TEXTE
01/2014

Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourcen-effizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse

Langfassung

Umwelt Bundesamt

| TEXTE | 01/2014

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 3710 93 109
UBA-FB 0001865

Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse

Langfassung

von

Michael Carus, Achim Raschka, Horst Fehrenbach, Nils Rettenmaier, Lara Dammer, Susanne Köppen, Michael Thöne, Stephan Dobroschke, Laura Diekmann, Andreas Hermann, Klaus Hennenberg, Roland Essel, Stephan Piotrowski, Andreas Detzel, Heiko Keller, Benedikt Kauertz, Sven Gärtner, Joachim Reinhardt

nova-Institut GmbH, Hürth
IFEU- Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg
Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln, Köln
Öko-Institut e.V, Freiburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekologische-innovationspolitik-mehr
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Durchführung der Studie

nova-Institut GmbH, Chemiepark Knapsack, Industriestraße 300, 0354 Hürth
IFEU- Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg
Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln, Wörthstr. 26, 50668 Köln
Öko-Institut e.V., Merzhauser Straße 173, 79100 Freiburg

Abschlussdatum: August 2013

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
E-Mail: info@umweltbundesamt.de
Internet: http://www.umweltbundesamt.de
http://fuer-mensch-und-umwelt.de/

Redaktion:

Almut Jering
Fachgebiet I 1.1
Grundsatzfragen, Nachhaltigkeitsstrategien und -szenarien, Ressoucenschonung

Dessau-Roßlau, Januar 2014

Berichtskennblatt

Berichtsnummer	UBA-FB 00
Titel des Berichts	Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse
Autor(en) (Name, Vorname)	nova-Institut (Leitung): Carus, Michael; Raschka, Achim; Dammer, Lara; Essel, Roland; Piotrowski, Stephan. IFEU: Fehrenbach, Horst; Rettenmaier, Nils; Köppen, Susanne; Detzel, Andreas; Keller, Heiko; Kauertz, Benedikt; Gärtner, Sven; Reinhardt, Joachim. FiFo: Thöne, Michael; Dobroschke, Stephan; Diekmann, Laura. Öko-Institut: Fritsche, Uwe (jetzt IINAS); Hermann, Andreas; Hennenberg, Klaus.
Durchführende Institution (Name, Anschrift)	nova-Institut GmbH Chemiepark Knapsack Industriestraße 300 50354 Hürth
Fördernde Institution	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Abschlussjahr	2013
Forschungskennzahl (FKZ)	3710 93 109
Seitenzahl des Berichts	Langfassung: 228 Seiten Kurzfassung: 35 Seiten
Zusätzliche Angaben	Der Forschungsbericht besteht aus - einem umfassenden Abschlussbericht (ca. 228 Seiten), - einer Kurzfassung zur Übersicht (35 Seiten), - vertiefenden Dokumenten zu den einzelnen Arbeitspaketen im Anhang. Diese sind abrufbar unter www.umweltbundesamt.de
Schlagwörter	Bio-basierte Ökonomie, Biomasse, Kaskadennutzung, Klima, Ökologie, Ressourceneffizienz, stoffliche Nutzung, Umwelt

Report Cover Sheet

Report No.	UBA-FB 00
Report Title	Environmental Innovation Policy: more efficient resource use and climate protection through sustainable material use of biomass
Author(s) (Family Name, First Name)	nova-Institute (lead): Carus, Michael; Raschka, Achim; Dammer, Lara; Essel, Roland; Piotrowski, Stephan. IFEU: Fehrenbach, Horst; Rettenmaier, Nils; Köppen, Susanne; Detzel, Andreas; Keller, Heiko; Kauertz, Benedikt; Gärtner, Sven; Reinhardt, Joachim. FiFo: Thöne, Michael; Dobroschke, Stephan; Diekmann, Laura. Oeko-Institute: Fritsche, Uwe (now IINAS) Hermann, Andreas; Hennenberg, Klaus.
Performing Organisation (Name, Address)	nova-Institut GmbH Chemiepark Knapsack Industriestraße 300 50354 Hürth
Funding Agency	Umweltbundesamt Postfach 14 06 06813 Dessau-Roßlau
Report Date (Year)	2013
Project No. (FKZ)	3710 93 109
No. of Pages	Long version: 228 pages Short version: 35 pages
Supplementary Notes	The report consists of - one overall final report (228 pages), - a short version for overview purposes (35 pages), - in-depth appendices to individual work packages. Everything is available at http://www.umweltbundesamt.de
Keywords	biobased economy, biomass, cascading use, climate, ecology, environment, industrial material use, resource efficiency

Kurzbeschreibung

Im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA) haben die nova-Institut GmbH (Koordination), das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU), das Finanzwissenschaftliche Forschungsinstitut an der Universität zu Köln (FiFo) und das Öko-Institut e.V. von 2010 bis 2013 das Forschungsvorhaben „Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse“ durchgeführt.

Nachdem die energetische Biomassenutzung im letzten Jahrzehnt massiv zunahm, steigt seit einiger Zeit auch das Interesse an der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Im Vordergrund stehen hierbei Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit der Industrie, die heute noch größtenteils von fossilen Ressourcen abhängig ist. Zukünftig sollen fossile Rohstoffe verstärkt durch biogene Rohstoffe, d. h. durch regenerative Kohlenstoffquellen, ersetzt werden. Dadurch soll in erster Linie die Versorgungssicherheit erhöht und nebenbei auch ein Beitrag zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit geleistet werden.

In der politischen Debatte um die Biomassenutzung der letzten Jahre lag der Fokus vor allem auf der energetischen Nutzung, für die klare Ausbauziele definiert und zahlreiche politische Instrumente zur Förderung implementiert wurden. Im Bereich der stofflichen Biomassenutzung hingegen existieren keine verbindlichen Ziele und nur wenige unterstützende Maßnahmen. Vor diesem Hintergrund fördert das Umweltbundesamt (UBA) dieses Projekt. Übergeordnetes Ziel des Projekts ist es, Barrieren und Hemmnisse zu analysieren sowie Strategien und Instrumente zur Unterstützung der stofflichen Biomassenutzung zu entwickeln, damit diese verstärkt zum Klima- und Ressourcenschutz beitragen kann. Besonders wichtig sind dabei Nachhaltigkeitsanforderungen und Ressourceneffizienz, um zu gewährleisten, dass die stoffliche Nutzung von Biomasse eine positive Klimabilanz aufweist und nicht zu neuen Umweltbelastungen oder zur Verschärfung bestehender Umweltprobleme beiträgt.

Abstract

From 2010 to 2013, nova-Institute, the Institute for Energy and Environmental Research (IFEU), FiFo Institute for Public Economics at the University of Cologne and Oeko-Institute carried out the research project “Ecological innovation policy – more resource efficiency and climate protection through sustainable material use of biomass” on behalf of the Federal Environmental Agency (UBA).

The energy use of biomass has steadily increased over the last decade and for some time now also the interest in the material use of biomass has grown stronger. The main focus here is supply security and sustainability for the industry, which today is mostly dependent on fossil resources. In the future, fossil raw materials should be more and more replaced by biogenic resources, which means renewable carbon sources. This would increase supply security and also contribute to climate protection and sustainability.

Over the last years, the debate about the use of biomass has mainly focused on energy uses. Clear expansion targets have been defined and political support instruments have been developed. In contrast, for the material use, there are no binding targets and almost no supporting frameworks. Against this background, UBA is funding this project. The overarching goal of the project was to analyse hurdles and barriers hindering the material use of biomass and to find strategies and supporting instruments in order to utilize the material use for the benefit of climate and resource protection. Thus, the main focus has been on sustainability requirements and resource efficiency to make sure that the material use of biomass has a

positive climate balance and does not contribute to new environmental pollution or to an aggravation of exiting environmental problems.

Inhaltsverzeichnis

Berichtskennblatt 1
Report Cover Sheet 2
Abbildungsverzeichnis 9
Tabellenverzeichnis 14
Abkürzungen 16
0 Zusammenfassung 18
0.1 Summary 19
1 Erfassung der Biomassestöme für Deutschland, Europa und die Welt (Arbeitspaket 1) 20
1.1 Einleitung 20
1.2 Definitionen 21
1.2.1 Biomasse, biogene Rohstoffe, nachwachsende Rohstoffe und biogene Reststoffe 21
1.2.2 Stoffliche Nutzung 22
1.2.3 Kaskadennutzung 22
1.3 Aufbereitung und Aktualisierung von Daten zu Biomassestömen 23
1.3.1 Aufgabenstellung 23
1.3.2 Aktualisierung der Daten zu Biomassestömen in Deutschland 23
1.3.3 Erweiterung der Datenbasis für Europa 32
1.3.4 Abschätzung zum weltweiten Einsatz von Biomasse in der stofflichen Nutzung 40
2 Substitutionspotenziale abiotischer Rohstoffe (Arbeitspaket 2) 51
2.1 Identifizierung massen- und ökologisch relevanter abiotischer Stoffströme 51
2.1.1 Definition von Massenrelevanz und Ökologischer Relevanz 51
2.1.2 Darstellung relevanter abiotischer Stoffströme 52
2.1.3 Identifikation geeigneter Substitutionspaare 59
3 Evaluation von Wertschöpfungsketten (Arbeitspaket 3) 63
3.1 Methodischer Ansatz zur Evaluierung 63
3.1.1 Entwicklung der Bewertungsmetrik zur Nachhaltigkeitsbewertung 63
3.1.2 Dimension Umwelt: Aspekte Klima- und Schadstoffeffizienz 64
3.1.3 Dimension Umwelt: Aspekt Ressourceneffizienz 64
3.1.4 Ökonomische Dimension: Aspekt Kosteneffizienz 65
3.1.5 Besonderheit der Mehrfachnutzung („Kaskade“, Recycling) 66
3.1.6 Systemgrenze der Betrachtung 68

3.2 Anwendung der Indikatoren auf ausgewählte Wertschöpfungsketten 68
3.2.1 Substitutionspaare 68
3.2.2 Ergebnis für 1,3-Propandiol (PDO) 72
3.2.3 Ergebnis für Polylactid (PLA) 72
3.2.4 Ergebnis für Verpackungspapier 75
3.2.5 Ergebnis für Holzfaserdämmstoff 75
3.2.6 Ergebnis für Hanffaser-Verbundstoff 78
3.2.7 Ergebnis für die „Holz-Kaskade“ 78
3.2.8 Überblick über Preise 80
3.3 Schlussfolgerungen 81
3.3.1 Ergebnisse 81
3.3.2 Umsetzung für die Szenarienbewertung (Arbeitspaket 9) 81
3.3.3 Weiterer Bedarf 82
4 Lebenszyklusanalysen für ausgewählte bio-basierte Produkte (Arbeitspaket 4) 83
4.1 Einleitung 83
4.1.1 Hintergrund 83
4.1.2 Grundsätzliche Vorgehensweise 83
4.1.3 Ziel der Untersuchung 84
4.2 Ergebnissynopse und Fazit 84
4.2.1 Quantifizierung der Umweltwirkungen 85
4.2.2 Ergebnis bestimmende Parameter 87
4.2.3 Methodische Besonderheiten 90
4.3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen 93
5 Volkswirtschaftliche Effekte (Arbeitspaket 5) 96
5.1 Frage- und Zielstellung 96
5.2 Methodik 98
5.3 Betrachtete Substitutionspaare 100
5.3.1 Dämmstoffe 101
5.3.2 Kunststoffe 101
5.4 Volkswirtschaftliche Effekte 101
5.4.1 Dämmstoffe 102
5.4.2 Kunststoffe 105
5.5 Bewertung externer Umwelteffekte 106
5.6 Fazit 108
6 Nachhaltigkeitsbewertung der stofflichen Biomassenutzung (Arbeitspaket 6) 109

6.1 Nachhaltigkeitsbewertung – Zielsetzung und Vorgehensweise 109
6.2 Analyse existierender Nachhaltigkeitssysteme 109
6.2.1 Rechtliche Regelungen 110
6.2.2 Standardisierungsprozesse 114
6.2.3 Die Indikatoren der Global Bioenergy Partnership (GBEP) 114
6.2.4 Zertifizierungssysteme 116
6.2.5 Leitfaden Nachhaltige Chemikalien 120
6.2.6 Fazit zur Übertragbarkeit der Kriterien 122
6.3 Vorschlag eines Systems zur Nachhaltigkeitsbewertung von stofflich zu nutzender Biomasse 123
6.3.1 Relevante Umweltfragen und Themenkomplexe 123
6.3.2 Vorschlag für ein angepasstes Konzept für die Treibhausgasbilanz stofflich genutzter Biomasse 126
6.3.3 Zusammenfassung der Vorschläge zu einem Gesamtsystem der Nachhaltigkeitsbewertung für stofflich genutzte Biomasse 130
6.4 Fazit 133
7 Hemmnisse für die stoffliche Nutzung von Biomasse (Arbeitspaket 7) 135
7.1 Ausgangsbasis und Aufgabenstellung des Arbeitspakets 135
7.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Hemmnisanalyse 136
7.3 Exkurs: Warum soll die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe gefördert werden? 137
7.4 Wichtigste Hemmnisse: Ungleichbehandlung, Hemmnis-Geflecht und Konkurrenz-Dreieck 141
7.5 Politische Rahmenbedingungen – GAP, Renewable Energy Directive (RED), EEG, Quoten, Marktanreizprogramm (MAP) und Steuererleichterungen 143
7.6 Datenverfügbarkeit 152
7.7 Hemmnisse in weiteren Rechtsvorschriften 153
7.8 Steuersystem und Importzölle 155
7.9 Wissenschaft & Technologieentwicklung 158
7.10 Kommerzielle Realisierung – Pilot- und Demonstrationsanlagen, Konkurrenz zur Petrochemie 158
7.11 Information, Netzwerke und Kommunikation 160
7.12 Nachhaltigkeit und Ökologie 164
7.13 Zusammenfassung der identifizierten Hemmnisse 169
8 Instrumente und Maßnahmen zur Überwindung identifizierter Hindernisse und Gleichbehandlung der stofflichen Nutzung (Arbeitspaket 8) 173
8.1 Einleitung 173

8.2 Instrumente ... 176
8.2.1 Drei favorisierte Instrumente – die Umsetzung sollte gezielt und mit politischem Willen verfolgt werden ... 176
8.2.2 „Kleine“ Maßnahmen, die relativ schnell und mit wenig Aufwand umgesetzt werden könnten ... 188
8.2.3 Instrumente, die mittelfristig umgesetzt werden könnten ... 191
8.2.4 Instrumente, deren Umsetzung aus verschiedenen Gründen nicht angestrebt wird ... 194
8.3 Zusammenfassung ... 197
9 Untersuchung möglicher Entwicklungspfade (Arbeitspaket 9) ... 198
9.1 Zielstellung ... 198
9.2 Methode ... 199
9.2.1 Szenarienentwicklung ... 199
9.2.2 Umweltwirkungen ... 202
9.2.3 Volkswirtschaftliche Effekte ... 205
9.3 Betrachtete Szenarien ... 207
9.4 Analyse der Umweltwirkungen ... 213
9.5 Analyse der volkswirtschaftlichen Effekte ... 218
9.6 Fazit und Empfehlungen ... 218
10 Quellenverzeichnis ... 220

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland 2008, Vergleich zwischen energetischer und stofflicher Nutzung. ... 27

Abbildung 2: Entwicklung der stofflichen und energetischen Holznutzung in Mio. m^3 1987 bis 2015 und 2008 bis 2015 ... 28

Abbildung 3: Kumulierte Anbauflächen für die stoffliche und energetische Nutzung in Deutschland ... 29

Abbildung 4: Rohstoff-, Branchen und Produktverteilung der Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland 2008. ... 30

Abbildung 5: Stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen und anderer Biomasse in Deutschland 2008. ... 31

Abbildung 6: Biomasseaufkommen und Verwendung in Europa 27 im Jahr 2007 und Ziele für 2020. ... 32

Abbildung 7: Nutzung nachwachsender Rohstoffe in der EU-27 2007 ... 33

Abbildung 8: Stoffliche Nutzung von Naturfasern in der EU-27 2007 ... 36

Abbildung 9: Stoffliche Nutzung von Ölsaaten in der EU-27 2007 ... 36

Abbildung 10: Stoffliche Nutzung von Stärke in der EU-27 2007 ... 37

Abbildung 11: Stoffliche Nutzung von Zucker in der EU-27 2007 ... 37

Abbildung 12: Stärke: Anteile verschiedener Rohstoffpflanzen bei der Rohstoffverarbeitung und der Stärkeproduktion in Europa 2008. ... 39

Abbildung 13: Pflanzenöle: Anteile verschiedener Rohstoffpflanzen bei der Pflanzenölproduktion und –verwendung in Europa 2008. ... 40

Abbildung 14: Verwendung von geernteter Forst- und Agrarbiomasse weltweit 2008. ... 43

Abbildung 15: Verwendung von geernteter Agrarbiomasse weltweit 2008. ... 44

Abbildung 16: Verwendung von geernteter Agrarbiomasse zzgl. Weidenutzung weltweit 2008 ... 45

Abbildung 17: Globale Flächennutzung für Nahrungs- und Futtermittel und nachwachsende Rohstoffe 2006/07. ... 46

Abbildung 18: Prozentuale Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen in der stofflichen und energetischen Nutzung weltweit 2008. ... 47

Abbildung 19: Prozentuale Verwendung von Naturfasern und Pflanzenölen in der stofflichen Nutzung weltweit 2008. ... 48

Abbildung 20: Prozentuale Verwendung von Stärke und Zucker in der stofflichen Nutzung weltweit 2008. ... 48

Abbildung 21: Vergleich ausgewählter Rohstoffe in der stofflichen und energetischen Nutzung weltweit 2008 ... 49

Abbildung 22: Flussdiagramme zur stofflichen Nutzung, Übersicht. Detaillierte Aufstellung s. Anhang 1. ... 50

Abbildung 23: Einfaches Portfolio-Schema zur kombinierten Auswertung von Massenrelevanz und ökologischer Relevanz 52
Abbildung 24: Stoffströme auf Basis Erdöl, Erdgas und Kohle für die Produktion in Deutschland 53
Abbildung 25: Spezifische THG-Emissionsfaktoren (Quelle: Ecoinvent) und damit errechnete Jahresfrachten der Herstellung von Basischemikalien 55
Abbildung 26: Spezifische THG-Emissionsfaktoren (Quelle: Ecoinvent) und damit errechnete Jahresfrachten der Herstellung von Kunststoffen und anderen synthetischen Erzeugnissen. 56
Abbildung 27: Spezifische THG-Emissionsfaktoren (Quelle: Ecoinvent) und damit errechnete Jahresfrachten der Herstellung von mineralischen Erzeugnissen und Metallen. 58
Abbildung 28: Zuordnung der analysierten Stoffströme in das Bewertungsschema 59
Abbildung 29: Holzkaskade nach Vorschlag Rettenmaier 61
Abbildung 30: Schematische Darstellung des kumulativen Rohstoffverbrauchs bei wiedergenutztem und nicht wiedergenutztem Rohstoff 66
Abbildung 31: Kompartimente der Wertschöpfungskette eines biobasierten Produkts; Systemgrenze 1: der innere Rahmen mit den Verarbeitungsschritten; Systemgrenze 2: die gesamte Kette. 68
Abbildung 32: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar 1,3-Propandiol (PDO) 73
Abbildung 33: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar PLA/Polystyrol 74
Abbildung 34: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar Verpackungspapier/PE-Folie 76
Abbildung 35: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar Holzfaserdämmstoff/Mineralwolle 77
Abbildung 36: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar Hanffaserverbund/Glasfaserverbund 79
Abbildung 37: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar Holzkaskade/Stahl-Blech-Energie 80
Abbildung 38: Vergleich der Preisspannen 81
Abbildung 39: Schematischer Lebenswegvergleich zwischen einem bio-basierten und einem konventionellen (petrochemischen) Produkt. 84
Abbildung 40: Ökobilanzergebnisse für Spaghettiverpackungen aus Karton und Bio-PE im Vergleich zu Spaghettiverpackungen aus fossilem LDPE. 85
Abbildung 41: Ökobilanzergebnisse für unterschiedliche Warenkörbe an Holzprodukten (Brettschichtholz, ggf. Spanplatte sowie ggf. Energie) im Vergleich zur direkten energetischen Nutzung in bestehenden Heiz(kraft)werken 87

Abbildung 42: Sektorale Darstellung der Ökobilanzergebnisse für die Umweltwirkung Klimawandel für 1.000 Klappdeckelschalen in kg CO_2-Äquivalenten 88

Abbildung 43: Sektorale Darstellung der Ökobilanzergebnisse für die Umweltwirkung Aquatische Eutrophierung für 1.000 Klappdeckelschalen in kg PO_4-Äquivalenten 88

Abbildung 44: Ökobilanzergebnisse für 15 g Klappdeckelschalen aus PLA im Vergleich zu den 15 g Klappdeckelschalen aus PS. Die Ergebnisse wurden auf die jeweiligen Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) normiert 89

Abbildung 45: Ökobilanzergebnisse für die Umweltwirkungen Klimawandel und Versauerung für bio-basierte Produkte aus Anbaubiomasse im Vergleich zu ihren konventionellen Referenzprodukten, dargestellt in t CO_2-Äquivalenten, bzw. kg SO_2-Äquivalenten pro Hektar Ackerfläche und Jahr 91

Abbildung 46: Ökobilanzergebnisse für die Umweltwirkungen Klimawandel und Versauerung für Produkte aus Holzbiomasse im Vergleich zu ihren konventionellen Referenzprodukten 91

Abbildung 47: Lebenswegvergleich mit unterschiedlicher Berücksichtigung der Koppelprodukte 92

Abbildung 48: Sektorale Darstellung der Ökobilanzergebnisse für die Umweltwirkung Klimawandel für 1,3-Propandiol (PDO) aus Zuckerrübe sowie petrochemisches PDO in kg CO_2-Äquivalenten pro t PDO. Die Ergebnisse der bio-basierten Lebenswege sind für verschiedene Anrechnungsverfahren dargestellt (Substitution 100 % und 50 %, Allokation nach Energiegehalt und Masse) 93

Abbildung 49: Integration eines neuen Produktionsbereichs in die Methodik der Input-Output-Systematik 99

Abbildung 50: Holzfaserdämmstoffe substituieren Steinwolle – Effekte auf die inländische Wertschöpfung in ausgewählten Sektoren 103

Abbildung 51: Vorleistungsstruktur Holzfaserdämmstoffe mit Importquoten 104

Abbildung 52: Vorleistungsstruktur Steinwolldämmstoffe mit Importquoten 104

Abbildung 53: Vorleistungsstruktur Polystyrol vs. Polylactid 105

Abbildung 54: Wertschöpfungseffekt einer Substitution von Polystyrol durch Polylactid 106

Abbildung 55: Ablaufschema für die Auswahl und Berechnung der Treibhausgasemissionen des Referenzsystems einer stofflichen Biomassenutzung zur übersichtsartigen Ermittlung (Screening) des (Netto-) Treibhausgaseinsparwerts 130

Abbildung 56: Vorschlag eines Gesamtsystems der Nachhaltigkeitsbewertung stofflich genutzter Biomasse 132

Abbildung 57: Kumulierte Anbauflächen für die stoffliche und energetische Nutzung in Deutschland 135

