die Energiewirtschaft sollen darin unterstützt werden, ihre Produktion auf eine neue stoffliche Grundlage zu stellen. Ein solch struktureller Umbau hat ökologische, gesellschaftliche und politische Folgen, die weder hinreichend bekannt noch bislang angemessen untersucht worden sind.

Mit der Gründung des Forschungs- und Technologierats Bioökonomie, kurz BioÖkonomieRat (BÖR)², der seit 2008 bei der Akademie der Technikwissenschaften (acatech) angesiedelt ist, hat auch die deutsche Bundesregierung zu erkennen gegeben, dass sie die Entwicklung einer Bioökonomie für ein zentrales Zukunftsfeld deutscher Innovations- und Wettbewerbspolitik hält. Der BÖR hat Ende 2010 sein erstes Gutachten an die Regierung übergeben (BÖR 2010). Kurze Zeit später hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) eine *Nationale For-*

schungsstrategie BioÖkonomie 2030 (NFS BioÖkonomie) veröffentlicht (BMBF 2010), die größtenteils das BÖR-Gutachten aufgreift und umsetzt – mit einem finanziellen Volumen von 2,45 Milliarden Euro für sechs Jahre.

Da die bioökonomischen Forschungsplanungen beträchtliche Fördervolumina beanspruchen und zahlreiche Wirtschaftssektoren betreffen, erscheint es angezeigt, die Pläne zu hinterfragen – und zwar inwieweit die Zivilgesellschaft in den Prozess einbezogen und Prämissen der Nachhaltigkeit berücksichtigt wurden.

Demokratische Teilhabe und Kommunikation

Der Weg zu einer Wirtschaft auf der Basis von Biomasse berührt alle gesellschaftlichen Bereiche. Deshalb ist es ein Gebot der Demokratie, die Gesellschaft in den Prozess einzubeziehen. Das Gutachten des BÖR (2010) und die *NFS BioÖkonomie* erwähnen diesen Aspekt zwar häufig, bleiben jedoch unpräzise in der Zielbestimmung und im Vorgehen. So soll ein „Dialog mit der Öff-

Kontakt: PD Dr. habil. Stephan Albrecht | Tel.: +49 40 42816506 |
E-Mail: albrecht@botanik.uni-hamburg.de

Dr. Markus Schorling | E-Mail: schorling@botanik.uni-hamburg.de

Dr.-Ing. Manuel Gottschick | E-Mail: manuel.gottschick@uni-hamburg.de

Dr. Susanne Stirn | E-Mail: stirn@botanik.uni-hamburg.de

alle: Universität Hamburg | Forschungsschwerpunkt Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt | Ohnhorststr. 18 | 22609 Hamburg | Deutschland

1 http://cordis.europa.eu/fp7/kbbe/about-kbbe_en.html
2 www.biooekonomierat.de

© 2012 S. Albrecht et al.; licensee oekom verlag.
This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

fentlichkeit intensiviert“ werden (BMBF 2010), ohne konkret zu sagen, wie und warum dies geschehen soll. Das Warum wird angedeutet, indem „im Dialog mit der Gesellschaft eine auf Wachstum und Nachhaltigkeit ausgerichtete Wirtschaftsstruktur“ (S. 15) etabliert werden soll, für die wiederum eine „Aufgeschlossenheit für Forschung und Innovation“ (S. 44) notwendig sei. Mit seinem technikzentrierten Ansatz will der BÖR aber eher Akzeptanz für bereits festgelegte Ziele schaffen, statt in einen Dialog mit der Öffentlichkeit zu treten, und beklagt eine mangelnde Technologieoffenheit (BÖR 2010). Laut *NFS BioÖkonomie* stehen die Wissenschaftler(innen) in der Pflicht, wissenschaftliche Zusammenhänge und deren Nutzen für einzelne Menschen sowie für die Gesellschaft insgesamt zu erklären: „Wissenschaft und Wirtschaft selbst müssen die Aufgabe eigenverantwortlich wahrnehmen und sollen dabei unterstützt werden“ (BMBF 2010, S. 44).