Abbildung 58: Stoffliche und energetische Holznutzung 1987–2015 und 2008–2015 136
Abbildung 59: Nutzungsanteile und Umsätze verschiedener petrochemischer Sektoren in Kanada. 139
Abbildung 60: Biomassenutzung und korrespondierende Wertschöpfung und Arbeitsplätze 139
Abbildung 61: Wertschöpfungspyramide für fossile und bio-basierte Rohstoffe außerhalb des Lebens- und Futtermittelbereichs 140
Abbildung 62: Hemmnisgeflecht 142
Abbildung 63: Das Konkurrenz-Dreieck: Petrochemie – Bioenergie/-kraftstoffe – Stoffliche Nutzung von Biomasse 143
Abbildung 64: Klimaschutzinstrumente unter dem Kyoto-Protokoll und dem ETS 166
Abbildung 65: Vermeidung von Treibhausgasemissionen pro Fläche für unterschiedliche biogene Rohstoffe (Mais, Weizen, Zuckerrübe, Zuckerrohr und Miscanthus) und Produkte (PLA, Bio-PE und Biothanol) im Vergleich zu petrochemischen Substituten. 168
Abbildung 66: Förderungsmöglichkeiten auf verschiedenen Ebenen der Produktverarbeitung 184
Abbildung 67: Förderung auf Zwischenproduktebene I 185
Abbildung 68: Förderung auf Zwischenproduktebene II 186
Abbildung 69: Förderung auf Zwischenproduktebene III 186
Abbildung 70: Aktuell zum Anbau nachwachsender Rohstoffe genutzte Fläche in Deutschland für energetische und stoffliche Nutzungen 200
Abbildung 71: Flächenanteile der Fruchtarten an der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe für die energetische Nutzung, 2008 und 2020 201
Abbildung 72: Vorgehen zur Berechnung der Umweltwirkungen in den verschiedenen Szenarien zur Untersuchung möglicher Entwicklungspfade 202
Abbildung 73: Entwicklung der Umweltwirkungsfaktoren am Beispiel des Treibhauspotenzials für sechs verschiedene Vergleichspaare von biobasierten und konventionellen Energieprodukten 203
Abbildung 74: Struktur der Umweltwirkungsfaktoren 204
Abbildung 75: Darstellung der Spannweite des Einsparungspotenzials an Treibhausgasemissionen sowie der Ergebnisse im Worst-Case- und im Best-Case-Szenario 205
Abbildung 76: Szenario 1 – Basisszenario für die Entwicklung der Anbauflächen für die industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe 209
Abbildung 77: Szenario 2 – bis 2030 entfallen 25% der Anbauflächen auf die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe 210

Abbildung 78: Szenario 3 – bis 2030 entfallen 50 % der Anbauflächen auf die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe 212

Abbildung 79: Szenario 4 – bis 2030 entfallen 90 % der Anbauflächen auf die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe 213

Abbildung 80: Spannweite der Verminderung an Treibhausgasemissionen im Jahr 2010 214

Abbildung 81: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in den Jahren 2010, 2020, 2030 sowie im Jahr 2030 unter Berücksichtigung eines 100 % Erneuerbare Energien Szenarios 215

Abbildung 82: Entwicklung des nicht erneuerbaren kumulierten Energieverbrauchs (KEA, fossil) in den Jahren 2010, 2020, 2030 sowie im Jahr 2030 unter Berücksichtigung eines 100 % Erneuerbaren Energien Szenarios 216

Abbildung 83: Entwicklung des Versauerungspotenzials in den Jahren 2010, 2020, 2030 sowie im Jahr 2030 unter Berücksichtigung eines 100% Erneuerbaren Energien Szenarios 217

Abbildung 84: Entwicklung der relativen, direkten Brutto-Wertschöpfung in den Jahren 2010, 2020 und 2030 218

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtaufkommen und stoffliche Nutzung von Biomasse in Deutschland, Referenzjahr 2008, in Mio. t. ... 25

Tabelle 2: Nutzung von Agrar-Rohstoffen in der EU-27 ... 35

Tabelle 3: Stoffliche und energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen weltweit, Referenzjahr 2008 (FAOSTAT 2011) ... 41

Tabelle 4: Produktionszahlen für eine Auswahl an mineralischen Erzeugnissen und Metallen in Deutschland 2008 ... 57

Tabelle 5: Grundschema der Bewertungsmetrik zur Umwelt ... 64

Tabelle 6: Indikatoren zur Umwelteffizienz – Klima und Versauerung. ... 64

Tabelle 7: Indikatoren zur Umwelteffizienz – Ressourcenverbrauch. ... 65

Tabelle 8: Beispiele zur Berechnung des Faktors Mehrfachnutzung ... 67

Tabelle 9: Auswahl der bio-basierten Produkte ... 68

Tabelle 10: Ergebnisse je Indikator für die ausgewählten bio-basierten Produkte. ... 70

Tabelle 11: Auswahl der bio-basierten Produkte ... 83

Tabelle 12: Nettoergebnisse der untersuchten Karton- bzw. bio-PE-Systeme im Vergleich zum LDPE-Sytem ... 86

Tabelle 13: Betrachtete Lebenswegvergleiche und gewählte funktionelle Einheiten ... 90

Tabelle 14: Positive und negative Impulse einer Substitution für das Beispiel Dämmstoffe ... 102

Tabelle 15: Exemplarische Berechnung von Klimakosten ... 107

Tabelle 16: Nachhaltigkeitsindikatoren der Global Bioenergy Partnership ... 116

Tabelle 17: Zusammenfassung der Nachhaltigkeitskriterien in Zertifizierungssystemen und in der EE-RL ... 118

Tabelle 18: Nachhaltigkeitskriterien der chemischen Industrie ... 120

Tabelle 19: Förderung von Biodiesel und Bioethanol in verschiedenen Ländern ... 147

Tabelle 20: Unterschiedliche Förderkulissen bei der energetischen und stofflichen Nutzung in Deutschland seit 2000 ... 147

Tabelle 21: Vergleich des Anteils der Förderung am Umsatz bzw. Höhe der Preisstützung für erneuerbare Energien 2009, 2012 und 2013 ... 148

Tabelle 22: Genutzte Förderinstrumente für stoffliche Produktlinien (2001–2012) ... 150

Tabelle 23: EEG 2012: Vergütungsklassen und potenzielle Konkurrenz zur stofflichen Nutzung von Biomasse ... 151

Tabelle 24: Steuersystem für energetische und stoffliche Nutzung ... 156

Tabelle 25: Durchschnittliche und maximale EU-Importzölle für Rohstoffe u.ä. (2011) 157

Tabelle 26: Tabellarische Übersicht aller identifizierten Hemmnisse 169

Tabelle 27: Übersicht über alle diskutierten Instrumente zur Förderung der Gleichbehandlung der stofflichen Nutzung 174

Tabelle 28: Verteilung der Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland für energetische und stoffliche Nutzungen in den Jahren 2011 und 2012 200

Tabelle 29: Produktgruppen und beispielgebende Vergleichspaare von biobasierten Produkten und konventionellen Referenzprodukten 202

Tabelle 30: Ergebnisse der in der Meta-Analyse ausgewerteten Studien zu Wertschöpfung und Beschäftigung durch energetische und stoffliche Nutzung sowie eigene Berechnungen (s. Anhang 9.2) 206

Tabelle 31: Umsetzung verschiedener Instrumente und ihre Auswirkungen auf die stoffliche Nutzung – Szenarien 208

Abkürzungen

AAF	Association des Amidonniers et Féculiers
AP	Arbeitspaket
BEE	Biomass Energy Europe
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BReg	Bundesregierung
CEPI	Confederation of European Paper Industries
CEN	European Committee for Standardization
DBFZ	Deutsches BiomasseForschungsZentrum
DEPV	Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V.
DG	Directorate General
DSV	Deutscher Stärkeverband, Fachverband der deutschen Stärke-Industrie e.V.
EEG	Erneuerbares-Energien-Gesetz
EE-RL	Erneuerbare-Energien-Richtlinie
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
ETC/SCP	European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production
F+E	Forschung und Entwicklung
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAOSTAT	Statistischer Dienst der FAO
FiFo	Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln
GBEP	Global Bioenergy Partnership
FKZ	Förderkennziffer
FNR	Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
FSC	Forest Stewardship Council
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
GVO	Genveränderte Organismen
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
iLUC	Indirect land use change
INBAR	International Network for Bamboo and Rattan
INRO	Initiative nachhaltige Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Biomassenutzung

I-O	Input-Output
ISCC	International Sustainability and Carbon Certification
ISO	International Organization for Standardization
KEA	Kumulierter Energieaufwand
KEV	Kumulierter Energieverbrauch
KRA	Kumulierter Ressourcenaufwand
LCA	Life Cycle Assessment
LDPE	Low density polyethylen
MAP	Marktanreizprogramm
MWV	Mineralölwirtschaftsverband
NACE	Statistische Systematik der Wirtschaftszweige in der EG
NaWaRo	Nachwachsende Rohstoffe
NGO	Non-governmental Organisation
nova	nova-Institut GmbH
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PDO	1,3-Propandiol
PE	Polyethylen
PLA	Polylactic Acid
PS	Polystyrol
RED	Renewable Energy Directive
REMD	Renewable Energy and Material Directive
RSB	Roundtable on Sustainable Biofuels
TC	Technical Committee
THG	Treibhausgas
UBA	Umweltbundesamt
USDA	United States Department of Agriculture
VDP	Verband Deutscher Papierfabriken e.V.
VHI	Verband der Holzwerkstoffindustrie e.V.
VCI	Verband der Chemischen Industrie e.V.
WWF	World Wildlife Fund
WG	Working Group

0 Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt „Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse“ wurde im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA) unter Federführung der nova-Institut GmbH in Kooperation mit dem Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU), dem Finanzwissenschaftlichen Forschungsinstitut an der Universität zu Köln (FiFo) und dem Öko-Institut e.V. von 2010 bis 2013 durchgeführt.

Die zentrale Fragestellung des Projekts war: Welche ökologischen und ökonomischen Effekte hätte eine verstärkte stoffliche Nutzung von Biomasse und wie kann sie zu den Ressourcen- und Klimaschutzzielen der Bundesregierung beitragen? Dafür sollten besonders geeignete Wertschöpfungsketten identifiziert, eine Methodik zur Nachhaltigkeitsbewertung entwickelt sowie Vorschläge für die Gestaltung von politischen Rahmenbedingungen und Instrumenten für eine nachhaltige, ressourcenschonende Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen entwickelt und geprüft werden.

Die Projektergebnisse zeichnen ein umfassendes Bild der Situation der stofflichen Nutzung in Deutschland und Europa. Erstmals werden die stofflich genutzten Biomassestöme detailliert analysiert. Die Ökobilanzergebnisse zeigen, dass bio-basierte Produkte sowohl ökologische Vorteile als auch Nachteile und damit viele Parallelen zur energetischen Nutzung von Biomasse aufweisen. Die ökobilanziellen Bewertungen ausgewählter Linien stofflich genutzter Biomassen kommen zu dem Schluss, dass die stoffliche Nutzung von Biomasse gegenüber der energetischen mindestens ebenbürtig ist. Im Falle einer Kaskadennutzung des Rohstoffs (erst stofflich – so oft wie möglich – und am Ende energetisch) ist die stoffliche Nutzung der energetischen weit überlegen.

Auch die ökonomische Bewertung der stofflichen Nutzung zeigt hinsichtlich Wertschöpfung und Beschäftigung deutlich bessere Ergebnisse als die energetische Biomassenutzung. Weiterhin wird im Projekt ein Nachhaltigkeitsbewertungssystem für die stoffliche Nutzung vorgeschlagen, mit dem die ökonomische und die ökologische Vorteilhaftigkeit überprüft und nachgewiesen werden kann.

Eine umfassende Hemmnisanalyse zeigt, dass es trotz dieser Vorteile über fünfzig Barrieren für die Entwicklung der stofflichen Nutzung gibt. Um diese zu überwinden, werden einige Instrumente entwickelt und vorgeschlagen, die mit einer breiten Gruppe von Akteuren aus Industrie, Verbänden, Vereinen und Politik diskutiert und priorisiert wurden.

Die abschließenden Szenarien zeigen, dass eine verstärkte stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland erhebliche ökologische und ökonomische Potenziale hätte; dabei wird keine Flächenerweiterung angenommen. Die Szenarien basieren auf einer reinen Substitution der bisher energetisch genutzten Fläche durch stoffliche Nutzung.

0.1 Summary

The research project “Environmental Innovation Policy – Greater resource efficiency and climate protection through the sustainable material use of biomass” was commissioned by the Federal Environment Agency (UBA) under the overall control of nova-Institut GmbH in cooperation with Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg GmbH (IFEU), FiFo Institute for Public Economies at the University of Cologne (FiFo) and the Öko-Institut e.V. and was carried out from 2010 and 2013.

The question at the heart of the project was: What are the environmental and economic effects of greater material use of biomass, and how can this contribute to the German federal government’s resource and climate protection objectives? This guided our work to identify suitable value chains, to develop a sustainability assessment methodology and to put forward and test proposals for the creation of political framework conditions and instruments to promote the sustainable and efficient use of renewable resources.

The project results give a comprehensive overview of the state of material use in Germany and Europe. First, there is a detailed analysis of the biomass flows for material use. The life-cycle assessment results demonstrate that bio-based products have their advantages and disadvantages, and as such show many parallels to the use of biomass for energy. Assessments of life-cycle analyses of selected lines of biomass use for materials come to the conclusion that material use of biomass is at least equal to energy use. When there is cascading use of the raw material (first for material – as many times as possible – and finally for energy) then material use is far superior to energy use.

An economic assessment of material use also shows distinctly better results than energy use of biomass in terms of added value and employment. In addition, the project proposes a sustainability assessment system for material use that could test and prove the economic and environmental benefits.

Comprehensive analysis of the obstacles shows that despite these advantages, there are over 50 barriers to the development of material use. Some instruments are being developed and put forward to overcome these barriers and they are being discussed and prioritized with a broad group of actors from industry, trade associations, organizations and the world of politics.

The concluding scenarios show that greater material use of renewable resources in Germany would have considerable environmental and economic potential, always on the assumption that there is no expansion in area. The scenarios are based purely on land hitherto used for energy being replaced by material use.

1 Erfassung der Biomassestöme für Deutschland, Europa und die Welt (Arbeitspaket 1)

Leitung: nova-Institut

Autoren: Raschka, A., Carus, M., Dammer, L., Piotrowski, S.

1.1 Einleitung

Dass die Zusammenstellung von Basisdaten für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe – für Deutschland, Europa und die Welt – immer noch ein Novum darstellt, erstaunt vor allem deshalb, weil die stoffliche Nutzung eine sehr lange Geschichte hat und in ihrem Volumen zu allen Zeiten die energetische Nutzung übertraf. Letztere trat ihren Siegeszug erst in den letzten zwei Jahrzehnten an, begleitet von detaillierten statistischen Erhebungen. So ist eine umfassende Datenverfügbarkeit für energetisch genutzte Biomasse sowie Biokraftstoffe heute fast selbstverständlich – von regionaler bis zu globaler Ebene. Im Bereich der stofflichen Nutzung sieht die Lage dagegen vollkommen anders aus: sie wird trotz ihres Volumens in den meisten Statistiken und Biomasse-Szenarien übersehen und ignoriert. Ein wesentlicher Grund ist dabei die schlechte Datenverfügbarkeit. Selbst in Europa liegen nur für sehr wenige Länder umfassende Daten vor – dank weniger aktueller Studien der letzten Jahre. Aufgrund des wachsenden Interesses an einer möglichst effizienten Biomassenutzung und verstärkten Nutzung von Biomasse in Kaskaden („erst stofflich, dann energetisch“), wächst die Notwendigkeit, die Datenverfügbarkeit zur stofflichen Nutzung zu verbessern.

Das Arbeitspaket 1 gibt einen Überblick über den Datenstand zur stofflichen Nutzung in Deutschland, Europa und der Welt. Dabei wurden insbesondere die Daten für Deutschland aktualisiert und erweitert sowie für die Ermittlung der Europa- und Weltzahlen eine neue Methodik entwickelt und angewendet. Die entsprechenden Daten und Grafiken werden mit dieser Publikation erstmalig der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Die stoffliche – wie auch jegliche andere – Nutzung von Biomasse basiert sowohl in Deutschland, als auch international auf einem Mosaik verschiedener Biomassetypen. Dabei handelt es sich zum einen um land- und forstwirtschaftlich eigens zur stofflichen Nutzung erzeugte Rohstoffe (bspw. Stammholz, Pflanzenöle, Zucker, Stärke, besondere Inhaltsstoffe) sowie um biogene Reststoffe (bspw. Stroh und andere Reststoffe aus der Landwirtschaft, Restholzaufkommen, organischer Abfall, tierische Fette und Proteine). In diesem Arbeitspaket stellt das nova-Institut aufbereitete und aktualisierte Daten zur stofflichen Biomassenutzung und zu Biomassestömen in Deutschland für das Referenzjahr 2008 vor. Für die europa- und weltweite Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen wurde eine Matrix entwickelt, in der die wichtigsten Agrar- und Forstrohstoffe aufgeführt und hinsichtlich ihrer Nutzungen quantifiziert wurden. Dabei ergibt sich ein umfassendes Bild, welche Mengen an Biomasse für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion auf der einen, und für die stoffliche und energetische Nutzung auf der anderen Seite eingesetzt wurden. Auch ein Vergleich der Biomassenutzung mit der Nutzung anderer Massenrohstoffe, wie bspw. Stahl oder Beton, wird vorgenommen.

Die Gesamtmenge der in der stofflichen Nutzung eingesetzten Agrarrohstoffe lag in Deutschland für das Jahr 2008 wie im Vorjahr bei etwa 3,6 Mio. t. Dieser standen 9,6 Mio. t in der energetischen Nutzung gegenüber. Die stofflich eingesetzte Holzmenge ging im Vergleich zum Vorjahr um 0,9 Mio. t auf 43,2 Mio. t zurück, während die energetisch genutzte Menge um 0,3 Mio. t von 32,6 Mio. t auf 32,9 Mio. t anstieg. Auch die Gesamtmenge der stofflich genutzten nachwachsenden Rohstoffe ging entsprechend um 0,9 Mio. t auf 46,8 Mio. t zurück

und stand einer Gesamtmenge der energetisch genutzten nachwachsenden Rohstoffe von 42,5 Mio. t gegenüber. Insgesamt überwiegt also die stoffliche Nutzung gegenüber der energetischen Nutzung im Jahr 2008 leicht: das Verhältnis betrug 48 % energetische gegenüber 52 % stoffliche Nutzung. Nicht enthalten sind in diesen Mengen der Einsatz von Stroh, sonstigen Ernteresten und Reststoffen, die neben einer energetischen Nutzung für die Biogasproduktion vor allem in der Landwirtschaft stofflich zur Produktion von Kompost, Tier-Einstreu und Düngemitteln verwendet werden. Die tatsächlich stofflich eingesetzten Mengen sind hierbei methodisch bislang nicht näher zu quantifizieren.

Auch weltweit überwiegt die stoffliche leicht gegenüber der energetischen Nutzung. Insgesamt werden hierbei nach nova-Schätzung etwa 1,6 Mrd. t stofflich und 1,5 Mrd. t energetisch eingesetzt (2008). Ohne Holz stehen hier etwa 175 Mio. t nachwachsender Rohstoffe in der stofflichen Nutzung etwa 150 Mio. t in der energetischen Nutzung gegenüber. Gemeinsam macht der Einsatz von Holz und Agrobiomasse als nachwachsender Rohstoff etwa 27% der gesamten Verwendung der geernteten Forst- und Agrarbiomasse von etwa 13 Mrd. t pro Jahr aus, der Rest entfällt auf die Produktion von Nahrungs- (26 %) und Futtermitteln (47 %). Wird nur die Agrarbiomasse betrachtet, liegt der Anteil von nachwachsenden Rohstoffen nur bei etwa 8 %, während für Nahrungsmittel etwa 32 % und für Futtermittel etwa 60 % der Agrobiomasse angebaut werden.

Wesentlicher Kern ist die Aktualisierung der vorliegenden Daten zur stofflichen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen aus Carus et al. 2010 und Knapper et al. 2007 für das Referenzjahr 2008. Die Ergebnisse werden in Tabellen und Grafiken aufbereitet. Hinzu kommt eine Aktualisierung und Erweiterung der Daten zur stofflichen Nutzung in Europa und des weltweiten Einsatzes nachwachsender Rohstoffe (basierend auf Karus et al. 2006 und Carus et al. 2010, Carus 2012).

Zu Beginn des Berichts werden zudem die zentralen Begriffe definiert, um eine gemeinsame Diskussionsbasis zu ermöglichen.

1.2 Definitionen

Für ein gemeinsames Verständnis über die zu behandelnden Inhalte im Projekt „Ökologische Innovationspolitik – mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzung von Biomasse“ waren die zentralen Begriffe sowie der Rahmen der Datenerfassung vorab zu definieren.

1.2.1 Biomasse, biogene Rohstoffe, nachwachsende Rohstoffe und biogene Reststoffe

Die Definition des Begriffs „Biomasse“ basiert auf Kaltschmitt et al. 2009:

Unter dem Begriff „Biomasse“ werden sämtliche Stoffe organischer Herkunft verstanden, die nicht fossilen Ursprungs sind.[1]

Nach dieser Definition beinhaltet die Biomasse

- die in der Natur lebende Phyto- und Zoomasse (Pflanzen und Tiere)
- die daraus resultierenden Rückstände (z. B. tierische Exkremente)

[1] Der Definition liegt eine wissenschaftliche Definition zu Grunde und sie unterscheidet sich entsprechend von Definitionen der „Biomasse“ mit politischem Ansatz (Biomasse-Verordnung, Renewable Energy Directive (RED)).

- abgestorbene, aber noch nicht fossile Phyto- und Zoomasse (z. B. Stroh); Torf wird in diesem Projekt explizit ausgeschlossen.
- im weiteren Sinne alle Stoffe, die durch eine technische Umwandlung und/oder eine stoffliche Nutzung entstanden sind, bzw. anfallen (z. B. Schwarzlauge, Papier, Schlachthofabfälle, organischer Hausmüll, Pflanzenöl, Alkohol)

Da hier nur der Teil der Biomasse betrachtet wird, der als Rohstoff nutzbar ist, werden „biogene Rohstoffe“ wie folgt definiert:

„Biogene Rohstoffe“ sind der Anteil der Biomasse, der vom Menschen für verschiedene Anwendungen – stofflich, energetisch, als Nahrungs- und Futtermittel – genutzt wird.

Für das Projekt „Ökologische Innovationspolitik“ werden die zu betrachtenden biogenen Rohstoffe aufgetrennt in

„Nachwachsende Rohstoffe“ (Anbau-Biomasse) und „biogene Reststoffe“.

Die Definition des Begriffs „Nachwachsende Rohstoffe“ folgt dabei Carus et al. 2010:

„Nachwachsende Rohstoffe“ sind die Gesamtheit pflanzlicher, tierischer und mikrobieller Biomasse, die – auch über Nahrungsketten – auf der photosynthetischen Primärproduktion basiert und vom Menschen zweckgebunden angebaut und/oder produziert sowie außerhalb des Nahrungs- und Futtermittelbereiches stofflich und/oder energetisch verwendet wird.