Diese Forderung deckt sich mit Erkenntnissen der Partizipationsforschung, ist aber nicht ausreichend im Sinne einer demokratischen Teilhabe. Sowohl beim BÖR als auch in der *NFS BioÖkonomie* bleibt unklar, welche Ziele jenseits von Akzeptanz und Technikaufgeschlossenheit mit den geforderten Bürgerdialogen erreicht werden sollen. Die Akzeptanzforschung hat aufgezeigt, welche Erfolgs- oder Misserfolgskriterien bei Diskursen eine Rolle spielen, etwa beim Diskurs zur „grünen Gentechnik“ (Gaskell und Bauer 2001, Pidgeon et al. 2003, McDaniels und Small 2004). Folgende fünf Aspekte, die zu Akzeptanz in Sachen Bioökonomie führen, stufen wir als gleichrangig ein:

- demokratische Meinungs- und Willensbildung,
- das Nutzen von lokalem Wissen,
- eine verbesserte Identifikation,
- das Potenzial zur frühzeitigen Konfliktbearbeitung sowie
- Teilhabe.

Erst wenn die genannten Kriterien mit ernsthafter Lernbereitschaft und Gestaltungsoffenheit verfolgt und die relevanten Willensbildungs- und Entscheidungsverfahren geöffnet werden, kann die Akzeptanz in der Öffentlichkeit zunehmen. Es bedarf aber eines politischen Rahmens, damit sich Bürger(innen) frühzeitig an Ziel- und Prioritätensetzungen beteiligen können. Die *NFS BioÖkonomie* hat dies bislang versäumt. Bei kommenden Planungen, etwa bei öffentlichen Ausschreibungen, sollte dieser Mangel behoben werden.³

Nachhaltigkeit

Wir stützen uns bei der Frage nach dem nachhaltigen Umgang mit Biomasse auf eine Definition der britischen Royal Society (2009). Danach umfasst nachhaltige Landwirtschaft und Lebensmittelherzeugung vier Schlüsselprinzipien:

- **Langfristigkeit:** die Fähigkeit, kontinuierlich erwünschte Leistungen über lange Zeiträume bereitzustellen;
- **Resilienz:** die Fähigkeit, Störungen (abrupte Veränderungen und Stress) abzufedern, zu nutzen oder sogar Vorteile daraus zu ziehen;

- **Autarkie:** die Fähigkeit, erwünschte Leistungen aus Bestandteilen und Ressourcen (Erzeugungsfaktoren) zu ermöglichen, die innerhalb der Systemgrenzen vorhanden sind;
- **Prosperität:** die Fähigkeit, erwünschte Leistungen wie Lebensmittel oder Brennstoffe bereitzustellen, gleichzeitig aber die Ökosystemleistungen zu erhalten und Naturgüter wie biologische Vielfalt, Böden oder Wasser nicht übermäßig zu beanspruchen.

Die Umstellung der stofflichen Grundlage verschiedener Industriezweige von Erdöl und anderen fossilen Stoffen auf Biomasse muss sich an diesen Prinzipien orientieren – und zwar anhand verschiedener räumlicher und zeitlicher Skalen. In den Dokumenten des BÖR und der *NFS BioÖkonomie* finden sich keinerlei substanzielle Ausführungen zur Nachhaltigkeit. Es scheint vielmehr, als ob sich dieses gesellschaftspolitische Konzept im Blick auf den Umgang mit Biomasse von selbst verstünde.

Die für stoffliche Nutzungen nachhaltig erzeugbaren Biomassevolumina sind jedoch begrenzt (WBGU 2008), so dass eine reine Substratumstellung bei gleichbleibenden Durchsatzmengen nicht ausreicht; es müssen sich aber auch langfristig die Durchsatzmengen natur- und sozialgerecht reduzieren – es muss also eine Orientierung an Suffizienz und an Grundsätzen wie Langlebigkeit und Kreislaufprozessen mit möglichst geringen Verlusten erfolgen. Auch sind gerechte internationale Verhältnisse zu wahren. Die deutsche Biomassestrategie und die für Pflanzentreibstoffe der Europäischen Union deuten darauf hin, dass im globalen Süden Rohstoffe als Massenware erzeugt und im Norden als höherwertig verarbeitete Produkte für den Weltmarkt genutzt werden (BÖR 2010, Albrecht und Schorling 2010). Nach bisherigen Erkenntnissen kann jedoch der globale Süden Biomasse in größerem Umfang für den Norden nur unter erheblichen Schwierigkeiten und unter Vernachlässigung der Ernährungssicherung seiner eigenen, in vielen Fällen wachsenden Bevölkerung bereitstellen.

Im Folgenden werden wir auf zwei der in der *NFS BioÖkonomie* genannten Prioritäten genauer eingehen: *Sicherung der Welternährung* und *Energieträger aus Biomasse*.

Welternährung

Die Sicherung der Welternährung und die Erzeugung gesunder und sicherer Lebensmittel sind zentrale Ziele der Bioökonomiepläne. Um diese zu erreichen, werden unter anderem

- eine Konzentration von Forschung und Züchtung auf die heute mengenmäßig wichtigsten Nutzpflanzen wie Weizen oder Reis vorgeschlagen,
- die unverzichtbare Bedeutung der modernen genetischen Techniken betont, die die wesentlichen Werkzeuge für die

³ Sofern Bürger(innen) verstärkt in Bioökonomiepläne einbezogen werden, würde dies den Einfluss etablierter Akteure und Förderer womöglich mindern.

Züchtung von Arten und Sorten bereitstellen sollen, damit trotz Klimaveränderungen und Bodendegradationen hohe Erträge erzielt werden können,

- eine weltweite Erfassung von Arten und Sorten, vor allem auch Wildtypen, in Genbanken als zwingende Voraussetzung für die Züchtungsforschung definiert (BMBF 2010, S. 20).

In vielen Regionen der Erde wirtschaften kleinbäuerliche Betriebe auf degradierten Böden, ohne beratende, finanzielle und soziale Unterstützung und mit nur geringen Betriebsmitteln. Von den 536 Millionen bäuerlichen Betrieben weltweit liegen 96 Prozent unter einer Größe von zehn Hektar. Diese Betriebe bewirtschaften lediglich 21 Prozent der landwirtschaftlichen Flächen, versorgen damit allerdings gut 57 Prozent der Bevölkerung in nichtindustrialisierten Ländern – und 52 Prozent der Weltbevölkerung (UN DESA 2007, FAO 2008). Forschungs- und Entwicklungsförderung, die Ernährungssicherung verfolgt, muss sich also auf die Züchtung solcher Nutzpflanzen sowie auf Anbauverfahren und Maßnahmen zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit orientieren, die unter diesen Bedingungen Erfolge ermöglichen (BMZ 2011). Die Fokussierung der Bioökonomie auf wenige weltweit gehandelte und züchterisch bearbeitete Nutzpflanzen

lässt das große Potenzial außer Acht, das die Züchtung anderer, bisher gar nicht oder nur geringfügig bearbeiteter Arten für die Versorgung der Bevölkerung in weniger begünstigten Anbaugebieten hat (vergleiche Godfray et al. 2010, IAASTD 2012). Dies trifft zum Beispiel auf bestimmte Getreidesorten wie Hirse, aber auch auf Frucht- und Gemüsesorten zu (Nelson et al. 2004, Egziabher 2011). Hier sind bei geringem Forschungsaufwand deutlich höhere Ertragssteigerungen wahrscheinlich und praktisch möglich als bei den bereits jahrzehntelang intensiv gezüchteten Pflanzen (Pretty et al. 2006, Edwards et al. 2010).

Eine einseitige Ernährung, etwa durch eine übermäßige Abhängigkeit von einer einzigen Hauptnahrungspflanze wie Mais, Reis oder Weizen, führt zu Mangelerscheinungen und Krankheiten. Zudem nimmt in diesen seit Jahrzehnten bearbeiteten Arten der Anteil der lebensnotwendigen Mikronährstoffe stetig ab, so dass die einseitige Ernährung noch ungesünder wird. Daraus ergeben sich für die Pflanzenforschung und -züchtung, die sich an den Millenniums-Entwicklungszielen der Vereinten Nationen⁴ orientieren, zwei Forderungen: 1. Die große Vielfalt der

>

4 www.unric.org/html/german/mdg

ABBILDUNG: Der Anbau von Mais lohnt sich für die Landwirtschaft zunehmend, weil die Politik den Ausbau der Bioökonomie fördert. Der Biomasseanbau konkurriert aber immer stärker mit Natur-, Boden- und Klimaschutz sowie der Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln. Um einen Ausgleich aller Interessen zu schaffen, müssen die Bioökonomiepläne angepasst werden.



© paulm41/Fotolia.com

Getreide-, Gemüse-, Obst-, Baum- und anderen lokalen Sorten muss durch Kultivierung erhalten und – wo nötig – sorgsam weiterentwickelt werden, weil sie unverzichtbare Bestandteile einer gesunden und hinreichenden Diät sind (Newton et al. 2010). 2. Hinsichtlich der globalen Hauptnahrungspflanzen müssen Sorten erhalten und entwickelt werden, die (wieder) über ein ausgewogenes Spektrum an Mikronährstoffen verfügen – und zur Vorsorge vor Gesundheitsrisiken müssen zusätzliche Arten kultiviert werden.