Eine explizite Definition für „biogene Reststoffe“ existiert bislang nicht, wir folgen hier der Beschreibung von Kaltschmitt et al. 2009 für „Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle“, ergänzt durch Knappe et al. 2007 und im UBA überarbeitet:

„Biogene Rest- und Abfallstoffe“ sind Stoffe organischer Herkunft, die bei der Herstellung eines Hauptproduktes anfallen ohne Nebenprodukt zu sein, nutzbar sind und derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Zu biogenen Rest- und Abfallstoffen zählen auch Siedlungsabfälle, da/sofern sie hohe Anteile an organischen Komponenten aufweisen.

1.2.2 Stoffliche Nutzung

Die Definition des Begriffs „Stoffliche Nutzung“ folgt Carus et al. 2010:

Bei der „stofflichen Nutzung“ dient die Biomasse als Rohstoff für die Produktion von Gütern jeglicher Art, sowie der direkten Verwendung in Produkten. Sie wird damit von der energetischen Nutzung abgegrenzt, bei der die Biomasse allein der Nutzung als Energieträger dient.

1.2.3 Kaskadennutzung

Die folgende Definition der Kaskadennutzung folgt der Verwendung von Arnold et al. 2009 (Wuppertal-Institut):

Eine „Kaskadennutzung“ ist die sequentielle Nutzung von biogenen Rohstoffen für stoffliche und energetische Anwendungen.

Nach dieser Definition kann als „Rohstoff“ sowohl der Ur-Rohstoff (Rohstoffpflanze, Ölsaat etc.) als auch ein Koppel- oder Nebenprodukt bezeichnet werden – vorausgesetzt, er wird sequenziell (in einer Kaskade) genutzt. Recyclingverfahren sind grundsätzlich sequenziell und daher auch grundsätzlich als Kaskadennutzung zu verstehen.

Das UBA-Verständnis der Kaskadennutzung erweitert die Definition um eine Zieldimension:

„Eine Strategie, Rohstoffe oder daraus hergestellte Produkte in zeitlich aufeinander folgenden Schritten so lange, so häufig und so effizient wie möglich stofflich zu nutzen und erst am Ende des Produktlebenszyklus energetisch zu verwerten. Dabei werden sogenannte Nutzungskaskaden durchlaufen, die von höheren Wertschöpfungsniveaus in tiefere Niveaus fließen. Hierdurch wird die Rohstoffproduktivität gesteigert."[2]

Beispiele für Kaskadennutzungen:

- **Holzkaskade:** Der Rohstoff Holz wird sequenziell stofflich genutzt und anschließend einer energetischen Nutzung zugeführt (etwa Vollholzmöbel, Spanplatte, Spanplattenrecycling, Verbrennung)
- **Glyzerinkaskade:** Der Rohstoff Glyzerin (als Nebenprodukt der Biodiesel-Produktion) wird sequenziell stofflich genutzt und anschließend einer energetischen Nutzung zugeführt (etwa Epichlorhydrin für Epoxidharz, Verbrennung)

1.3 Aufbereitung und Aktualisierung von Daten zu Biomassesträmen

1.3.1 Aufgabenstellung

Entsprechend der Leistungsbeschreibung ist das Ziel dieses Arbeitspaketes die „Aufbereitung und Aktualisierung von Daten zu Biomassesträmen inklusive Rest- und Abfallströmen zur Ermittlung der massenrelevanten und ökonomisch bedeutenden Biomassesträme" für Deutschland und die „Erweiterung der Datenbasis zur Identifizierung und Beschreibung der Hauptstoffströme von stofflich genutzter Biomasse in Europa."[3]

Die Basis für die Ermittlung der Potenziale der stofflichen Nutzung von Biomasse ist eine Analyse des Ist-Zustands, bei der die aktuelle Nutzung von Biomasse, nachwachsenden Rohstoffen und biogenen Reststoffen erfasst wird. Dies erfolgt vor allem durch Aufarbeitung und Analyse bereits publizierter Daten aus Veröffentlichungen, Studien und Präsentationen, die durch vertiefende Interviews mit Experten aus den unterschiedlichen Sektoren der stofflichen Nutzung validiert wurden.

Grundlage der Aktualisierung der Daten für Deutschland ist die Erhebung des nova-Instituts für das Jahr 2007 (Carus et al. 2010), der Aktualisierung der organischen Restströme liegt zu großen Teilen eine Erfassung von IFEU und des Öko-Instituts für das Jahr 2002 zu Grunde (Knappe et al. 2007).

Die Daten für Europa stammen aus dem Jahr 2007 (Carus 2012) und die weltweiten Daten für das Jahr 2008 wurden vom nova-Institut im Rahmen dieses Projektes erstmalig hergeleitet.

1.3.2 Aktualisierung der Daten zu Biomassesträmen in Deutschland

Für alle Biomassesträme wurde eine Aktualisierung der vorliegenden Daten durchgeführt, wobei der Fokus auf der stofflichen Nutzung der Biomasse liegt. Betrachtet wurden einheimische und importierte biogene Rohstoffe und ihre Zwischenprodukte, die in der deutschen verarbeitenden Industrie zum Einsatz kommen oder direkt als Produkt genutzt

[2] In Anlehnung an/erweitert nach Bundesregierung (2008): „Fortschrittsbericht 2008 zur Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie – Für ein nachhaltiges Deutschland", Berlin; Seite 108.

[3] Leistungsbeschreibung des F+E-Vorhabens „Ökologische Innovationspolitik – Mehr Ressourceneffizienz und Klimaschutz durch nachhaltige stoffliche Nutzungen von Biomasse" (FKZ 3710 93 109) vom 31.05.2010, Umweltbundesamt.

werden. Importierte Fertigprodukte auf Basis nachwachsender Rohstoffe werden dagegen nicht berücksichtigt.

Die umfassendste Darstellung über die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland stellt derzeit die Studie „Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland“ dar, die vom nova-Institut erarbeitet wurde (Carus et al. 2010; gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., FKZ 22003908). In Carus et al. 2010 wurden die Stoffströme nachwachsender Rohstoffe für die stoffliche Nutzung für das Jahr 2007 dargestellt. Diese Studie ist neben anderen Grundlage für die 2010 bei der FNR erschienene Broschüre „Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie“, in der nach Abstimmung mit dem nova-Institut Daten zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe für die Jahre 2007 und 2008 dargestellt werden (Peters 2010). Diese Daten wurden für die Aktualisierung teilweise übernommen und andererseits durch Publikationen von Verbänden sowie Ergebnissen aus Expertenbefragungen aktualisiert (März 2009, Mantau 2009 u. a.).

Die Methodik der Erfassung folgt Carus et al. 2010. Sämtliche in der stofflichen Nutzung verwendeten nachwachsenden Rohstoffe (aus heimischem Anbau und aus Importen) und zur weiteren Verarbeitung importierten Halbzeuge[4] werden erfasst, welche die deutsche Industrie in der Produktion einsetzt. Hinzu kommen in Carus et al. 2010 noch nicht erfasste Restströme entsprechend der Kategorisierung nach Knappe et al. 2007, die über verschiedene Quellen (Publikationen, Fachverbände, Abfallbilanz des Statistischen Bundesamts, Abschätzungen aufgrund von Ernteaufkommen) aktualisiert wurden. Die Aktualisierung erfolgte 2010/2011, das Betrachtungsjahr stellt dabei aufgrund der Datenlage das Jahr 2008 dar.

Insgesamt werden die in der Literatur und in Veröffentlichungen der letzten Jahre angegebenen Daten, vor allem die Daten aus Carus et al. 2010 und Peters 2010, zu Grunde gelegt und mit Darstellungen verschiedener Fachverbände abgeglichen und ergänzt. Die Ergebnisse wurden mit Experten unterschiedlicher Rohstoffgruppen im Einzelgespräch oder Workshop abgestimmt.

In der nachfolgenden Tabelle werden die identifizierten Biomasseaufkommen und der Anteil der stofflichen Nutzung dargestellt:

[4] Halbzeuge = vorgefertigte Materialien, die zu Endprodukten weiterverarbeitet werden. Beispiele sind Garne und Gewebe in der Textilindustrie.

Tabelle 1: Gesamtaufkommen und stoffliche Nutzung von Biomasse in Deutschland, Referenzjahr 2008, in Mio. t.

Rohstoff	Gesamt-aufkommen 2008	Stoffliche Nutzung 2008	Wichtigste Branchen	Hauptprodukte	Importquote (stoffl. Nutzung)[5]
Holz (incl. Restholzaufkommen)	76,1	43,2	Säge-, Holzwerkstoff-, Papierindustrie	Holzprodukte, Holzwerkstoffe, Papier	max. 10 %
Kork	0,045	0,045	Bauindustrie, Werkstoffe	Flaschenkork, Fußböden, Werkstoffe	100 %
Chemiezellstoff	0,3	0,3	Chem. Industrie, Textilindustrie	Chemiefasern, Quellstoffe, Additive, Kunststoff	100 %
Naturfasern	0,16	0,16	Textil-, Automobil-, Papier, Dämmstoff-industrie	Textilien, Non-wovens, NFK, Spezialpapiere	> 99 %
Zucker (incl. Dicksaft und Melasse)	3,2[6]	0,136	Chem. Industrie inkl. Fermentation, Pharm. Industrie	Basis- und Feinchemikalien, Biokunststoffe	ca. 10 % (Kristallzucker 8 %, Melasse 10 %)
Stärke	1,5[7]	0,886	Chem. Industrie inkl. Fermentation, Pharm. Industrie, Papierindustrie	Basis- und Feinchemikalien, Biokunststoffe, Papierstärke	Mais 30 %, Weizen und Kartoffeln 0 %[8]
Pflanzenöle	5,6	1,102	Chem. Industrie (Oleochemie)	Farben, Tenside, Schmierstoffe, Kunststoffe, Additive, Kosmetik	Ca. 70 % (v.a. Palm-, Soja-, Kokosöl)
Tierische Fette	0,95	0,348	Chem. Industrie (Oleochemie)	Farben, Tenside, Schmierstoffe, Kunststoffe, Additive, Kosmetik	0 %
Glyzerin (aus der Biodieselproduk-tion)	0,108	0,108	Chem. Industrie	Additive, Basis- und Feinchemikalien	0 %

[5] Netto-Importmenge

[6] Gesamtaufkommen Zuckerrüben ca. 23 Mio. t (März 2009) – in der Tabelle angegeben ist der Verbrauch in Kristallzuckeräquivalenten.

[7] Gesamtaufkommen stärkehaltige Pflanzen ca. 52 Mio. t – in der Tabelle angegeben ist nur der Verbrauch der Stärke.

[8] Netto-Angabe: Eine Importquote von 0 % bedeutet, dass in der Summe kein Rohstoff importiert wird und in der Regel sogar exportiert wird.

Tierische Proteine (Gelatine, Casein, Wolle, Pelze, Leder)	0,054	0,054	Chem.-techn. Industrie, Pharm. Industrie, Textil- und Bekleidungsindustrie ...	Arzneimittelkapseln, Fotomaterialien, Etikettenkleber, Blutersatz, Leder-, Pelz- und Wollprodukte	< 5 %
Naturkautschuk	0,239	0,239	Automobilindustrie, Kunststoffe/ Elastomere	Autoreifen, techn. Gummiprodukte, Hygieneprodukte	100 %
Arzneipflanzen	0,025	0,025	Pharm. Industrie, Kosmetik	Arzneimittel, Kosmetik	90 %
Sonstige Inhaltsstoffe (Farbstoffe, Harze, Gerbstoffe)	0,151	0,151	Chem.-techn. Industrie, Pharm. Industrie, Bekleidungsindustrie	Naturfarben, Lacke, Linoleum, Lederverarbeitung	k.A.
Getreidestroh (ohne Mais)	> 35[9]	≥ 6	Landwirtschaft	Tiereinstreu, Baumaterial, Substrat beim Pilzanbau, Streu beim Obstbau (Erdbeeren) u. a.	0 %
Sonstige Erntereste und landwirtschaftliche Abfälle	> 30[10]	Menge unbekannt	Landwirtschaft, Landschaftsbau, Gartenbau etc.	v.a. Düngemittel, Kompost, Mulch	0 %
Sonstige Reststoffe	> 15[11]	Menge unbekannt	Landwirtschaft, Landschaftsbau, Bioabfalltonne, Garten etc.	v.a. Düngemittel, Kompost, Mulch	0 %

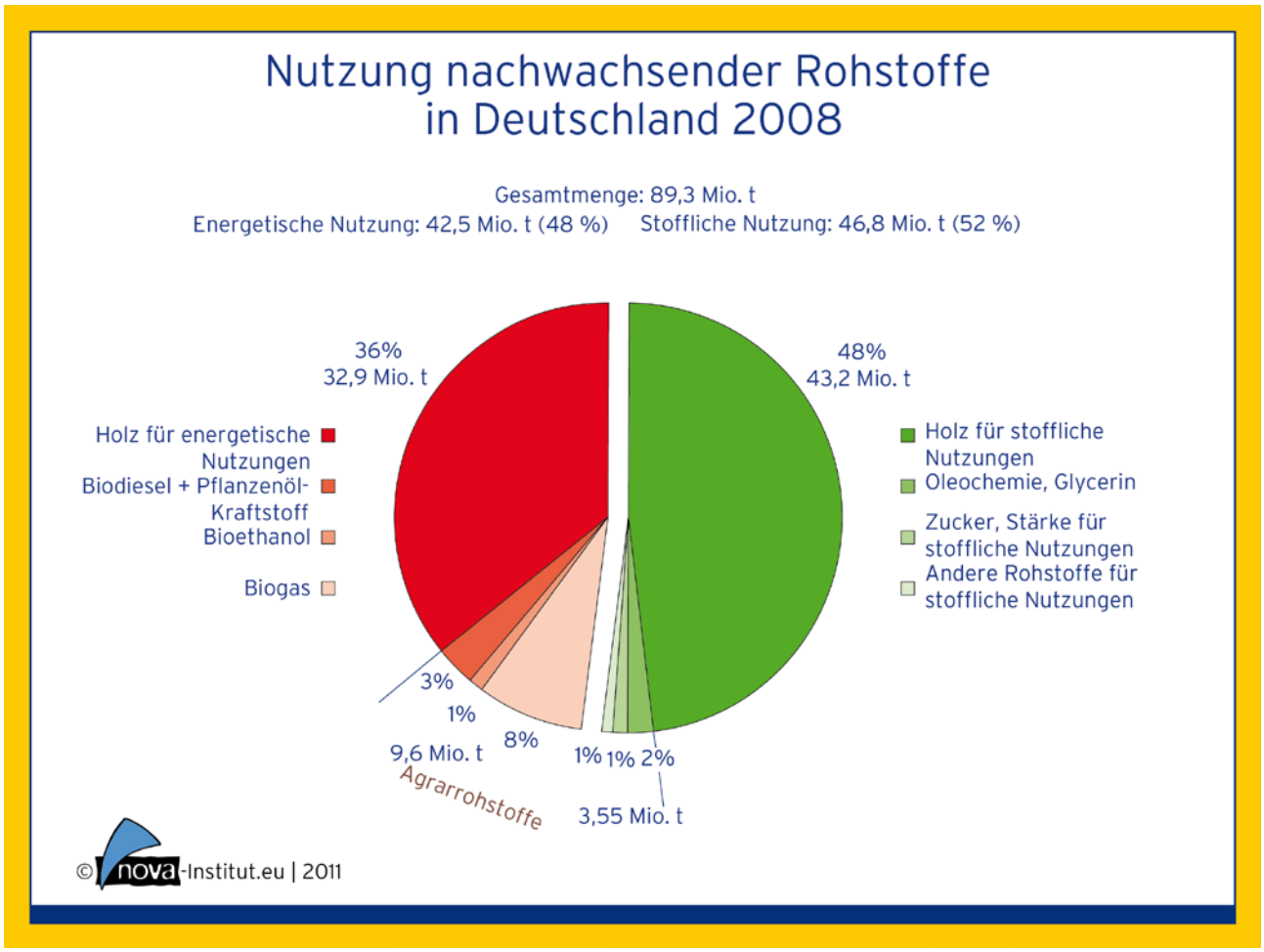
Ausgehend von diesen Daten ergibt sich die folgende Gegenüberstellung der stofflichen und der energetischen Nutzung:

[9] Vor allem Weizenstroh (> 20 Mio. t) und Gerstenstroh (>8 Mio. t).

[10] Das Aufkommen der Erntereste liegt bei deutlich mehr als 30 Mio. t/Jahr, vor allem Zuckerrübenblatt (ca. 16 Mio. t), Rapsstroh (ca. 9 Mio. t) und Maisstroh (ca. 6,6 Mio. t). Hinzu kommen ca. 200 Mio. t Fest- und Flüssigmist pro Jahr.

[11] Das Aufkommen liegt bei deutlich mehr als 15 Mio. t/Jahr, vor allem biologisch abbaubare Garten- und Parkabfälle (ca. 4,4 Mio. t), Abfälle aus der Biotonne (ca. 4 Mio. t) und biogene Anteile im Restabfall (ca. 4 Mio. t) (Prognos 2010, BMU / UBA 2012).

Abbildung 1: Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland 2008, Vergleich zwischen energetischer und stofflicher Nutzung.[12]



nova-Institut 2011

Sehr deutlich wird in dieser Darstellung die dominante Rolle des Holzes bei der Biomassenutzung sowohl im energetischen als auch im stofflichen Bereich. Inklusive der Holznutzung werden in Deutschland 46,8 Mio. t Biomasse stofflich und 42,5 Mio. t Biomasse energetisch genutzt, entsprechend entfallen rund 52 % auf die stoffliche Nutzung und rund 48 % auf die energetische Nutzung. Der Großteil der stofflichen Nutzung entfällt hierbei auf die Stammholzverarbeitung (Sägeindustrie) sowie das Aufkommen von Sägenebenprodukten und sonstigen Restholzes zur industriellen Aufbereitung.

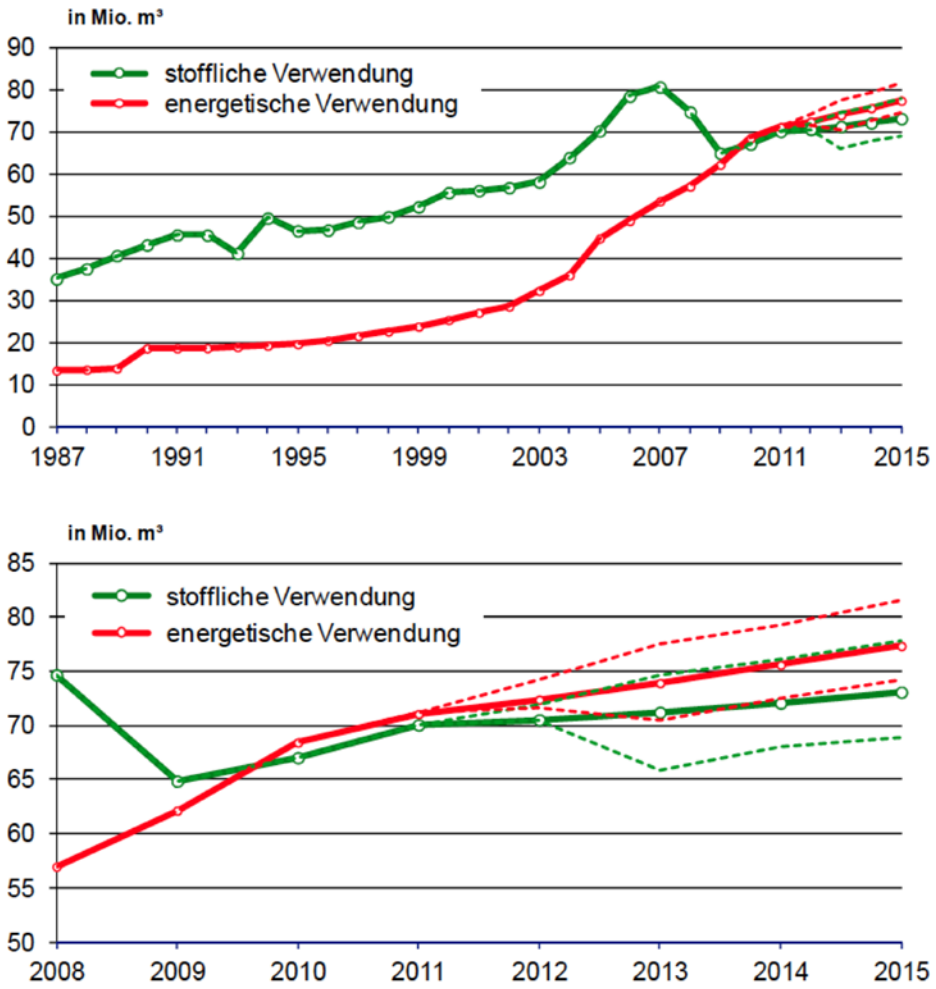
Die energetische Nutzung greift vor allem auf das Aufkommen an Derb- und Waldrestholz, Landschaftspflegeholz, Altholz und Schwarzlauge (Mantau 2009) zurück. Deutliche Überschneidungen bestehen im Bereich der Sägenebenprodukte, die sowohl stofflich (Holzwerkstoff-Industrie und Papier-/Zellstoffindustrie) als auch energetisch (Holzpellets als Brennstoff) genutzt werden. So wurden nach Angaben des Deutschen Energieholz- und Pellet-Verbandes e.V. 2010 etwa 1,75 Mio. t Pellets vornehmlich auf der Basis von Sägespänen aus der Holzindustrie produziert (DEPV 2011). Nach einer Studie des Deutschen Biomasseforschungs-

[12] Nicht enthalten sind die Nutzungen für Stroh und weitere landwirtschaftliche Restaufkommen sowie sonstige Reststoffe, deren konkrete Verwendungszuordnung nicht ermittelt werden kann.

zentrums (DBFZ) wurde 2009 in 53 % deutscher Biomasse(heiz)kraftwerke Frischholz eingesetzt, mit dem 32,4 % der elektrischen Leistung produziert wurden (Witt et al. 2010).

Aktuelle Arbeiten von Mantau 2012 zeigen innerhalb der letzten 25 Jahre erhebliche Verschiebungen der Holznutzung zu Lasten der stofflichen Nutzung. So wird deutlich, dass im Jahr 2010 in Deutschland erstmalig mehr Holz energetisch (50,8 %) als stofflich verwendet wurde (siehe Abbildung 2):

Abbildung 2: Entwicklung der stofflichen und energetischen Holznutzung in Mio. m³ 1987 bis 2015 und 2008 bis 2015



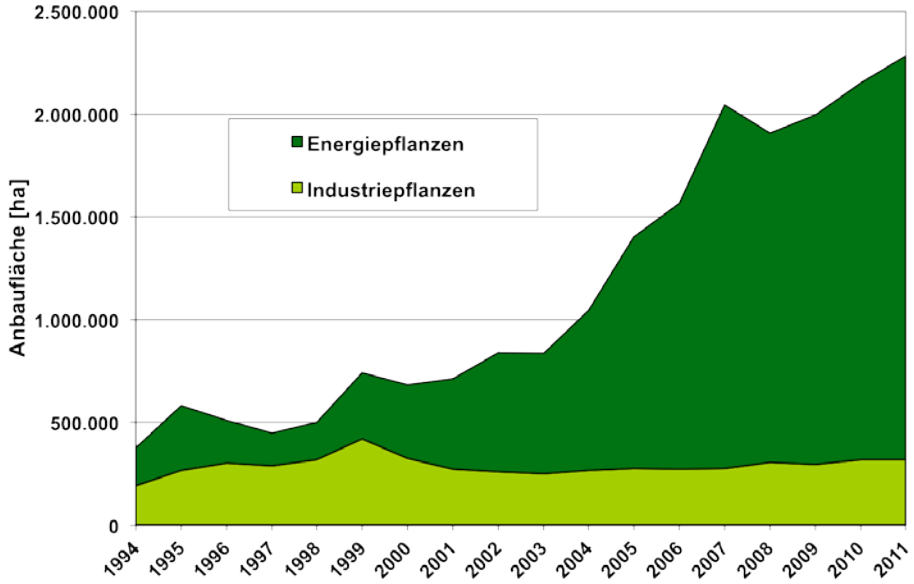
Mantau 2012

Diese Entwicklung wird durch mehrere Faktoren begründet: Zusätzlich zu der kontinuierlich zunehmenden Pelletnutzung für Stromerzeugung und private Heizungen, führte der Konjunktureinbruch im Jahr 2009 zu einer deutlichen Verringerung der stofflichen Nutzung. Der stark regulierte und geförderte Energiemarkt spürte diese Einbußen kaum. Zudem wurde der Energieholzverbrauch in Privathaushalten durch die langen und kalten Winter 2009 und 2010 stark angetrieben.

Es wird erwartet, dass sich der dargestellte Trend bei unveränderten politischen Rahmenbedingungen fortsetzen wird.

Abbildung 3 zeigt, wie sich die Agrarflächen für die stoffliche und energetische Nutzung seit 1994 entwickelt haben. Lag anfangs die stoffliche Nutzung noch vor der energetischen, so hat die umfassende Förderkulisse für die energetische Nutzung eine Verzehnfachung der Fläche bewirkt, während die stoffliche Nutzung auf gleichem oder leicht abfallendem Niveau verharrte. Welche Hemmnisse bewirkten, dass die stoffliche Nutzung trotz politischem Vorrang und trotz erheblicher F&E-Förderung keine Ausdehnung realisieren konnte, ist Thema des Arbeitspakets 7, (siehe Seite 135).

Abbildung 3: Kumulierte Anbauflächen für die stoffliche und energetische Nutzung in Deutschland

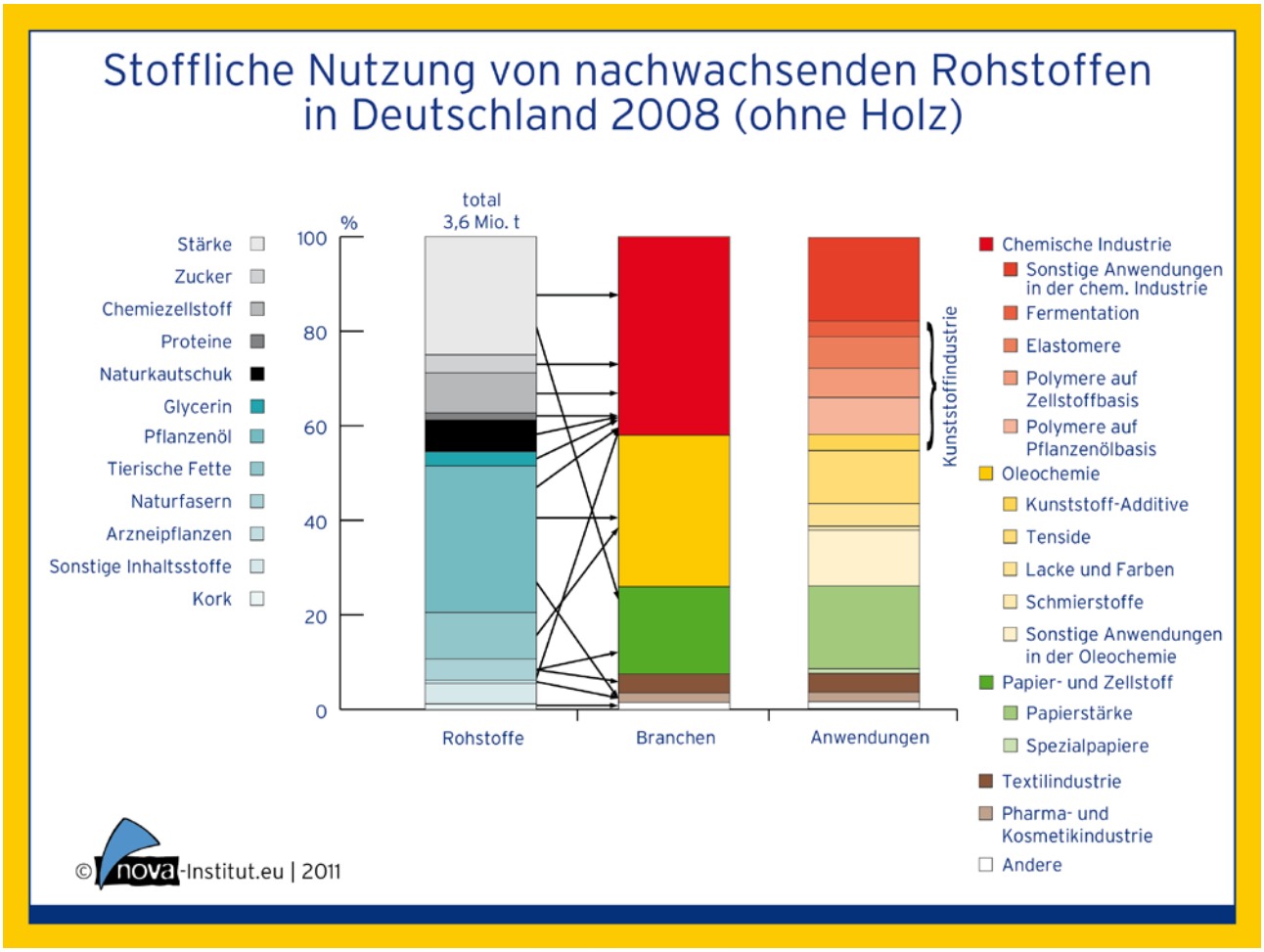


FNR 2012

Vergleicht man die stoffliche und energetische Nutzung der Agrarrohstoffe (Biomasse ohne Holz) für Deutschland im Jahr 2008, so verbleiben etwa 3,55 Mio. t Biomasse im Bereich der stofflichen Nutzung und 9,6 Mio. t Biomasse im Bereich der energetischen Nutzung (Biokraftstoff, Biogas und direkte Verbrennung). Damit entfallen auf die stoffliche Nutzung 27 % und auf die energetische Nutzung 73 % des Gesamtaufkommens nachwachsender Rohstoffe (ohne Holz) und erfassbarer biogener Reststoffe. In dieser Bilanz sind nicht die Nutzungen für Stroh und weitere landwirtschaftliche Restaufkommen sowie sonstige Reststoffe enthalten, deren konkrete Verwendungszuordnung und -aufteilung nicht ermittelt werden konnte. Diese Biomasse wird in der Regel als Tiereinstreu, Mulch und zur Humusbildung sowie Herstellung von Komposten bzw. Düngemitteln verwendet - die energetische Nutzung erfolgt in der Regel als Biogassubstrat und durch Verbrennung.

Während die energetischen Verwendungsmöglichkeiten der Biomasse sehr begrenzt sind (Biokraftstoffe, Biogas, direkte Verbrennung und evtl. Biomassevergasung), zeichnet sich die stoffliche Nutzung durch ein großes Spektrum an Verwendungen und Branchen aus (vgl. Carus et al. 2010), wie die folgenden Abbildungen 4 und 5 aktualisiert darstellen.

Abbildung 4: Rohstoff-, Branchen und Produktverteilung der Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Deutschland 2008.[13]



nova-Institut 2011

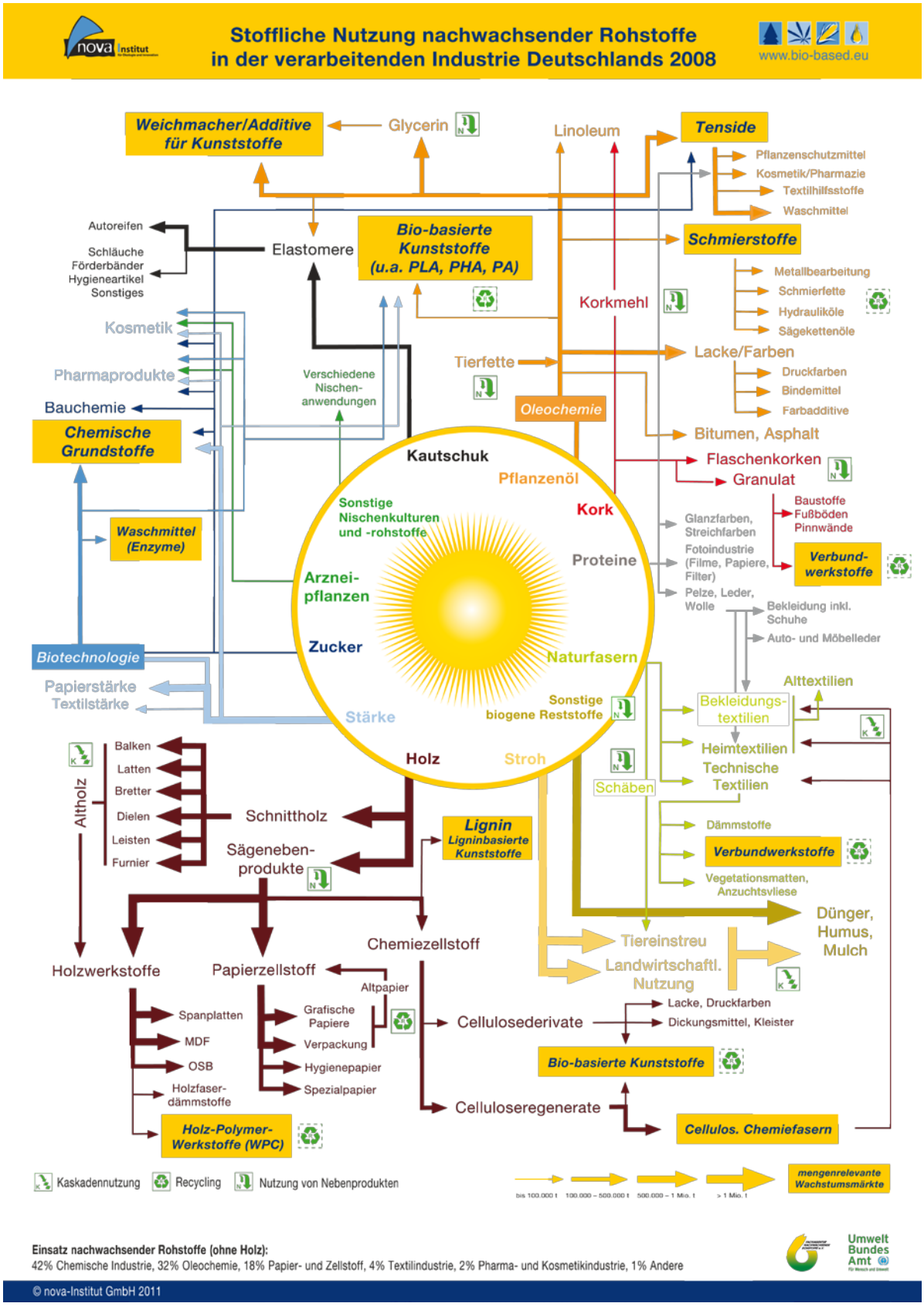
Etwa 64 % aller eingesetzten stofflich genutzten Rohstoffe werden importiert. Dies sind vor allem Pflanzenöle (Palm-, Soja- und Kokosöl), Naturkautschuk, Naturfasern, Chemiezellstoff, Maisstärke, Kork und Arzneipflanzen.

Im Holzbereich liegen die Importe mit etwa 10 % deutlich niedriger, so dass bei einer Betrachtung der gesamten Biomasse inkl. Holz aufgrund der Menge des eingesetzten Holzes nur noch etwa 14 % importiert werden.

In der folgenden Abbildung 5 sind die Stoffflüsse der stofflichen Biomasseverwendungen in Deutschland für das Jahr 2008 im Überblick dargestellt; die Stärke der Pfeile korreliert mit den Mengen der Stoffflüsse (siehe Legende).

[13] Nicht enthalten sind die Nutzungen für Stroh und weitere landwirtschaftliche Restaufkommen sowie sonstige Reststoffe, deren konkrete Verwendungszuordnung nicht ermittelt werden konnte.

Abbildung 5: Stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen und anderer Biomasse in Deutschland 2008.



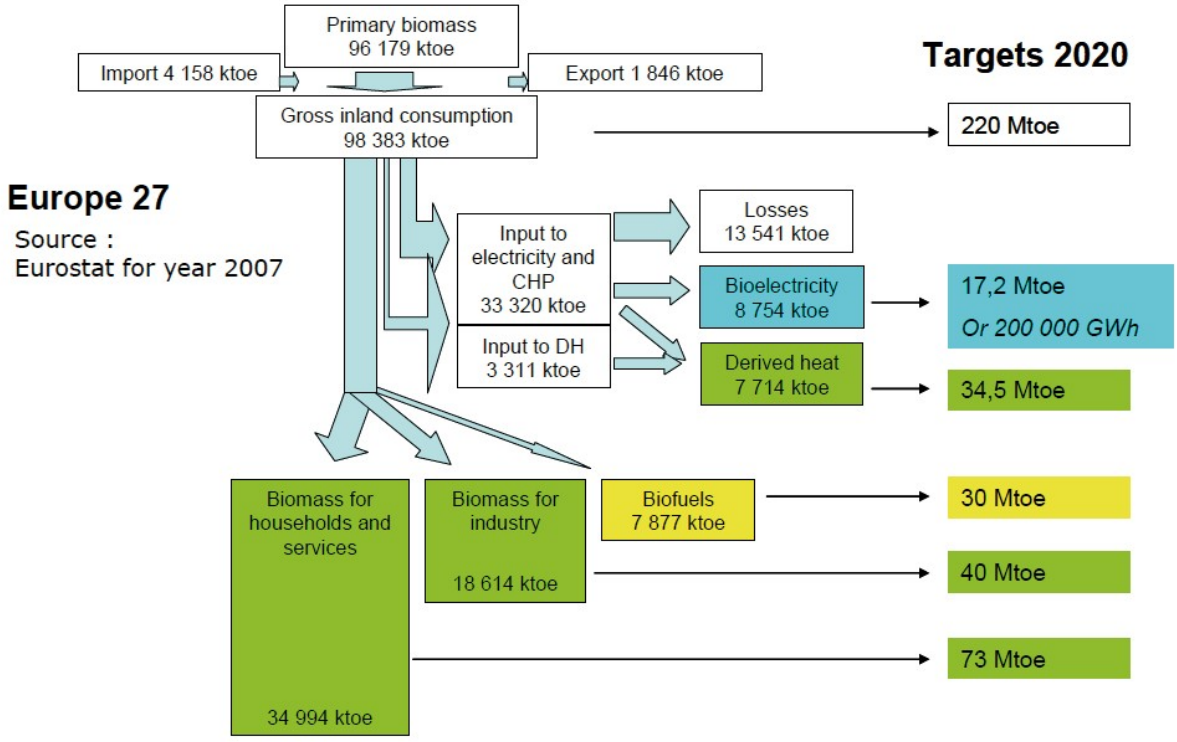
nova-Institut 2011

1.3.3 Erweiterung der Datenbasis für Europa

Der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in der stofflichen Nutzung in Europa ist bis auf den Sektor Holz nur sehr unzureichend erfasst. Vorhandene Angaben basieren in der Regel nur auf groben Schätzungen. Eine allgemeine Darstellung der verschiedenen Einsatzbereiche und erste Abschätzungen, bzw. zusammenfassende Daten liefert dabei der ETC/SCP report 1/2010 von Jering et al. 2010. Demnach liegen Daten zur Rohstoffnutzung nur für einzelne Sektoren und Länder vor, eine umfassende Erhebung hat seitdem nicht stattgefunden. Entsprechend den Ergebnissen des europäischen Projekts Biomass Energy Europe (BEE) streuen die in verschiedenen Studien vorliegenden Abschätzungen zu Biomasseverfügbarkeit und -potenzialen abhängig von den Rahmenbedingungen der Erhebung sehr stark, sodass konkrete Angaben über die Biomassepotenziale nur sehr begrenzt nutzbar sind (Koch et al. 2011).

Auch die Angaben über den Einsatz biogener Rohstoffe in der europäischen Industrie schwanken sehr stark. So wurden nach Schmitz 2008 im Jahr 2003 etwa 9 Mio. Tonnen nachwachsender Rohstoffe (ohne Holz) eingesetzt. Nach diesen Angaben nutzte die chemische Industrie etwa 6,4 Millionen Tonnen, wobei etwa die Hälfte davon auf Öle und Fette entfallen, gefolgt von Chemiezellstoff, Stärke und Zucker (Schmitz 2008). Nach Jossart 2009 wurden dagegen in der Industrie im Jahr 2007 etwa 18,6 Mio. Tonnen Biomasse (ohne Holz) verarbeitet, wobei die Gesamtmenge der energetisch und stofflich genutzten Biomasse ohne Holz mehr als 98 Mio. Tonnen betrug (siehe Abbildung 6). Interessant ist, dass Jossart 2009 auch Zielvorgaben für den stofflichen Bereich benennt.

Abbildung 6: Biomasseaufkommen und Verwendung in Europa 27 im Jahr 2007 und Ziele für 2020.

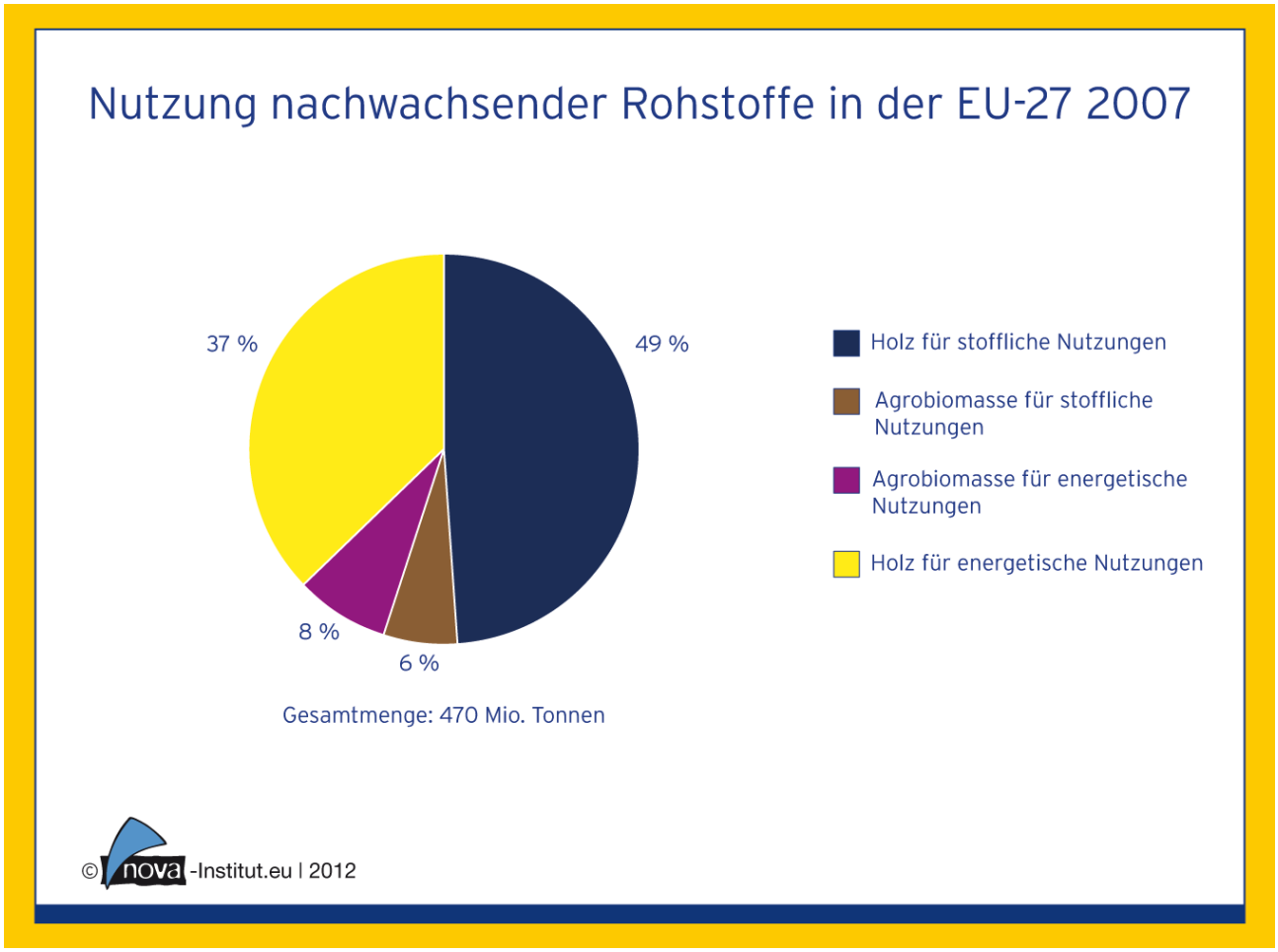


Jossart 2009

Die aktuellste Gesamteinschätzung der Biomasseströme in Europa und ihrer verschiedenen Anwendungsbereiche stammt von Carus 2012, der eine Weiterentwicklung der Abschätzung der Stoffströme in Deutschland (s. Kapitel 1.3.2) auf Basis der Daten von Mantau et al. 2010,

USDA 2011, EUROSTAT, DG Trade sowie Experteneinschätzungen vorgenommen hat (zur Methodik der Erhebung, siehe unten und Tab. 2). Sie zeigt, dass auch hier die stoffliche Nutzung die energetische im Volumen übersteigt, Bezugsjahr ist 2007.

Abbildung 7: Nutzung nachwachsender Rohstoffe in der EU-27 2007



Carus 2012

Innerhalb der verschiedenen Rohstoffsegmente ist der Bereich Holz durch die Arbeiten des Projekts EU Wood sehr gut aufbereitet, wobei auch Daten und Prognosen zur Holznutzung in den einzelnen Ländern der europäischen Union zur Verfügung stehen (Mantau et al. 2010). Diesen Angaben zufolge wurden 2010 in Europa 458 Mio. m^3 bzw. 229 Mio. t Holz im Bereich der stofflichen Nutzung verwendet; dem stehen 346 Mio. m^3 bzw. 173 Mio. t gegenüber, die energetisch eingesetzt wurden. Im Bereich der stofflichen Nutzung gehen von der Gesamtmenge der genutzten Holzaufkommen 196 Mio. m^3 in den Bereich der Sägeindustrie, 143 Mio. m^3 in die Papier- und Zellstoffindustrie und 103 Mio. m^3 in die Holzwerkstoffindustrie, 16 Mio. m^3 werden in anderen Branchen eingesetzt. Dabei sind im Gesamtaufkommen (994 Mio. m^3) 685 Mio. m^3, bzw. 331 Mio. t Forstholz als primäres Holzaufkommen enthalten, während 308 Mio. m^3, bzw. 166 Mio. t anderen Quellen entstammen (Landschaftspflegeholz, sekundäre Holzquellen) (Mantau et al. 2010). In welchem Umfang hier die stoffliche und energetische Nutzung um die gleichen Holzaufkommen konkurrieren, konnte nicht abschließend geklärt werden.