Nach den vorliegenden Dokumenten bezweifeln wir, dass die vom BÖR vorgeschlagenen und in der *NFS BioÖkonomie* übernommenen Mittel und Maßnahmen dem Ziel eines substanziellen Beitrags zur Sicherung der Welternährung genügen.

Energie aus Biomasse

Der BÖR und die *NFS BioÖkonomie* gehen davon aus, dass „Energieträger aus Biomasse als Bestandteil des Energiemixes künftig an Bedeutung gewinnen“ (BMBF 2010, S. 35). Wie erwähnt, kann die stoffliche Nutzung von Biomasse einen Anteil der fossilen Rohstoffe ersetzen – sie kann aber nicht in absehbarer Zeit einen relevanten Teil der flüssigen Treibstoffe ersetzen, ohne Nachhaltigkeitskriterien zu verletzen (Bringezu et al. 2009a, Crutzen et al. 2007, Pastowski et al. 2007, Pimentel und Patzek 2005).

Des Weiteren geht der BÖR davon aus, „dass Biomasse bei zunehmenden Anteilen der erneuerbaren Energien zumindest solange eine wichtige Systemstütze der Energiewirtschaft sein wird, bis leistungsfähige Speichertechnologien, insbesondere für Strom, entwickelt und einsatzbereit sind“ (BÖR, S. 24). Und „Biotreibstoffe der nächsten Generation – mit verbesserter Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit – können (...) von Bedeutung sein“ (BMBF 2010, S. 36). Unter diesen wenig klaren Prämissen werden verschiedene technische Ansätze verfolgt, die kurz- und mittelfristig Lösungen aufzeigen. Allerdings wird den evidenten Grenzen der Biomassenutzung, also der Flächenverfügbarkeit und der Beachtung ökologischer und sozialer Bedürfnisse, kaum Rechnung getragen, wodurch sich bereits bestehende Konflikte des aktuellen Biomasseanbaus verschärfen könnten. So stellt die einseitige Ausrichtung beim Anbau nachwachsender Rohstoffe ein großes Problem dar: Obwohl eine Vielzahl von Energieträgern für die Biomasseproduktion verwendet werden kann, werden derzeit vorwiegend großflächige Felder von Raps zur Erzeugung von Biodiesel sowie von Mais zur Gewinnung von Ethanol und Biogas bevorzugt (siehe Abbildung). Diese Monokulturen führen zur Abnahme der Kulturartenvielfalt bei gleichzeitiger Verringerung der Sortenvielfalt, so dass sich nicht nur das Landschaftsbild verändert und Lebensräume verloren gehen (BfN 2010), sondern Anbausysteme auch anfälliger gegenüber Schaderregern und Krankheiten werden (Rode et al. 2005).

Ein weiteres Problem beim Anbau nachwachsender Rohstoffe ergibt sich durch die Konkurrenz um Flächen: Die landwirtschaftliche Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln sowie der Natur-, Boden-, Klima- und Hochwasserschutz konkurrieren

mit dem Biomasseanbau (Bringezu 2009, Bringezu et al. 2009b, Bringezu et al. 2012). Durch den verstärkten Anbau nachwachsender Rohstoffe ist eine Verschärfung der Probleme zu befürchten. Auf diese Herausforderungen geht der BÖR nur am Rande ein. Im Sinne der von uns aufgeführten Nachhaltigkeitskriterien müssten aber intendierte technische Innovationen die gewonnenen Erkenntnisse für weitere Planungen berücksichtigen. Werden zukünftig praktikable Alternativen wie etwa geeignete Kultur- und Sortenwahl, standortangepasster Anbau oder optimierte (Misch-)Anbauverfahren (Gödecke et al. 2007, Groß 2008, BfN 2010) bei einer intensivierten Biomassenutzung nicht angemessen berücksichtigt, werden sich die heute erkennbaren und erwiesenen nichtnachhaltigen Wirkungen verstärken. Ob und inwieweit Forschungen zu anderen Aufschließungsverfahren von Pflanzenmaterial Ergebnisse liefern werden, die schädliche Wirkungen beseitigen oder mindern, ist derzeit nicht zu sagen.