Für stoffliche Nutzungen von Agrobiomasse stehen keine dezidierten Daten zur Verfügung. Im Sommer 2012 wurde für Europa eine Tabelle erarbeitet (Carus 2012), die nach der gleichen

Methodik wie für die deutsche und weltweite Abschätzung der stofflichen Nutzung importierte und produzierte Biomasse in ihren verschiedenen Nutzungsformen quantifiziert. Die Grundlage hierfür bieten Zahlen über die Produktion und Importe von Agrobiomasse von EUROSTAT und DG Trade sowie Experteneinschätzungen. Anders als im Rest der Studie konnten hierfür allerdings nur Daten für das Jahr 2007 genutzt werden.

Die folgende Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Mengenabschätzung, auf denen auch die obige Darstellung der Gesamtstoffströme für Biomasse in der EU basiert. Die Differenz in den Gesamtsummen der stofflich bzw. energetisch genutzten Agrarbiomasse zwischen der obigen Grafik und der unten stehenden Tabelle ist darin begründet, dass sich die Grafik auf die Gesamtbiomasse bezieht, während die Tabelle die Verteilung des Hauptrohstoffs zeigt. In der Grafik ist der Anteil der energetisch genutzten Agrarbiomasse außerdem leicht höher, als er sich aus der Tabelle ergibt. Dies beruht darauf, dass der Wert für diesen Anteil entsprechend USDA 2011 im Vergleich zu den Abschätzungen in der Tabelle leicht nach oben korrigiert wurde.

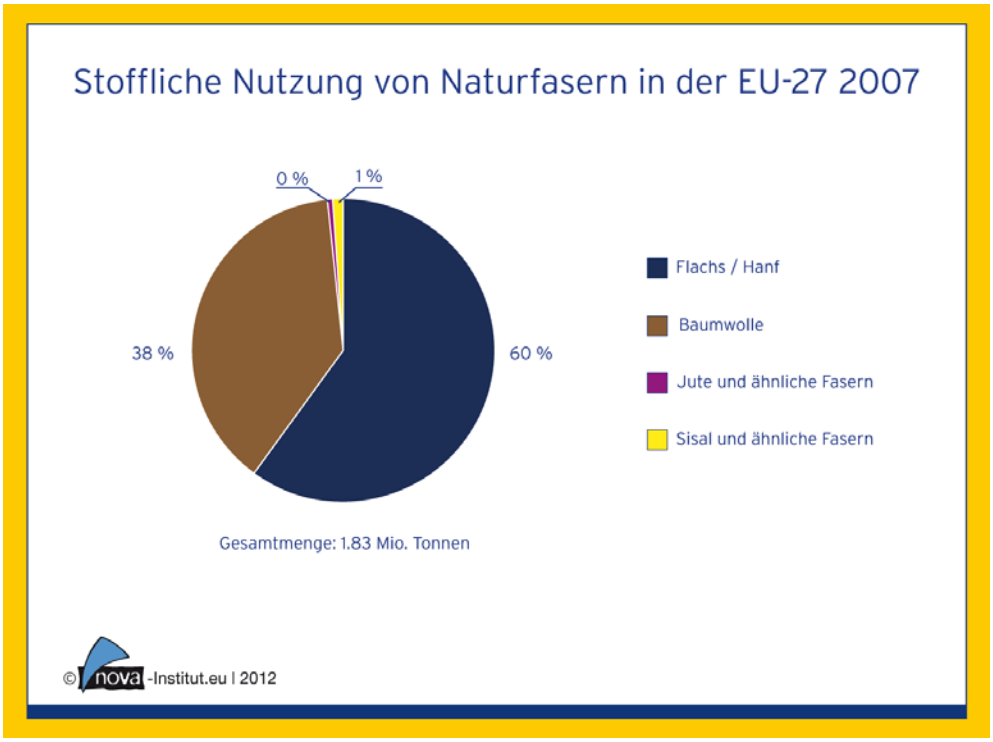
Tabelle 2: Nutzung von Agrar-Rohstoffen in der EU-27

	Produktion in der EU-27 in 1.000 t	Hauptroh-stoff in %	Hauptrohstoff produziert in der EU-27 in 1.000 t	Verteilung der Nutzung (%)			Produktion in der EU-27 in 1.000 t			Importe in die EU-27 in 1.000 t (Berechnung nicht in Tabelle inkl.)			Gesamtnutzung in der EU-27 in 1.000 t		
Rohstoff				Stoffliche Nutzung	Nahrung Futtermittel	Energie	Stoffliche Nutzung	Nahrung/ Futtermittel	Energie	Stoffliche Nutzung	Nahrung/ Futtermittel	Energie	Stoffliche Nutzung	Nahrung/ Futtermittel	Energie
ambus	0	95	0	95	5	0	0	0	0	61	133	0	61	133	0
Baumwolle (Fasern)	279	95	265	100	0	0	265	0	0	445	0	0	710	0	0
Baumwollsamen	482	10	48	1	99	0	0	48	0	0	22	0	0	70	0
Cassava	0	77	0	99	1	0	0	0	0	1.015	10	0	1.015	10	0
Flachsfasern	100	100	100	100	0	0	100	0	0	17	0	0	117	0	0
Hanffasern	11	100	11	100	0	0	11	0	0	0	0	0	11	0	0
Gerste	57.975	50	28.988	3	96	1	870	27.828	290	2	60	1	872	27.888	291
Jute & ähnliche Fasern	0	95	0	100	0	0	0	0	0	8	0	0	8	0	0
Kartoffeln	63.546	82	52.108	5	95	0	2.605	49.502	0	26	499	0	2.631	50.001	0
Kokosnuss	0	20	0	95	5	0	0	0	0	754	68	0	754	68	0
Leinsamen	100	35	35	99	1	0	35	0	0	246	2	0	281	2	0
Mais	48.563	65	31.566	10	75	15	3.157	23.675	4.735	723	5.544	1.056	3.880	29.219	5.791
Naturkautschuk	0	95	0	100	0	0	0	0	0	938	0	0	938	0	0
Ölpalmfrüchte	0	22	0	30	50	20	0	0	0	1.392	4.617	928	1.392	4.617	928
Rapssamen	18.338,8	35	6.419	1	90	9	64	5.777	578	7	672	61	71	6.449	639
Reis (ungeschält)	2.729	70	1.910	0,5	99,5	0	10	1.901	0	5	1.015	0	15	2.916	0
Rizinussamen	0	42	0	100	0	0	0	0	0	145	0	0	145	0	0
Roggen	7.655	50	3.827	5	75	20	191	2.870	765	2	35	9	193	2.905	774
Sisal & ähnliche Fasern	0	100	0	100	0	0	0	0	0	16	0	0	16	0	0
Sojabohnen	762	15	114	5	85	10	6	97	11	223	26.470	228	229	26.567	239
Sonnenblumensamen	4.822	34	1.640	5	92	3	82	1.508	49	128	2.949	9	210	4.457	58
Triticale	9.625	50	4.813	3	95	2	144	4.572	96	0	0	0	144	4.572	96
Weizen	120.075	50	60.037	3	96	1	1.801	57.636	600	65	2.904	256	1.866	60.540	856
Zuckerrohr	0	10	0	5	75	20	0	0	0	124	2.441	495	124	2.441	495
Zuckerrübe	114.427	15	17.164	5	65	30	858	11.157	5.149	0	0	0	858	11.157	5.149
Gesamt	**449.491**		**209.045**				**10.200**	**186.571**	**12.274**	**6.343**	**47.441**	**3.041**	**16.542**	**234.012**	**15.317**
Verteilung zwischen stofflicher und energetischer Nutzung							45%		55%	68%		32%	52%		48%
Verteilung zwischen allen Biomassenutzungen							5%	89%	6%	11%	83%	5%	6%	88%	6%

Carus 2012

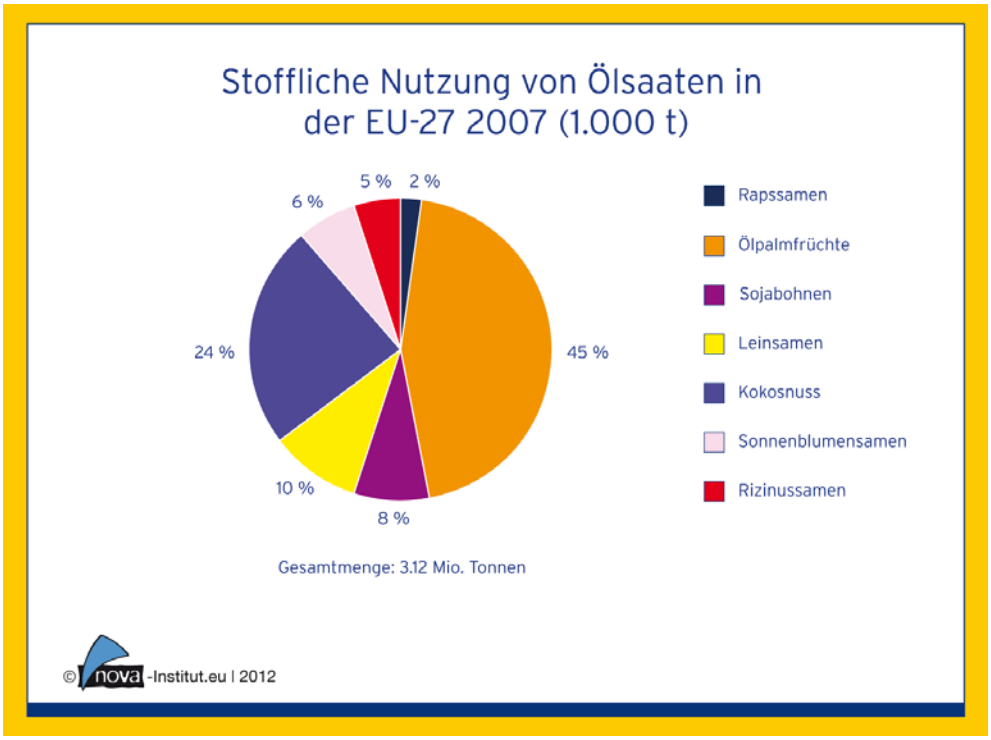
Aus der Tabelle ergeben sich dann unmittelbar die Verteilungen für die verschiedenen Rohstoffgruppen:

Abbildung 8: Stoffliche Nutzung von Naturfasern in der EU-27 2007



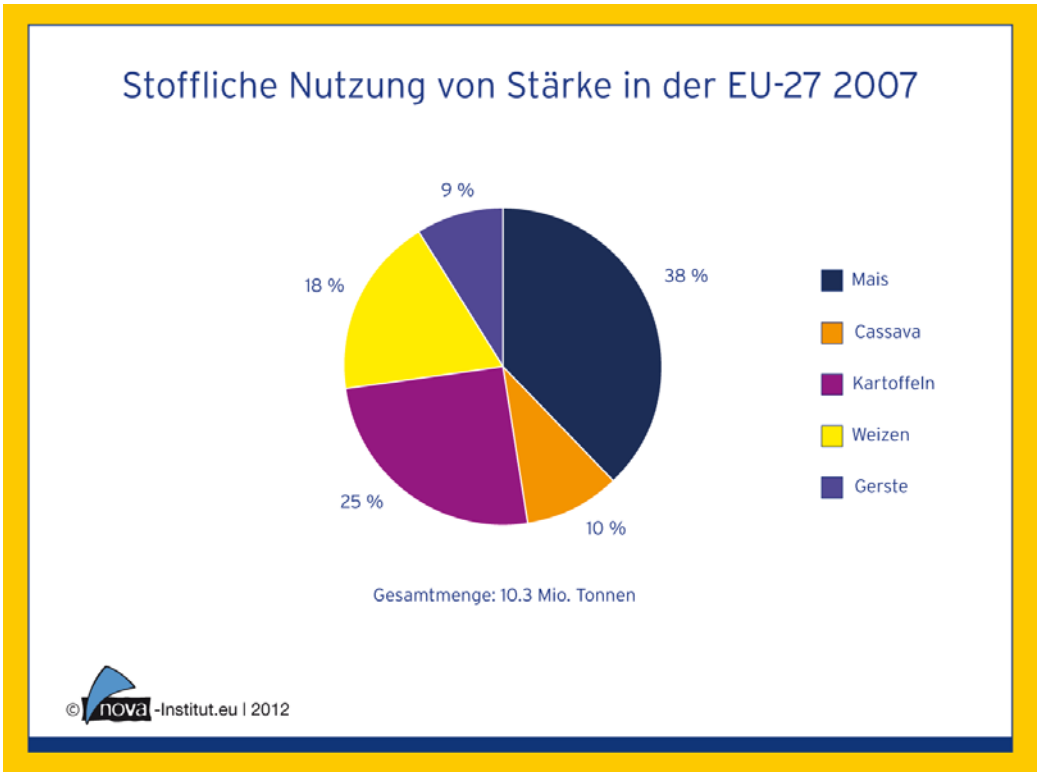
Carus 2012

Abbildung 9: Stoffliche Nutzung von Ölsaaten in der EU-27 2007



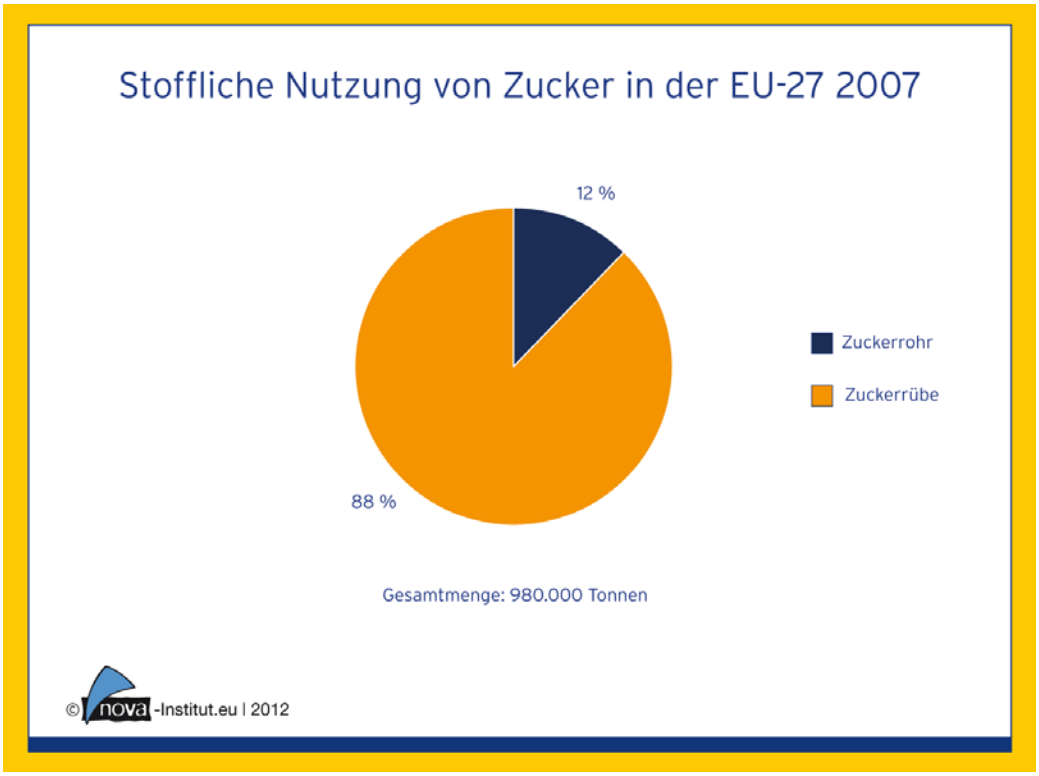
Carus 2012

Abbildung 10: Stoffliche Nutzung von Stärke in der EU-27 2007



Carus 2012

Abbildung 11: Stoffliche Nutzung von Zucker in der EU-27 2007



Carus 2012

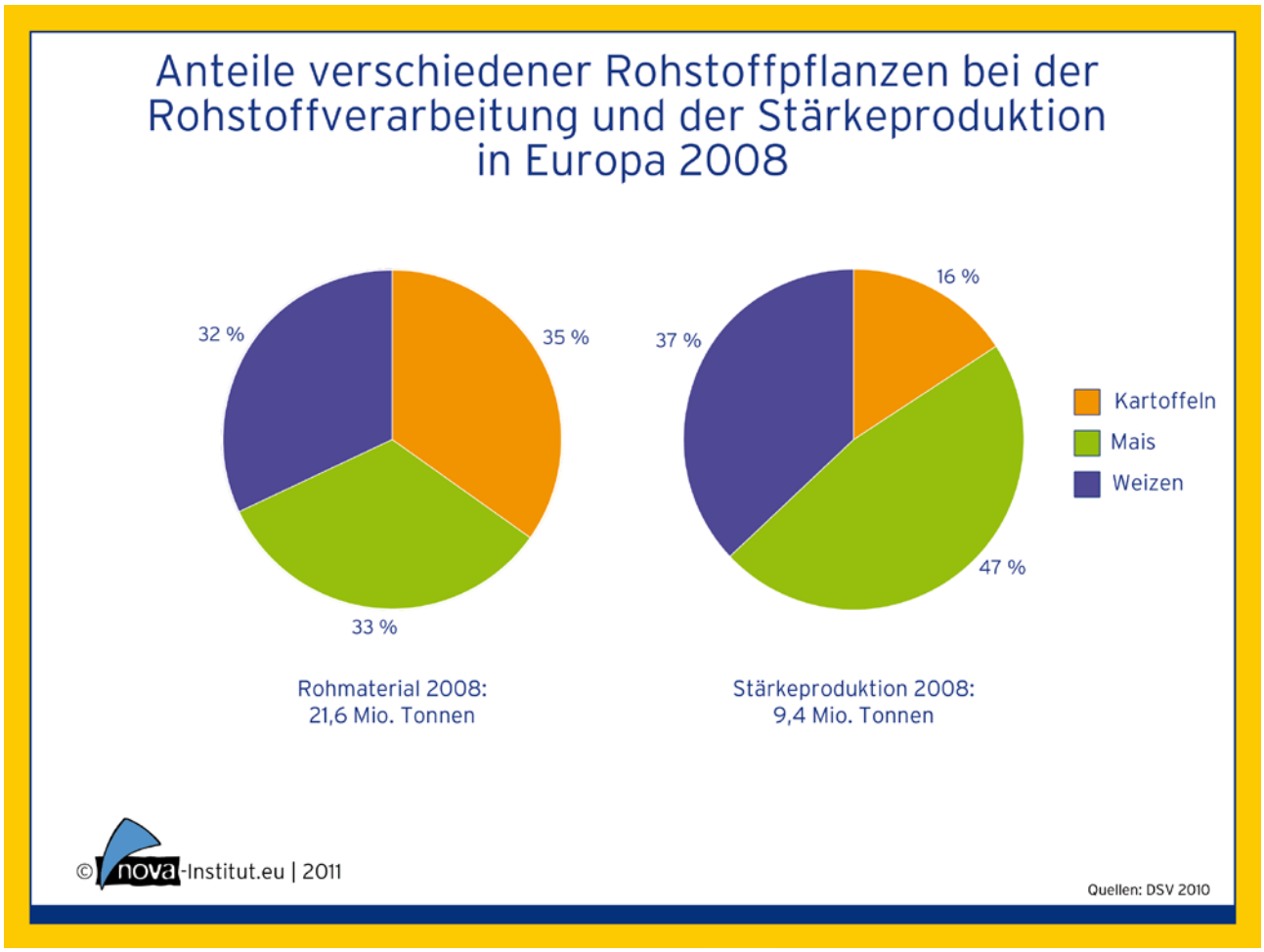
Es soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die gezeigten Daten keinen Anspruch auf hohe Genauigkeit erheben. Vielmehr verwendet die gewählte Vorgehensweise erstmalig eine Methodik, mit der die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in der EU-27 – zusammen mit der energetischen Nutzung und den Bereichen Lebens- und Futtermittel – vollständig erhoben werden kann. Während die Daten für die Erntebiomasse und Biomasseimporte relativ gut und belastbar vorliegen, basieren die Anhaltspunkte für die unterschiedlichen Nutzungsarten (Food/Feed, stofflich und energetisch) auf ersten Schätzungen. Deren Anteile genau zu bestimmen, dürfte erhebliche Forschungsmittel erfordern, da diese Informationen in keiner bekannten Datenbank vorliegen.

Trotz dieser Unzulänglichkeit bestätigt die Tabelle verschiedene Aspekte im Hinblick auf die stoffliche Nutzung von Agrarbiomasse. Laut Star-COLIBRI 2011 wird Stärke in der Europäischen Union hauptsächlich aus Mais, Weizen und Kartoffeln gewonnen. Mehr als 21 Mio. t Agrar-Rohstoffe, hauptsächlich von europäischen Produzenten, werden jedes Jahr verarbeitet (Star-COLIBRI 2011, S. 20). Der Europäischen Stärkeverband (AAF) gibt an, dass 62 % der Stärke für Nahrungs- und Futtermittel verwendet werden. Die übrigen 38 % gehen in andere Nutzungen: 28 % in die Papier- und Wellpappeherstellung, 6 % in Pharmazie und Chemikalien und 4 % in andere Anwendungen, insgesamt ca. 8 Mio. t. Dies deckt sich gut mit den Werten in der Tabelle. Laut Star-COLIBRI 2011 werden jährlich außerdem 19–20 t Zucker in der EU produziert, was den Werten in der Tabelle (17 Mio. t) sehr nahe kommt.

Ergänzend wird hier der Gesamteinsatz von Stärke und Zucker entsprechend der Angaben der Branchenverbände AAF und DSV (für Stärke) und FEDIOL (für Ölpflanzen) aufgezeigt. Die Zahlen weichen dabei teilweise von den Angaben in der Tabelle ab. Es ist nicht abschließend geklärt, worauf diese Unterschiede basieren. Es lassen sich jedoch folgende Ursachen vermuten: Zum einen basieren die Daten auf unterschiedlichen Methoden und wurden für unterschiedliche Jahre erhoben. Zum anderen sind in der Tabelle 2 Rohstoffexporte aus der EU nicht berücksichtigt, wohl aber in den Zahlen der Verbände.

Im Stärkesektor wurden in Europa 2008 21,6 Mio. t Rohstoffe zu 9,4 Mio. t Stärke verarbeitet, wobei der Anteil an Mais in der europäischen Stärkeproduktion mit 47 % fast die Hälfte ausmacht.

Abbildung 12: Stärke: Anteile verschiedener Rohstoffpflanzen bei der Rohstoffverarbeitung und der Stärkeproduktion in Europa 2008.