Forschungsaufgaben

Die Planungen der Bioökonomie-Förderer streben grundlegende Veränderungen in den Austauschbeziehungen zwischen Gesellschaft und Natur an. Aus den vorliegenden Gutachten und Forschungsplänen ist weder erkennbar, dass die beabsichtigten oder fokussierten Veränderungen mit der Gesellschaft gemeinsam entwickelt und erörtert werden sollen, noch ist belastbarer Bezug auf den erreichten Stand der wissenschaftlichen und gesellschaftspolitischen Debatten zur Ausgestaltung eines Transformationsprozesses hin zur Nachhaltigkeit feststellbar.

Notwendig ist eine Überarbeitung der *NFS BioÖkonomie*, die deren Ziele an den Transformationsprozess in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung anpasst. Daher müsste transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung gefördert werden, die folgende Bereiche abdeckt:

- **Anbaupotenziale:** Die Potenziale nachhaltig erzeugbarer Biomasse müssen unter Berücksichtigung von Ernährungsprioritäten, global gerechtem Handel und Transportaufwand zeitlich und räumlich dynamisch abgeschätzt werden (Wirtschaft in den Grenzen der erneuerbaren Quellen).
- **Technikfolgenabschätzung:** Nicht intendierte Wirkungen müssen integrativ und systemisch analysiert, bewertet und im Verhältnis zu den erwarteten Vorteilen abgewogen werden.
- **Prioritätensetzung bei den Forschungsfeldern:** Es muss bewertet werden, ob die angestrebten natur-gesellschaftlichen Ziele durch die *NFS BioÖkonomie* effektiv zu erreichen sind. Dazu müssen unterschiedliche Forschungsfelder transparent verglichen werden.
- **Pfadabhängigkeiten erkennen und berücksichtigen:** Die Umstellung auf Bioökonomie bedarf diverser grundlegender Innovationen für mögliche Pfadwechsel (Grin et al. 2010).
- **Gestaltungsprozesse:** Die angestrebte Transformation und die Wege dorthin müssen mit geeigneten Verfahren zur Diskussion und Entscheidung gestellt werden, um eine demokratische Teilhabe zu ermöglichen.

Literatur

- Albrecht, S., M. Schorling. 2010. Arbiträre Politik und Technology Governance. Das Problem der Pflanzentreibstoffe. In: *Technology Governance. Der Beitrag der Technikfolgenabschätzung*. Herausgegeben von G. Aichholzer et al. Berlin: edition sigma. 279–290.
- BfN (Bundesamt für Naturschutz). 2010. *Bioenergie und Naturschutz – Synergien fördern, Risiken vermeiden*. Bonn: BfN.
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung). 2010. *Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030*. Bonn: BMBF.
- BMZ (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung). 2011. *Entwicklung Ländlicher Räume und ihr Beitrag zur Ernährungssicherung*. Bonn: BMZ.
- BÖR (BioÖkonomieRat). 2010. *Innovation BioÖkonomie*. Gutachten. Berlin: BÖR.
- Bringezu, S. 2009. Global implications of biomass and biofuel use in Germany. Recent trends and future scenarios for domestic and foreign agricultural land use and resulting GHG emissions. *Journal of Cleaner Production* 17/1: 57–68.
- Bringezu, S., H. Schütz, M. O'Brien, L. Kauppi, R.W. Howarth, J. McNeely. 2009a. *Towards sustainable production and use of resources: Assessing biofuels*. International Panel for Sustainable Resource Management. Paris: United Nations Environment Programme (UNEP).
- Bringezu, S. et al. 2009b. *Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe: Optionen einer nachhaltigen Flächennutzung und Ressourcenschutzstrategien unter besonderer Berücksichtigung der nachhaltigen Versorgung mit nachwachsenden Rohstoffen*. Dessau: Umweltbundesamt (UBA).
- Bringezu, S., M. O'Brien, H. Schütz. 2012. Beyond biofuels: Assessing global land use for domestic consumption of biomass. A conceptual and empirical contribution to sustainable management of global resources. *Land Use Policy* 29: 224–232.
- Crutzen, P. J., A. R. Mosier, K. A. Smith, W. Winiwarer. 2007. N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 7: 11191–11205.
- Edwards, S., T. B. Egziabher, H. Araya. 2010. *Successes and challenges in ecological agriculture: Experiences from Tigray, Ethiopia*. Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Egziabher, T. B. 2011. The future of food security. Vortrag auf dem 28. *Forum Globale Fragen: (Kein) Brot für die Welt? Ernährung in der Krise*. Berlin, 10. Mai.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2008. *World census of agriculture*. Rom: FAO.
- Gaskell, G., M. W. Bauer. 2001. *Biotechnology 1996–2000. The years of controversy*. London: Science Museum.
- Godfray, H. C. et al. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327: 812–818.
- Gödecke, K., A. Nehring, A. Vetter. 2007. *Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands*. Jena: Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. www.tll.de/vbp/pdf/eva_gesamt.pdf (abgerufen 10.02.2012).
- Graß, R. 2008. Energie aus Biomasse im Ökolandbau – Weiterentwicklung oder Konventionalisierung der Ökobetriebe? In: *Der kritische Agrarbericht*. Herausgegeben vom AgrarBündnis. Konstanz: AgrarBündnis. 95–99.
- Grin, J., J. Rotmans, J. Schot. 2010. *Transitions to sustainable development. New directions in the study of long term transformative change*. New York: Routledge.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). 2012. *IAASTD-Regionalbericht zu Afrika südlich der Sahara*. Hamburg: Hamburg University Press.
- McDaniels, T., M. J. Small. 2004. *Risk analysis and society*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Nelson, R., R. Naylor, M. Jahn. 2004. The role of genomic research in improvement of „orphan“ crops. *Crop Science* 44: 1901–1904.
- Newton, A. C. et al. 2010. Cereal landraces for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30/2: 237–269.
- Pastowski, A. et al. 2007. *Sozial-ökologische Bewertung der stationären energetischen Nutzung von importierten Biokraftstoffen am Beispiel von Palmöl*. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie.