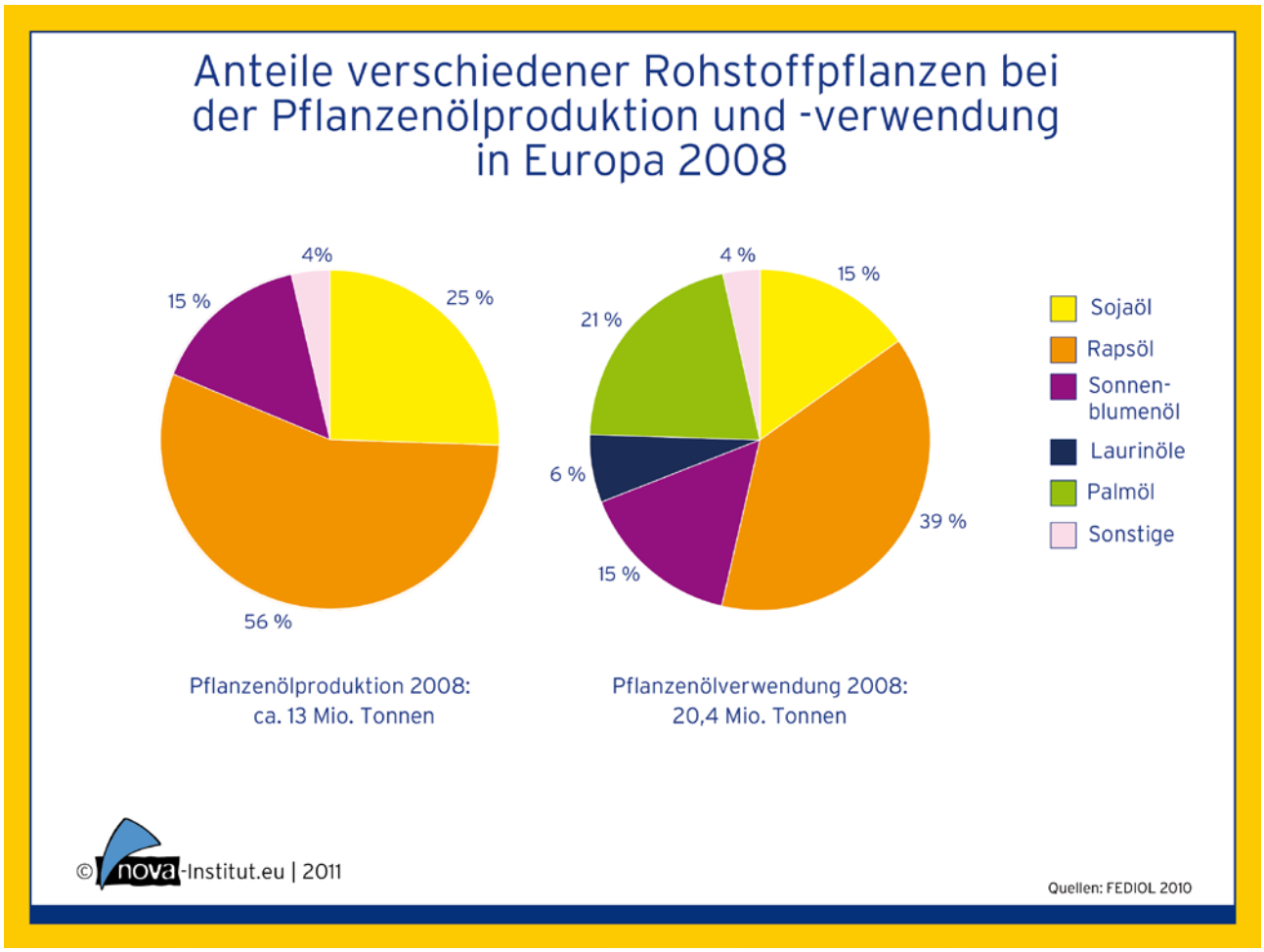


Fachverband der Stärkeindustrie 2010

Von der Gesamtproduktionsmenge der europäischen Stärke wurden 0,6 Mio. t exportiert und 8,8 Mio. t in der EU verwendet, wobei ca. 40 % bzw. 3,5 Mio. t auf den industriellen Bereich entfielen. 2,2 Mio. t dieser Menge wurden dabei in der Papier- und Wellpappenindustrie eingesetzt, die restlichen 1,3 Mio. t gingen in die chemische und Fermentationsindustrie (Fachverband der Stärkeindustrie 2010).

Im Bereich der Pflanzenöle existiert ein deutlich größeres Spektrum unterschiedlicher Rohstoffpflanzen, auch spielt der Import von insbesondere nicht in Europa produzierbaren Pflanzenölen eine große Rolle. In der folgenden Abbildung 13 sind entsprechend die in Europa produzierten Pflanzenöle und die Gesamtverwendung gegenübergestellt:

Abbildung 13: Pflanzenöle: Anteile verschiedener Rohstoffpflanzen bei der Pflanzenölproduktion und -verwendung in Europa 2008.



FEDIOL 2010

Auffällig ist im Vergleich der dominierende Anteil an Rapsöl bei der Produktion, der bei der Verwendung zurückfällt, während hier die zu 100 % importierten Laurinöle (Kokosöl, Palmkernöl) und das Palmöl mit gemeinsam 27 % an der Gesamtverwendung eine wichtige Rolle spielen. Diese importierten Öle werden vor allem für die Herstellung von Produkten der oleochemischen Industrie, speziell Waschmitteltenside, eingesetzt. Welcher Anteil der Pflanzenölverwendungen stofflich und energetisch, bzw. welche Anteile im Bereich der Lebensmittel- und Futtermittelindustrie genutzt werden, ist den Angaben des Verbands nicht zu entnehmen.

1.3.4 Abschätzung zum weltweiten Einsatz von Biomasse in der stofflichen Nutzung

Zur Abschätzung des weltweiten Einsatzes wurde eine Tabelle wie auch für Europa mit allen im Bereich der stofflichen Nutzung relevanten nachwachsenden Rohstoffen aufgebaut. Anbauflächen und Produktionszahlen wurden den FAO-Statistiken entnommen, die Bestimmung des Hauptrohstoffs und der Nutzungsanteile wurden aus einer Vielzahl an Quellen abgeleitet. Zentraler Bestandteil dieser Tabelle ist eine Abschätzung der Anteile an den Rohstoffen, die jeweils in die stoffliche und energetische Nutzung sowie in den Bereich der Nahrungs- und Futtermittel gehen. Aufbauend auf dieser Schätzung ergeben sich die Anteile für die verschiedenen Nutzungen entsprechend der nachfolgenden Tabelle 3:

Tabelle 3: Stoffliche und energetische Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen weltweit, Referenzjahr 2008 (FAOSTAT 2011)

Rohstoff	Fläche in 2008	Produktion in 2008	Hauptrohstoff	Hauptrohstoff in	Verteilung der Nutzung (%)			Fläche in 1.000 ha		Produktion in 1.000 t	
					Stoffliche	Nahrung/Futter	Energie	Stoffliche	Energie	Stoffliche	Energie
Bambus	22.000	20.000	95	19.000	39	11	50	8.580	11.000	7.410	9.500
Baumwolle (Fasern)	31.340	23.316	95	22.150	100	0	0	31.340	0	22.150	0
Baumwollsamen	30.190	43.060	10	4.306	1	99	0	302	0	43	0
Cassava	18.677	232.462	77	178.996	4	93	3	747	560	7.160	5.370
Flachsfasern	361	512	100	512	100	0	0	361	0	512	0
Gerste	56.512	155.053	50	77.527	3	96	1	1.695	565	2.326	775
Jute & ähnliche Fasern	1.306	2.833	95	2.691	100	0	0	1.306	0	2.691	0
Kartoffeln	18.081	325.558	82	266.958	7,9	92	0,1	1.428	18	21.090	267
Kokosnüsse	11.230	60.713	20	12.143	65	30	5	7.300	562	7.893	607
Leinsamen	2.410	2.170	35	760	99	1	0	2.386	0	752	0
Mais	161.105	826.224	65	537.046	10	75	15	16.111	24.166	53.705	80.557
Naturkautschuk	8.956	10.569	95	10.041	100	0	0	8.956	0	10.041	0
Ölpalmfrüchte	14.649	206.989	22	45.538	28	53	19	4.102	2.783	2.751	8.652
Rapssamen	30.820	58.061	35	20.321	1	90	9	308	2.774	203	1.829
Reis, ungeschält	159.250	685.874	70	480.112	0,5	99,5	0	796	0	2.401	0
Rizinussamen	1.542	1.603	42	673	100	0	0	1.542	0	673	0
Roggen	6.669	17.700	50	8.850	3	93	4	200	267	266	354
Sisal und ähnliche Fasern	443	372	100	372	100	0	0	443	0	372	0
Sojabohnen	96.180	230.581	15	34.587	4	91	5	3.847	4.809	1.383	1.729
Sonnen-blumensamen	24.839	35.657	34	12.123	5	92	3	1.242	745	606	364
Triticale	3.854	13.875	50	6.938	3	95	2	116	77	208	139
Weizen	222.758	683.406	50	341.703	3,3	96	0,7	7.351	1.559	11.276	2.392
Zuckerrohr	24.257	1.736.271	10	173.627	5	75	20	1.213	4.851	8.681	34.725
Zuckerrüben	4.286	222.022	15	33.303	5	93	2	214	86	1.665	666
Holz	3.952.000	2.916.576	95	2.770.747	52	0	48	2.055.040	1.896.960	1.440.789	1.329.959
Gesamt (o. Holz)	951.715	5.594.881		2.290.275				100.498	54.822	175.651	147.926
Gesamt (mit Holz)	4.903.715	8.511.457		5.061.022						1.616.440	1.477.885

Beim Vergleich der in Tabelle 3 dargestellten Mengen an nachwachsenden Rohstoffen, die stofflich, bzw. energetisch genutzt werden, fällt auf, dass diese in etwa gleich groß sind. So entfallen von der Gesamtmenge inkl. Holz nach unserer Abschätzung etwa 52 % auf die stoffliche und 48 % auf die energetische Nutzung – bei der Betrachtung ohne Holz verschiebt sich dies nur leicht auf etwa 54 % für die stoffliche und 46 % für die energetische Nutzung. In der Gesamtmenge stellen beide Sektoren zusammen im Vergleich zur Nutzung von Agrarrohstoffen im Nahrungs- und Futtermittelsektor jedoch nur einen geringen Teil dar: Die stoffliche Nutzung macht am Hauptrohstoffaufkommen etwa 7,4 % aus und die energetische Nutzung 6,3 %.

Beim Vergleich der Tabelle 3 mit den folgenden Grafiken Abbildung 14, Abbildung 15 und Abbildung 16 muss der unterschiedliche Bezugsrahmen beachtet werden. Tabelle 3 umfasst methodisch bedingt nur diejenigen Agrarrohstoffe, die für die stoffliche Nutzung von Relevanz sind. Die gesamte Produktionsmenge dieser Rohstoffe (ohne Holz) betrug 2008 weltweit etwa 5,6 Mrd. t. bzw. etwa 2,3 Mrd. t gemessen am für die stoffliche Nutzung relevanten Hauptrohstoff.

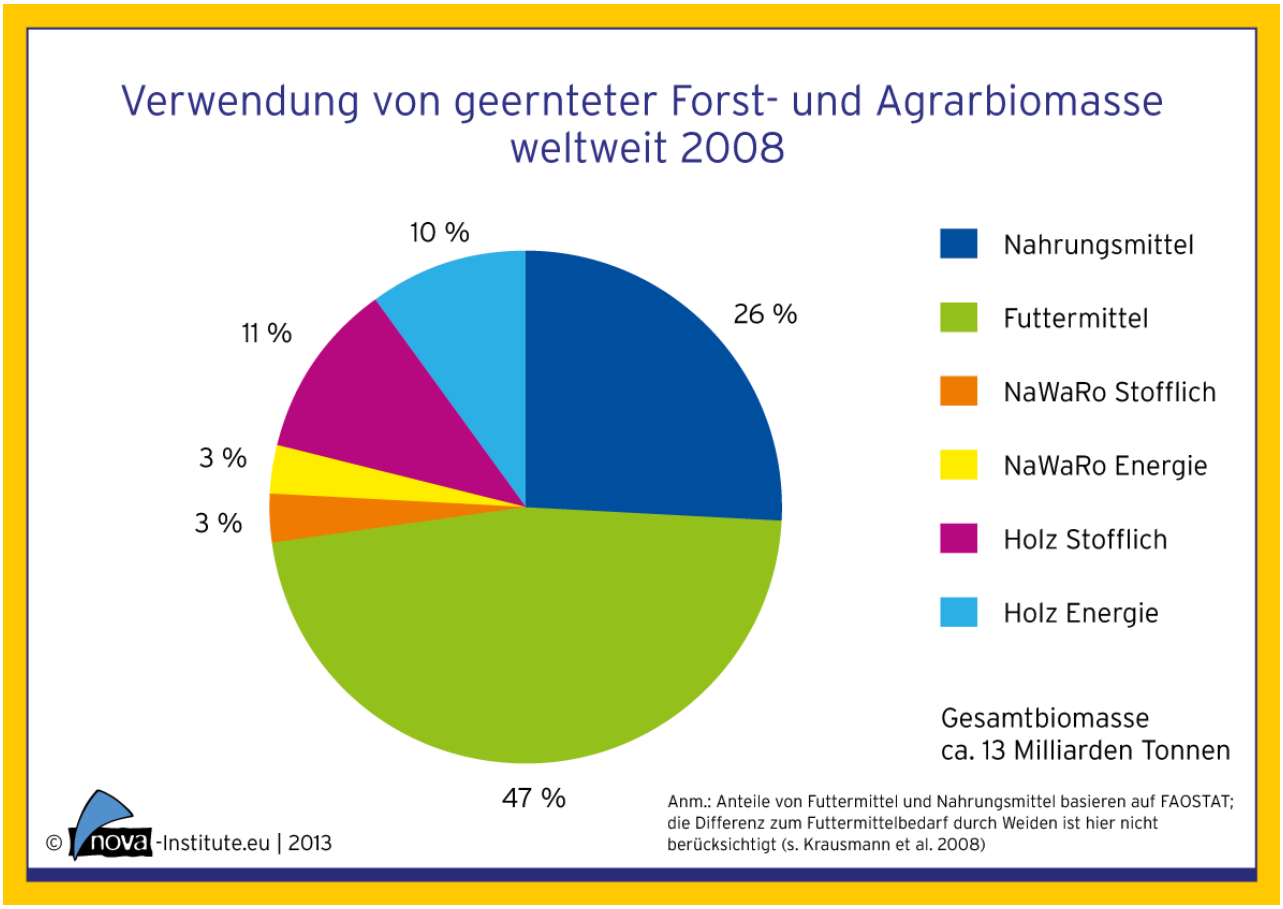
Die gesamte weltweite Agrarproduktion, einschließlich solcher Biomasse ohne Relevanz für die stoffliche Nutzung, betrug dagegen rund 10 Mrd. t (Abbildung 15). Die gesamte Agrar- und Forstbiomasse umfasste sogar 13 Mrd. t (Abbildung 14).

Dem entsprechend sinken die Anteile der stofflichen Nutzung und der energetischen Nutzung an der Gesamtmasse in den letzteren Grafiken. Zunächst wurde sowohl für die stoffliche als auch die energetische Nutzung angenommen, dass das Hauptprodukt nur etwa 40 % des Ernteguts ausmacht. Die restlichen 60 %, die sich aus der Nutzung der Nebenprodukte ergeben, müssen entsprechend zu den errechneten Mengen aus Tabelle 3 hinzugerechnet werden. Dadurch ergeben sich Gesamtmengen von etwa 439 Mio. t stofflich genutzter NaWaRo (176 Mio. t Hauptprodukt und 263 Mio. t Nebenprodukte) und 370 Mio. t energetisch genutzter NaWaRo (148 Mio. t Hauptprodukt und 222 Mio. t Nebenprodukte).

Die Anteile stofflich und energetisch genutzter NaWaRo sinken damit in den Abbildungen auf jeweils etwa 3 % (Abbildung 14) an der Gesamtmenge von ca. 13 Mrd. t Forst- und Agrarbiomasse, bzw. jeweils etwa 4 % (Abbildung 15) an der Agrarbiomasse (bzw. 3 % mit Weideland (Abbildung 16)).

Abbildung 14 zeigt die 13 Mrd. Tonnen Gesamtbiomasse weltweit (FAO 2011), die als Agrar- und Forstbiomasse geerntet werden. Die energetische wie auch die stoffliche Nutzung als nachwachsender Rohstoff stellen nur jeweils etwa 3 % und die Holznutzung jeweils etwa 10 % dar – und damit zusammen ca. 26 %. Der weitaus größte Teil entfällt auf die Produktion von Futtermitteln (47 %) und Nahrungsmitteln (26 %). Die Zuordnung erfolgt dabei nach primärem Anbauziel, die Mengenangaben enthalten also auch Nebenprodukte, die für andere Nutzungen verwendet werden können.

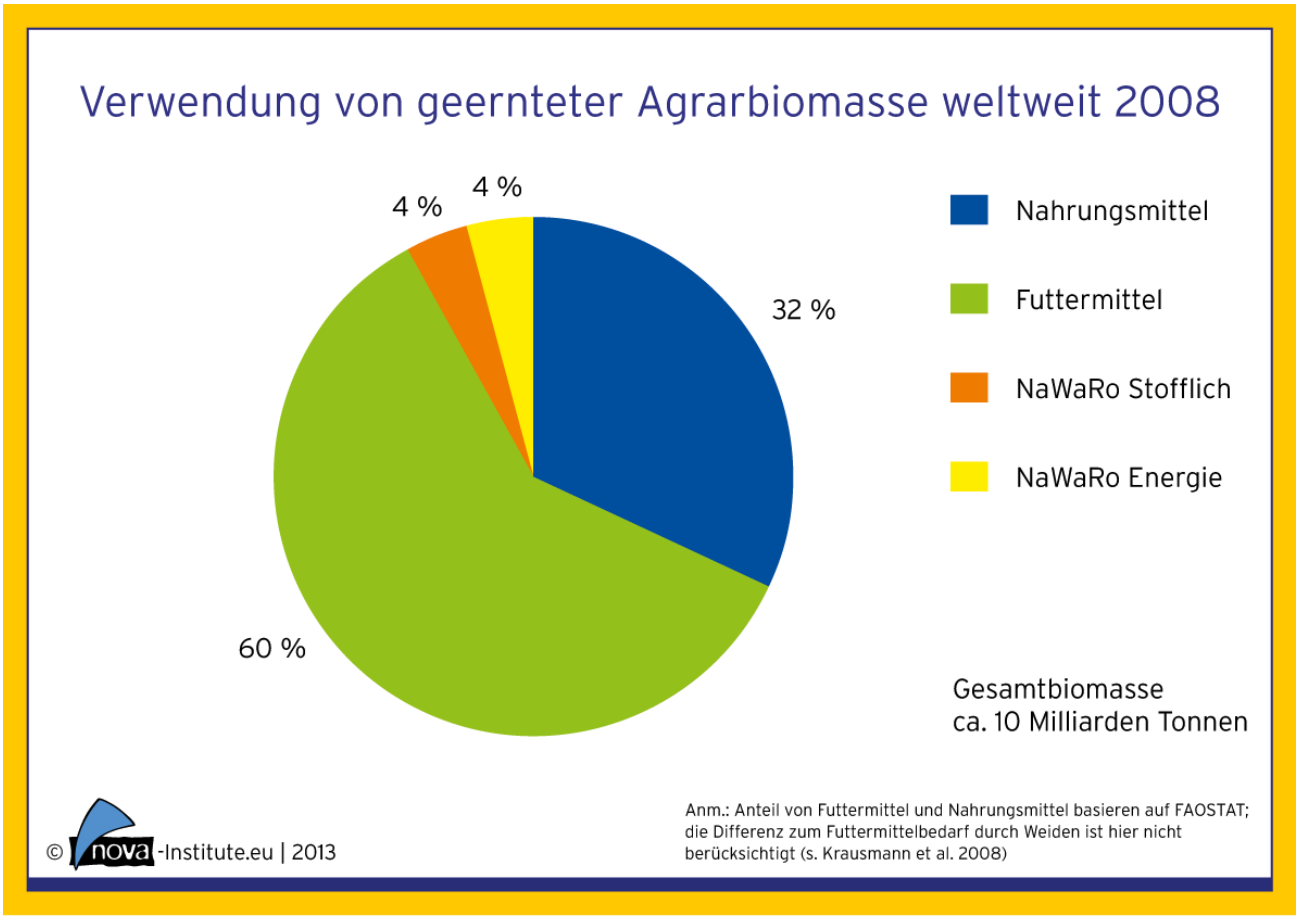
Abbildung 14: Verwendung von geernteter Forst- und Agrarbiomasse weltweit 2008.



nova-Institut 2013, nach FAO 2011 und Krausmann et al. 2008

Bezieht man die Nutzung nur auf die geerntete Agrarbiomasse (ohne Holz), fällt diese Verteilung noch deutlicher auf. Während der Anbau als nachwachsender Rohstoff sowohl im energetischen wie auch im stofflichen Bereich jeweils etwa 4 % ausmacht, entfallen auf die Nutzung als Futtermittel mit 60 % fast zwei Drittel der Gesamtmenge und auf die direkte Nahrungsmittelnutzung 32 % der geernteten Agrarbiomasse. Dabei werden die Futtermittel vor allem für die Fleisch- und Milchproduktion benötigt.

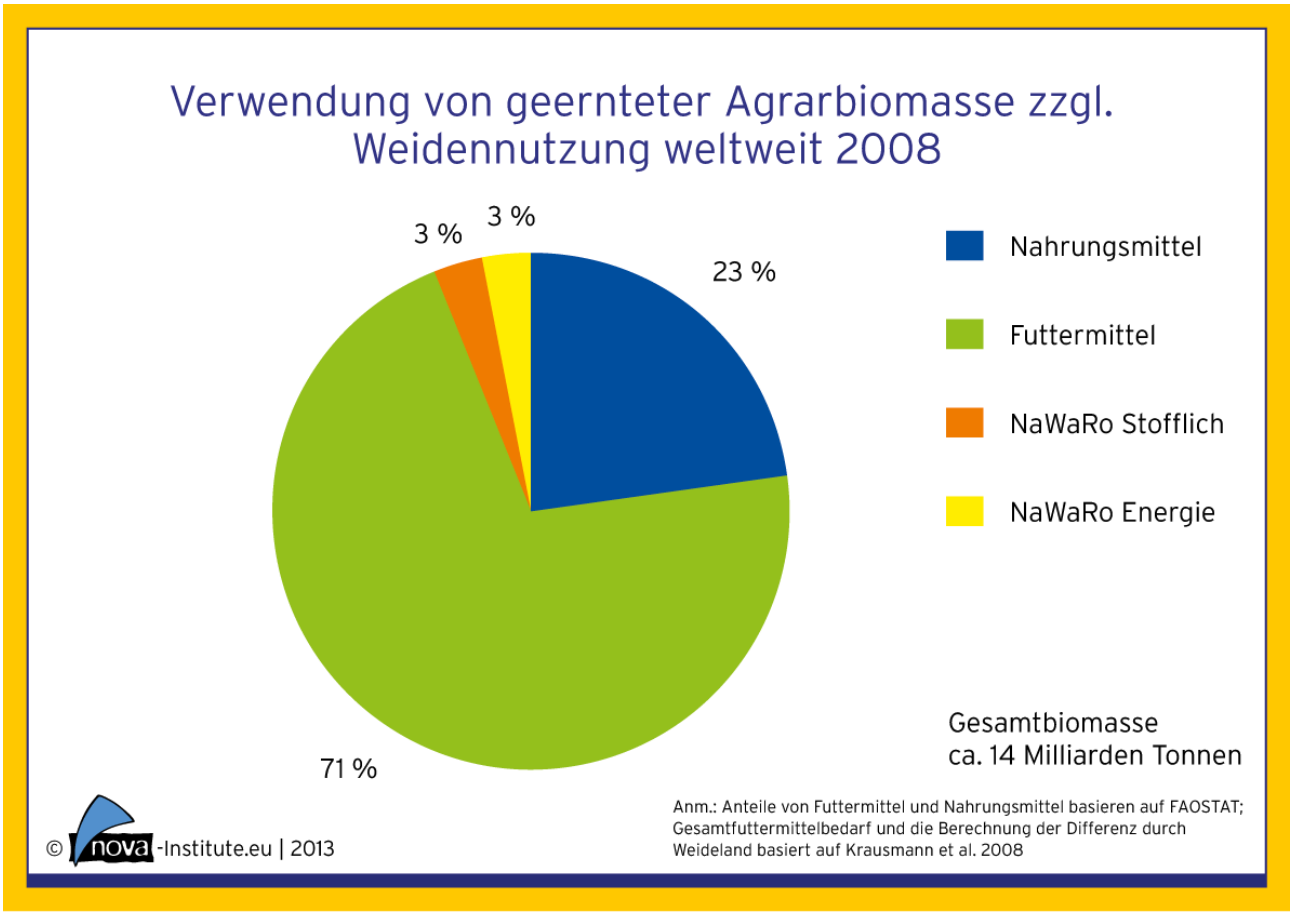
Abbildung 15: Verwendung von geernteter Agrarbiomasse weltweit 2008.



nova-Institut 2013, nach FAO 2011 und Krausmann et al. 2008

Wird das Weideland in die Verteilung der Biomasse mit einbezogen, erhöht sich die Gesamtmenge der Agrarbiomasse auf ca. 14 Mrd. t, wobei der Anteil der Futtermittel sogar auf 71 % steigt. Auf die stoffliche und die energetische Nutzung entfallen somit jeweils noch 3 %.