- Pidgeon, N., R. E. Kasperson, P. Slovic (Hrsg.). 2003. *The social amplification of risk*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Pimentel, D., T. W. Patzek. 2005. Ethanol production using corn, switchgrass and wood. Biodiesel production using soybean and sunflower. *National Resources Research* 14/1: 65–76.
- Pretty, J. et al. 2006. Resource-conserving agriculture increases yields in developing countries. *Environmental Science and Technology* 40/4: 1114–1119.
- Rode, M. et al. 2005. *Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung*. Bonn: Bundesamt für Naturschutz (BfN).
- Royal Society. 2009. *Reaping the benefits. Science and the sustainable intensification of global agriculture*. London: Royal Society.
- UN DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2007. *Rural population, development and the environment*. New York: United Nations.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen). 2008. *Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung*. Berlin: WBGU.

Eingegangen am 25. August 2011; überarbeitete Fassung
angenommen am 9. Dezember 2011.

Stephan Albrecht



Geboren 1949 bei Leipzig. Studium der Chemie, Geschichte und Wissenschaft von der Politik. Privatdozent am Institut für Politikwissenschaft und stellvertretender Leiter der Forschungsgruppe Landwirtschaft und Pflanzenzüchtung im Forschungsschwerpunkt *Biotechnik, Gesellschaft und Umwelt* der Universität Hamburg. Arbeitsschwerpunkte: Landwirtschaftsentwicklung, Politik und Ökonomie der Biotechnologie, Wissenschaftspolitik, Demokratie.

Manuel Gottschick



Geboren 1969 in Wolfsburg. Studium der Umwelttechnik. Mitgesellschafter des Büros sumbi Ingenieure für Energieeffizienz. Promotion in Technikbewertung und partizipativer Modellierung. Seit 1998 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Universität Hamburg. Arbeitsschwerpunkte: Nachhaltigkeitsforschung, Partizipationsverfahren, gesellschaftliche Transformation.

Markus Schorling



Geboren 1975 in Uelzen. Studium der Biologie. 2006 Promotion an der Universität Potsdam. 2002 bis 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Seit 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Hamburg. Arbeitsschwerpunkte: Gentechnik bei Energiepflanzen, Agrarökologie und nachwachsende Rohstoffe.

Susanne Stirn



Geboren 1960 in Bonn. Studium der Biologie. 1990 Promotion. 1994 bis 1996 wissenschaftliche Angestellte beim Umweltbundesamt. Seit 1998 wissenschaftliche Mitarbeiterin der Universität Hamburg. Arbeitsschwerpunkte: Ernährung und Gesundheit unter Einbeziehung von Nachhaltigkeitsaspekten.