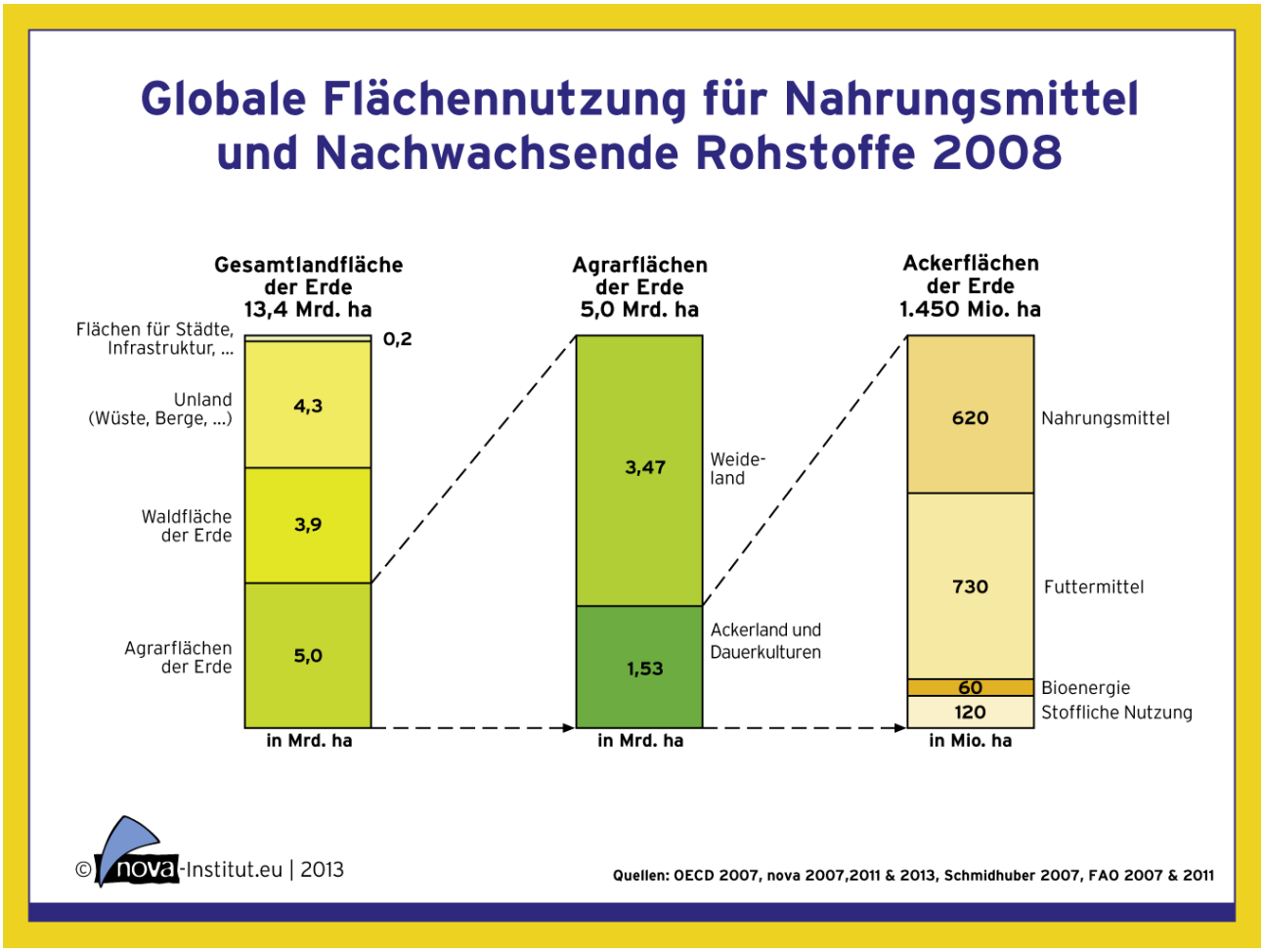
Abbildung 16: Verwendung von geernteter Agrarbiomasse zzgl. Weidenutzung weltweit 2008



nova-Institut 2013, nach FAO 2011 und Krausmann et al. 2008

Auch in der Flächennutzung spiegelt sich die Nutzung der Agrarbiomasse in den verschiedenen Sektionen ab. Hier entfällt der größte Anteil der weltweiten Acker- und Dauerkulturflächen von etwa 48 % auf die Produktion von Futtermitteln (ohne Weideland) und etwa 40 % auf die direkte Produktion von Nahrungsmitteln. Die verbleibenden 12 % werden für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen verwendet, wobei hier der Flächenbedarf beim Anbau für die stoffliche Nutzung vor allem durch flächenintensive Rohstoffpflanzen wie Kautschuk und Baumwolle gegenüber der energetischen Nutzung deutlicher überwiegt als bei der Darstellung der Mengen (vgl. Abbildung 14–16)

Abbildung 17: Globale Flächennutzung für Nahrungs- und Futtermittel und nachwachsende Rohstoffe 2006/07.

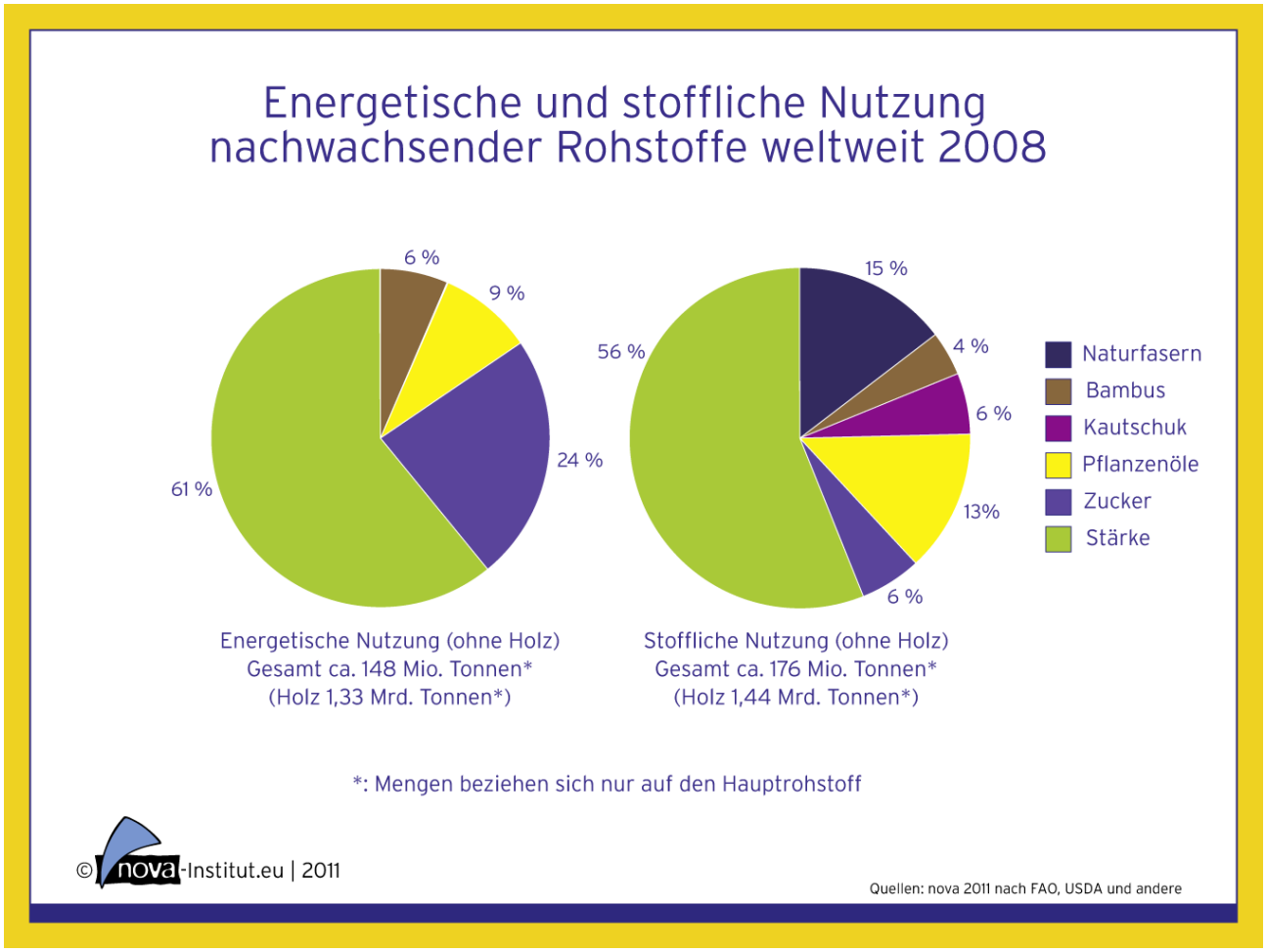


nova-Institut 2013, nach OECD 2007, Schmidhuber 2007 und FAO 2007 & 2011

Die größten Anteile an der stofflichen Nutzung haben neben dem Holz vor allem die Stärkepflanzen Mais und Weizen, die Ölpflanzen Ölpalme und Kokosnuss, das Zuckerrohr sowie die ausschließlich stofflich eingesetzte Baumwolle und Naturkautschuk. In der energetischen Nutzung spielen vor allem Mais und Zuckerrohr für die Bioethanolproduktion eine Rolle, gefolgt von Bambus als Brennstoff und Ölpalmfrüchten sowie Raps für die Biodieselproduktion. Naturfasern (vor allem Baumwolle) und Kautschuk, die im Bereich der stofflichen Nutzung mehr als 20 % ausmachen, kommen dagegen in der energetischen Nutzung nicht zum Tragen.

Im Gegensatz zu Abbildung 14, Abbildung 15 und Abbildung 16 wird im Folgenden nur der direkt genutzte Hauptrohstoff ohne Nebenrohstoffe betrachtet, dadurch verringert sich die Menge von ca. 370 Mio. auf 148 Mio. t. (energetische Nutzung) bzw. von 439 Mio. auf 176 Mio. t (stoffliche Nutzung).

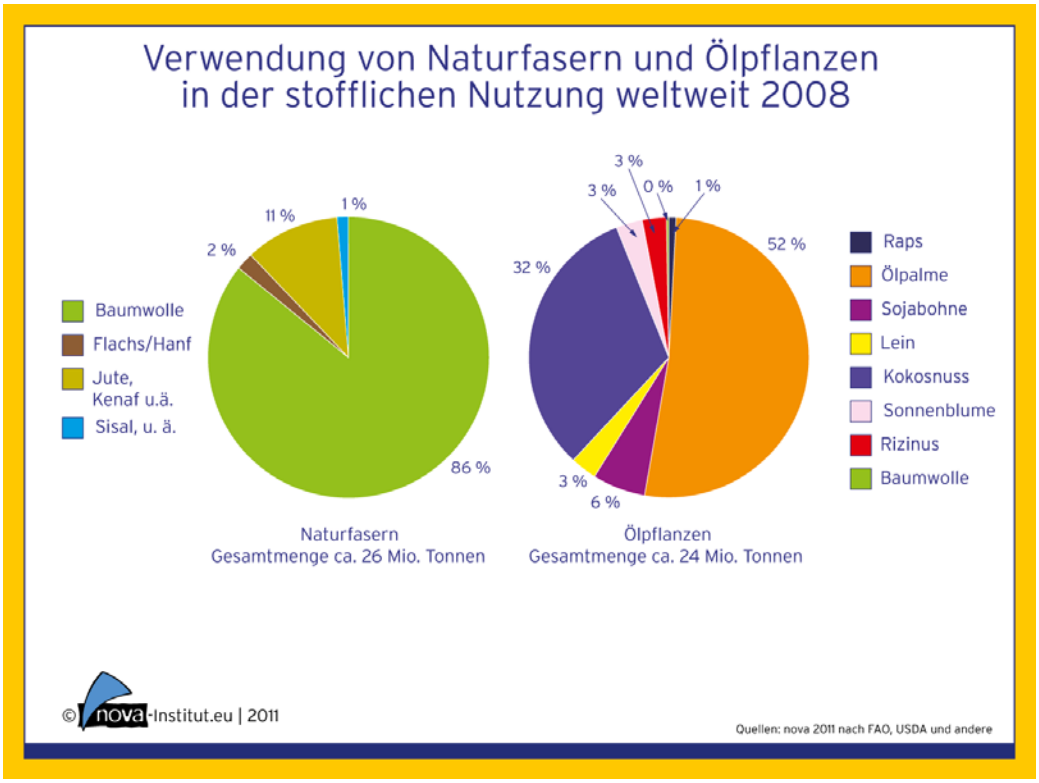
Abbildung 18: Prozentuale Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen in der stofflichen und energetischen Nutzung weltweit 2008.



nova-Institut 2011

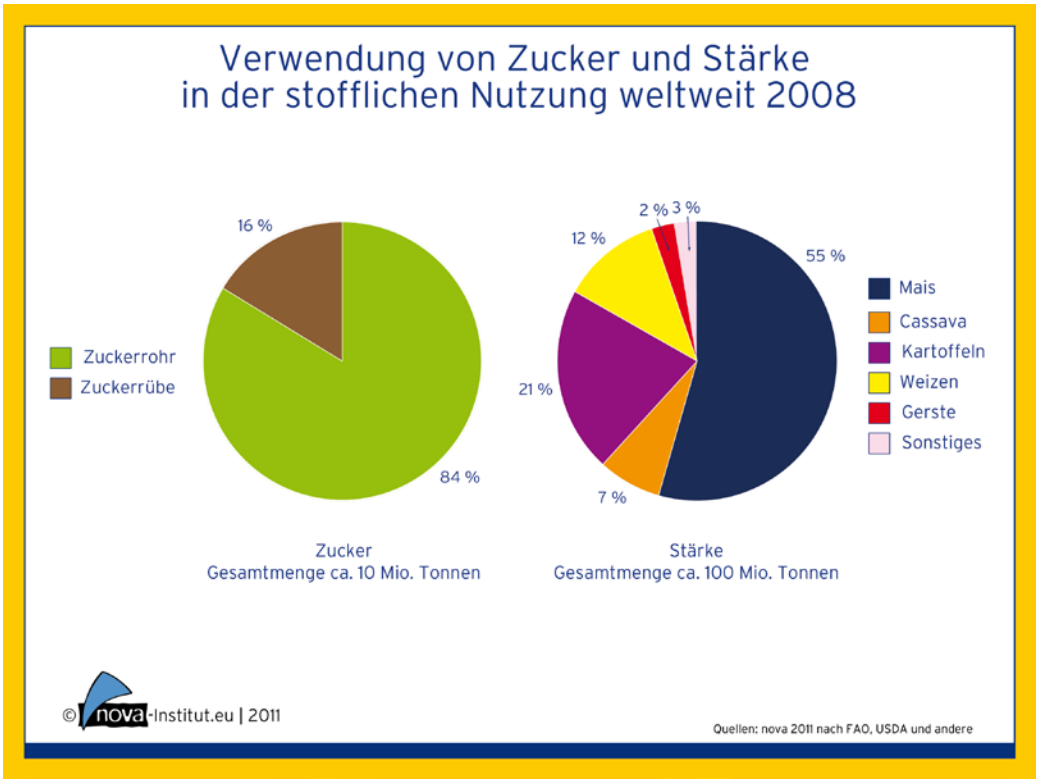
In den folgenden Grafiken werden die verschiedenen Sektoren Naturfasern, Pflanzenöle, Stärke und Zucker in der stofflichen Nutzung einzeln betrachtet, um die Zusammensetzung des Rohstoffspektrums besser zu verstehen:

Abbildung 19: Prozentuale Verwendung von Naturfasern und Pflanzenölen in der stofflichen Nutzung weltweit 2008.



nova-Institut 2011

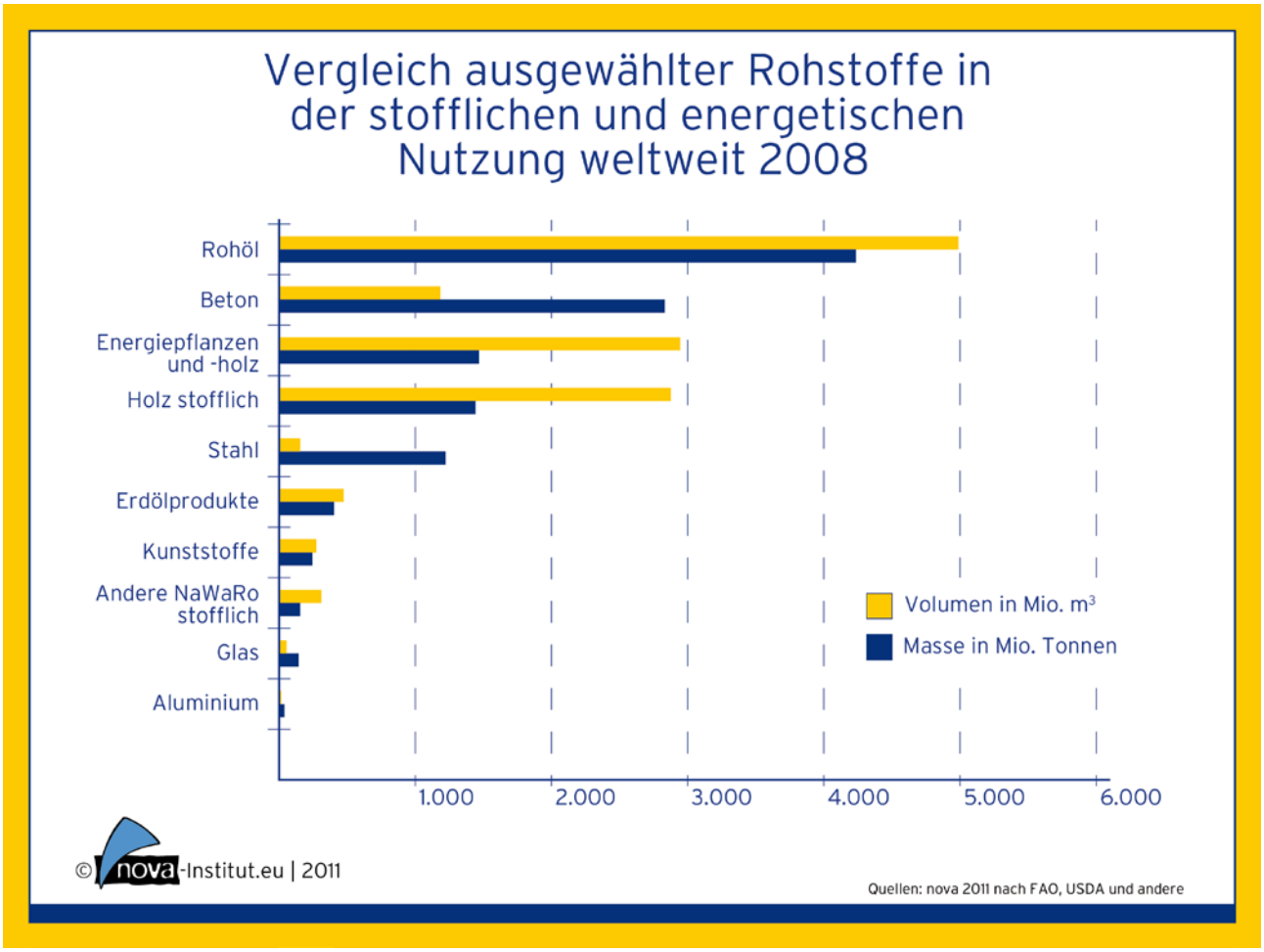
Abbildung 20: Prozentuale Verwendung von Stärke und Zucker in der stofflichen Nutzung weltweit 2008.



nova-Institut 2011

Im Vergleich zu anderen Rohstoffen, die weltweit eingesetzt werden, machen die nachwachsenden Rohstoffe, insbesondere Holz, einen sehr großen Anteil aus und sind mit anderen Rohstoffen wie Beton und Stahl in der Masse vergleichbar. Betrachtet man die diversen Volumina, liegen die nachwachsenden Rohstoffe in der Verwendung als Summe von stofflich und energetisch noch vor allen anderen Rohstoffen. Die anschließende Grafik soll dies veranschaulichen:

Abbildung 21: Vergleich ausgewählter Rohstoffe in der stofflichen und energetischen Nutzung weltweit 2008.

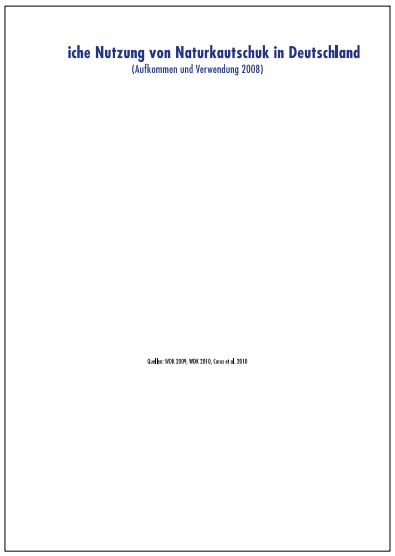


gelb: Volumen in Mio. m³; blau: Masse in Mio. Tonnen; nova-Institut 2013

In Anhang 1 befinden sich außerdem neun Flussdiagramme, die erstmalig für jeden biogenen Rohstoff den Biomassestrom von der heimischen Ernte, bzw. Importen bis hin zu den finalen Anwendungen in den Sektoren Lebens- und Futtermittel, Energie und stoffliche Nutzung zeigen. Eine Ausdifferenzierung erfolgte dabei nur für den stofflichen Bereich. Ziel sollte sein, entsprechende Flussdiagramme für die gesamte EU zu generieren, um der Biomassepolitik eine solide Datengrundlage geben zu können. Hierzu werden allerdings noch erhebliche Forschungsmittel vonnöten sein.

Abbildung 22: Flussdiagramme zur stofflichen Nutzung, Übersicht. Detaillierte Aufstellung s. Anhang 1.





nova-Institut 2013

2 Substitutionspotenziale abiotischer Rohstoffe (Arbeitspaket 2)

Leitung: IFEU

Autoren: Fehrenbach, H., Raschka, A.

2.1 Identifizierung massen- und ökologisch relevanter abiotischer Stoffströme

Die Ressourceneffizienz und das Klimaschutzpotenzial einer stofflichen Nutzung von Biomasse resultiert aus der Verknüpfung der Biomasse-basierten und der zu substituierenden, abiotisch basierten Produkterzeugung. Für die Ableitung einer Auswahl an relevanten Stoffströmen wird lt. Leistungsbeschreibung das Kriterium der mengenmäßigen Bedeutung und der ökologischen Relevanz zu Grunde gelegt. Im folgenden Kapitel wird die Grundlage für diese Relevanzentscheidung erläutert sowie eine erste Auswahl von potenziellen Substitutionspaaren getroffen – die endgültige Entscheidung erfolgt über die Effizienzanalyse in Arbeitspaket 3 (Kapitel 3).

2.1.1 Definition von Massenrelevanz und Ökologischer Relevanz

Als „massenrelevant“ werden abiotische Stoffströme eingestuft, die in großer Menge produziert werden und die durch biotische Produkte in größerem Umfang substituiert werden können. Die Basis für diese Entscheidung stellen die aktuellen Produktionsmengen der abiotischen Produkte dar, das Potenzial für biotische Produktäquivalente wird auf der Basis bestehender Technologien abgeschätzt. Es handelt es sich um all jene Rohstoffe, Zwischenprodukte und Endprodukte, bei denen Einsatzmenge und Potenzial deutlich höher als 10.000 t/a liegt.

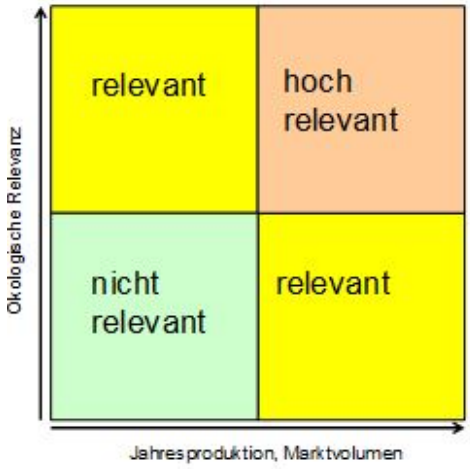
Ob ein abiotisches Produkt substituiert werden kann, hängt weiterhin davon ab, ob ein biogenes Äquivalent in ausreichend großem Umfang hergestellt werden kann. Der Umfang begrenzt sich an den in nachhaltiger Weise zu nutzenden Ressourcen – bei nachwachsenden Rohstoffen ist dies in der Regel die Fläche.

Zur Identifikation der ökologischen Relevanz ist es zweckmäßig, sich auf wenige herausragende Indikatoren zu beschränken. Ein zentraler Indikator ist dabei die spezifische **Treibhausgasbilanz** eines Produkts. Die Relevanz dieses Indikators beruht auf der globalen Wirkung der Treibhausgase und ihrem hohen Gefährdungspotenzial mit u.U. irreversiblen Folgen. Darüber hinaus gilt die Treibhausgasbilanz auch als eine mit dem Energieverbrauch und der Beanspruchung fossiler Ressourcen in weitem Umfang korrelierende Größe. Mit der Nutzung fossiler Ressourcen sind wiederum wesentliche Anteile toxischer Luftschadstoffemissionen verbunden, die versauernde oder eutrophierende Wirkung haben.

Die Treibhausgasbilanz kann somit als repräsentativ für viele Umwelteffekte bewertet werden. Deshalb gilt die Treibhausgasemission bei der Identifizierung abiotischer Stoffströme als Maßzahl für die ökologische Relevanz. Im Rahmen der Lebenswegbilanzen (Arbeitspaket 4, Kapitel 4) wird dann der breite Umfang an Wirkungskategorien für eine differenzierte Bewertung eingesetzt.

Zur Kombination von Massenrelevanz und ökologischer Relevanz soll ein einfaches in Abbildung 23 aufgezeigtes Schema dienen:

Abbildung 23: Einfaches Portfolio-Schema zur kombinierten Auswertung von Massenrelevanz und ökologischer Relevanz



IFEU 2013

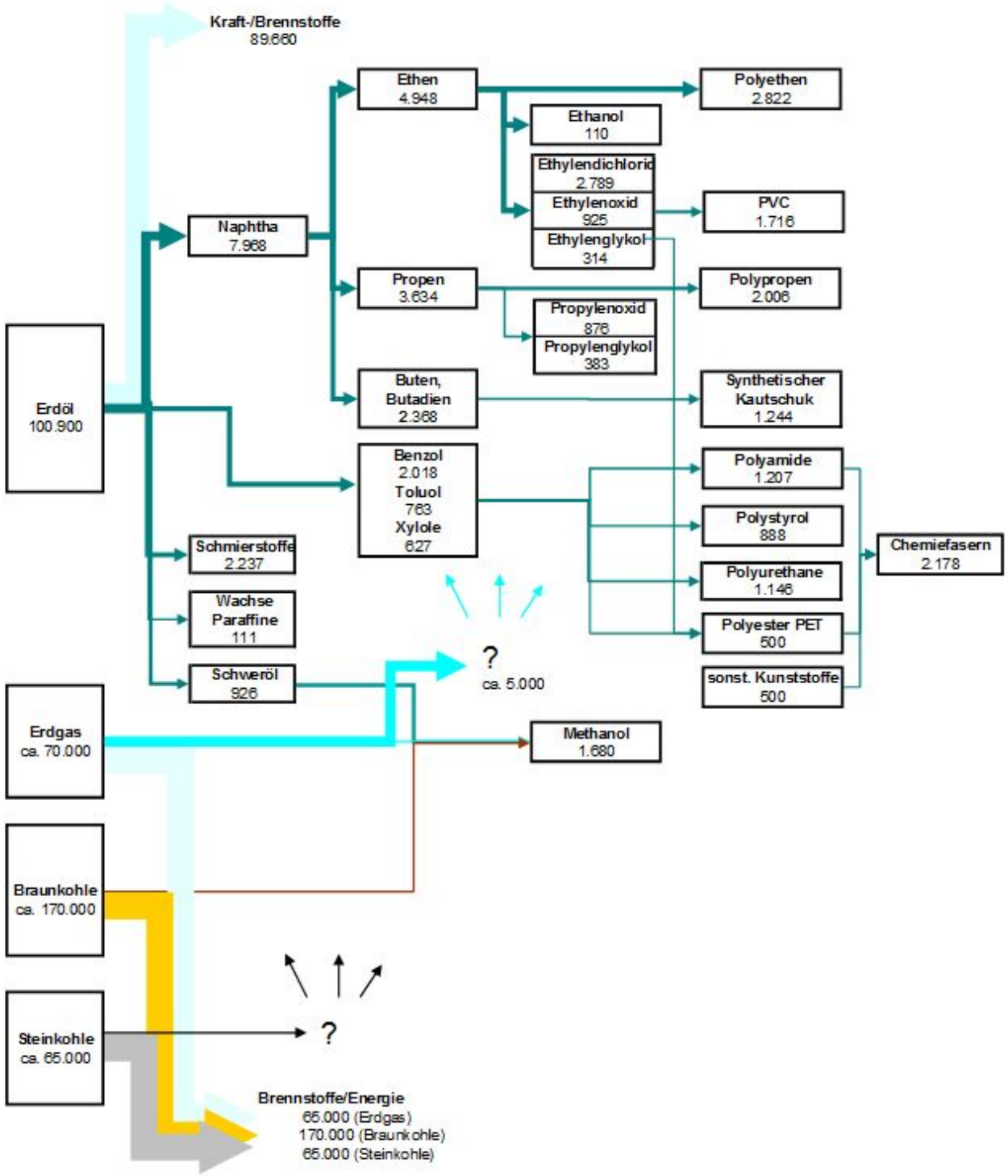
2.1.2 Darstellung relevanter abiotischer Stoffströme

2.1.2.1 Fossile Stoffströme

Die größte Gruppe der potenziell durch organische biogene Verbindungen zu substituierenden Produkte stellen organische Verbindungen auf fossiler Rohstoffbasis dar. Die fossilen organischen Verbindungen entstammen zumindest im deutschen Wirtschaftsraum zu deutlich über 90 % aus Erdöl.

In Abbildung 24 ist in Form eines Stoffflussschemas dargestellt, in welchem Umfang in Deutschland die Rohstoffe Erdöl, Erdgas und Kohle zu stofflich genutzten Produkten verarbeitet werden. Die Darstellung ist nicht als geschlossene Bilanz zu verstehen, sondern gibt anhand gesammelter Daten eine Orientierung über die Stoffströme. Im Mineralölbereich werden Daten von MWV (2010) zitiert und in den petrochemischen Bereich sowie Kunststoffe fließen Daten des VCI (2010) und Consultic (2010) mit ein. Für den Bereich Erdgas und Kohle stellt sich die Datengrundlage weit weniger nachvollziehbar dar. Aus Arbeiten für das Statistische Bundesamt ist erkennbar, dass Erdgas mit einer Menge von etwa 50 % gegenüber dem Hauptinput aus Mineralöl (Naphtha, Aromaten) in die Stoffchemie eingeht (VCI, ISI 2008). Bekannt ist dabei das Beispiel Methanol. Der Einsatz von Kohle als Grundstoff für die Chemie ist in Deutschland nicht aus genauen Daten zu entnehmen, in jedem Fall jedoch als sehr gering anzusehen.

Abbildung 24: Stoffströme auf Basis Erdöl, Erdgas und Kohle für die Produktion in Deutschland



Zahlenangaben in 1.000 t/Jahr, bezogen auf das Jahr 2008; IFEU 2013, Quellen MWV 2010, VCI 2008, DeStatis

Nach den in Abbildung 24 dargestellten Produktionszahlen der deutschen Mineralölraffinerien werden jährlich etwa 8 Mio. Tonnen Naphtha (Rohbenzin) als Grundlage für die petrochemische Verarbeitung erzeugt, was etwa 7 % aller Mineralölprodukte inkl. Kraft- und Brennstoffen entspricht. Dazu sind als direkte stofflich genutzte Erzeugnisse der Raffinerien die Schmierstoffe zu nennen, die mit jährlich ca. 2,2 Mio. Tonnen etwa 2 % ausmachen. Weiterhin

sind Wachse und Paraffine als stoffliche Produkte zu nennen (ca. 0,11 Mio. Tonnen). Schwere Rückstandsöle (ca. 1 Mio. Tonnen) dienen teilweise als Grundlage für die Methanolherstellung.

In dem Stoffstromschema sind außerdem die Mengen nach VCI für 2008 erzeugte petrochemische Produkte, bzw. weitere daraus erzeugte Grundchemikalien zusammengestellt. Die durch Cracken von Naphtha hergestellten Plattformchemikalien Ethen, Propen und Buten sind Basis für Grundchemikalien mit C2-, C3- oder C4-Struktur und stellen mit rund 11 Mio. Tonnen den größten Teil. Aus diesen Verbindungen wiederum werden durch Weiterverarbeitung weitere Grundchemikalien erzeugt, die insgesamt mehr als weitere 7 Mio. Tonnen ausmachen (über 50 % davon Vinylchlorid und Ethylendichlorid). Aromaten (Benzol, Toluol, Xylol) liegen bei 3,4 Mio. Tonnen und Methanol (entweder aus Schweröl oder Erdgas erzeugt) bei 1,7 Mio. Tonnen.

Insgesamt werden knapp 4 % der jährlich in Deutschland verbrauchten fossilen Rohstoffe stofflich genutzt. Die Basis bildet dabei hauptsächlich Erdöl. Die Herstellungskette verläuft überwiegend über mehrere Stufen von einfachen Verbindungen (z. B. Ethen), über Zwischenprodukte (z. B. Ethylenglykol) zu den stofflichen Endprodukten (z. B. Polymere oder Fasern). Substitutionsmöglichkeiten durch biogene Stoffe bieten sich grundsätzlich auf jeder dieser Ebenen.

In Abbildung 25 sind spezifische Treibhausgasemissionsfaktoren für die im Stoffstromschema von in Abbildung 24 aufgeführten Stoffe dargestellt (obere Y-Achse, schmale Balken). Diese Werte sind aus Gründen der Einheitlichkeit der Datenbank Ecoinvent entnommen und stellen einen angenommenen typischen mittleren Wert dar, der in der Realität indes je nach Anlage und Produktionstechnik erheblich schwanken kann. Viele Werte bewegen sich um den Wert 1,5 kg CO_2-Äq./kg Produkt. Ethylendichlorid erreicht einen Wert von 3 kg CO_2-Äq./kg Produkt, Propylenoxid und Propylenglykol liegen über 4 kg CO_2-Äq./kg. Methanol liegt mit 0,8 kg CO_2-Äq./kg insgesamt etwas günstiger.

Es lässt sich zusammenfassen, dass vom spezifischen THG-Wert alle genannten Produkte als ökologisch relevant einzustufen sind. Die im Falle einer Verbrennung der Stoffe am Ende des Lebenswegs auftretenden fossilen Treibhausgas-Emissionen sind in diesen Werten noch nicht enthalten.

Die Kombination der spezifischen THG-Werte mit den Produktionszahlen sind ebenfalls in Abbildung 25 dargestellt (untere Y-Achse, breite Balken). Diese Werte stellen die stoffspezifischen Frachten dar. Zu beachten ist, dass in den Stoffen der oberen Hälfte des Diagramms der Aufwand für die Erzeugung der Ausgangschemikalie (z. B. Ethen) bereits enthalten ist, eine Addition aller Balken somit wegen Doppelzählungen nicht zulässig ist.

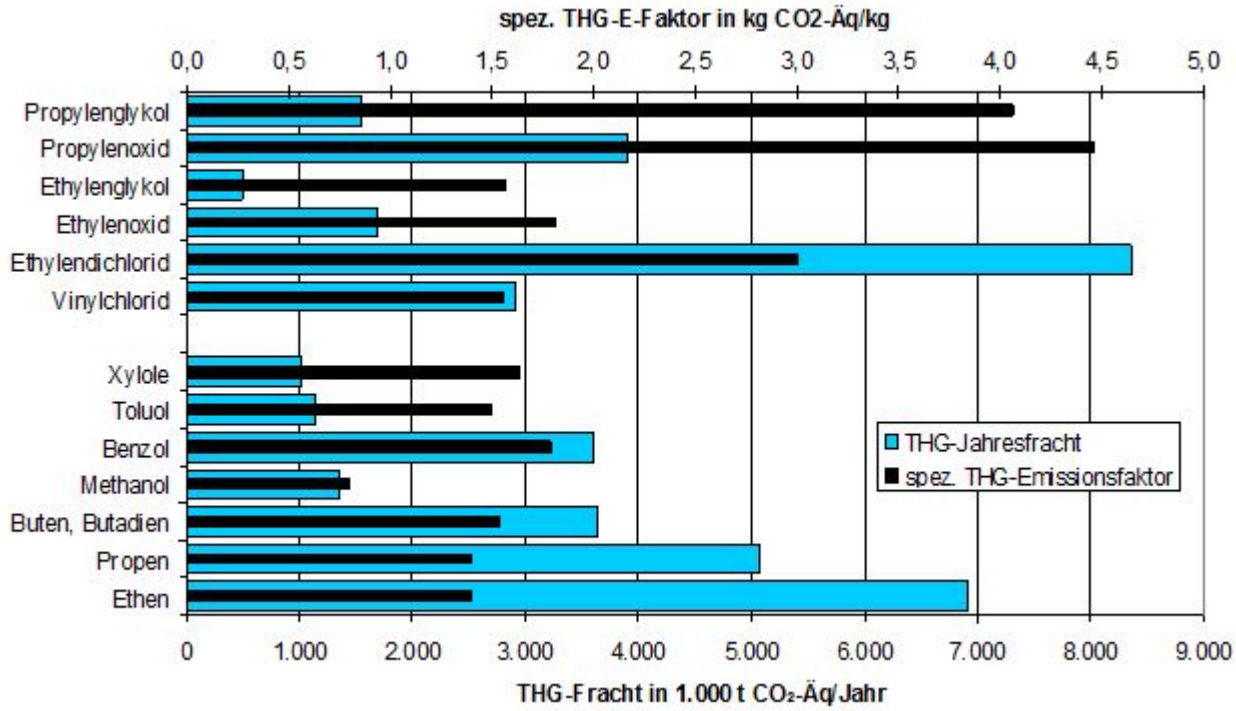
Als besonders relevant in dieser Kombination erweisen sich Ethylendichlorid und Ethen mit etwa 8, bzw. 7 Mio. t CO_2-Äq. pro Jahr. Im Weiteren folgen Propen, Buten, Benzol, Propylenoxid und Vinylchlorid im Bereich zwischen 2 und 4 Mio. t CO_2-Äq. pro Jahr.

Abbildung 26 gibt die analoge Darstellung zu chemischen Grundstoffen von höheren Verarbeitungsstufen, insbesondere primären Kunststoffen, wieder. Die Menge an in Deutschland erzeugten Kunststoffen beläuft sich insgesamt auf etwa 11 Mio. Tonnen pro Jahr. Nach den Daten von VCI (2010) nehmen davon Polyethen (Polyethylen) und Polypropen (Polypropylen) allein knapp 5 Mio. Tonnen ein.

Die Produktionsmenge an Chemiefasern liegt bei 2,2 Mio. Tonnen, synthetischer Kautschuk bei 1,2 Mio. Tonnen. Die Tenside summieren sich auf etwa 1,1 Mio. Tonnen, wobei hier auch biogene Grundstoffe in wesentlichen Anteilen bereits zu Grunde liegen.

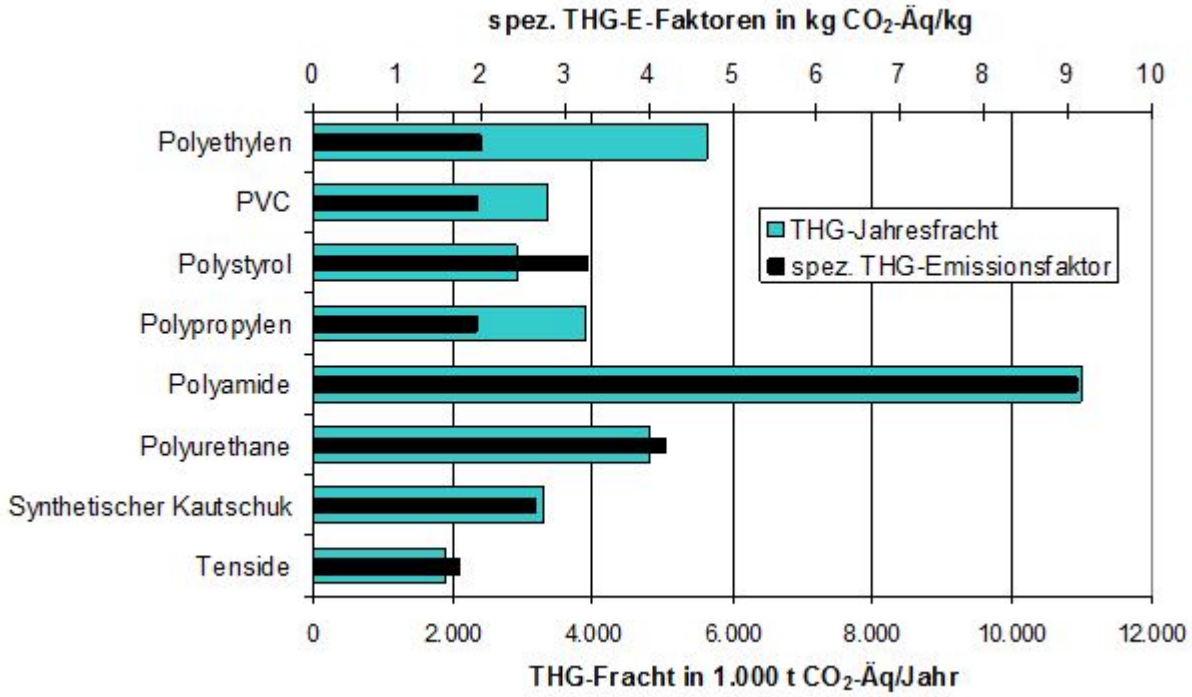
Analog zu oben sind in Abbildung 26 ebenfalls die Treibhausgasemissionsfaktoren zusammengestellt (Quelle ebenfalls Ecoinvent). Hier liegen viele Werte bei 2 kg CO_2-Äq./kg Produkt. Zu beachten ist, dass die Ausgangsmonomere bei den Kunststoffen bereits etwa 1,5 kg CO_2-Äq./kg einnehmen.

Abbildung 25: Spezifische THG-Emissionsfaktoren (Quelle: Ecoinvent) und damit errechnete Jahresfrachten der Herstellung von Basischemikalien



IFEU 2013

Abbildung 26: Spezifische THG-Emissionsfaktoren (Quelle: Ecoinvent) und damit errechnete Jahresfrachten der Herstellung von Kunststoffen und anderen synthetischen Erzeugnissen.



IFEU 2013

Deutlich höher liegen die Werte für Polyamide (9 kg CO_2-Äq./kg)[14], Polyurethane (4 kg CO_2-Äq./kg) und Polystyrol (3 kg CO_2-Äq./kg). Bei der Berechnung der Treibhausgasfrachten zeigt sich, dass in Kombination des hohen spezifischen Emissionsfaktors und der Massenrelevanz die Polyamide besonders deutlich herausragen (11 Mio. t CO_2-Äq. pro Jahr). Der Einfluss des Emissionsfaktors ist hier besonders groß. Bei den Polyamiden sind die N_2O-Emissionen bei der Herstellung über Adipin besonders wesentlich, durch neuere Produktionstechnologien liegen diese in der Tendenz heute eher bei 5 bis 6 Mio. t CO_2-Äq. pro Jahr

Auch für die Kunststoffe lässt sich zusammenfassen, dass vom spezifischen Wert alle genannten Stoffe als ökologisch relevant einzustufen sind. Insgesamt lässt sich für alle dargestellten fossilen Stoffgruppen eine Relevanz (ökologisch und/oder massenbezogen) im Hinblick auf mögliche Substitution durch biogene Stoffe erkennen. Die Substitution kann grundsätzlich auf verschiedenen Verarbeitungsebenen erfolgen. Inwieweit sie zu ökologischen Entlastungen führen können, kann jedoch erst anhand der Ökobilanz herausgearbeitet werden."

2.1.2.2 Mineralische und metallische Stoffströme

Mineralische Rohstoffe, die von biotischen Stoffen ersetzt werden könnten, sind hauptsächlich Beton und Stein, Mineralwolle sowie Glasfasern. Bei den Erzen bzw. Metallen kommen vor allem Eisen bzw. Stahl, Aluminium und Kupfer in Frage. In der folgenden Tabelle sind ein paar wesentliche Produktionszahlen zusammengefasst.

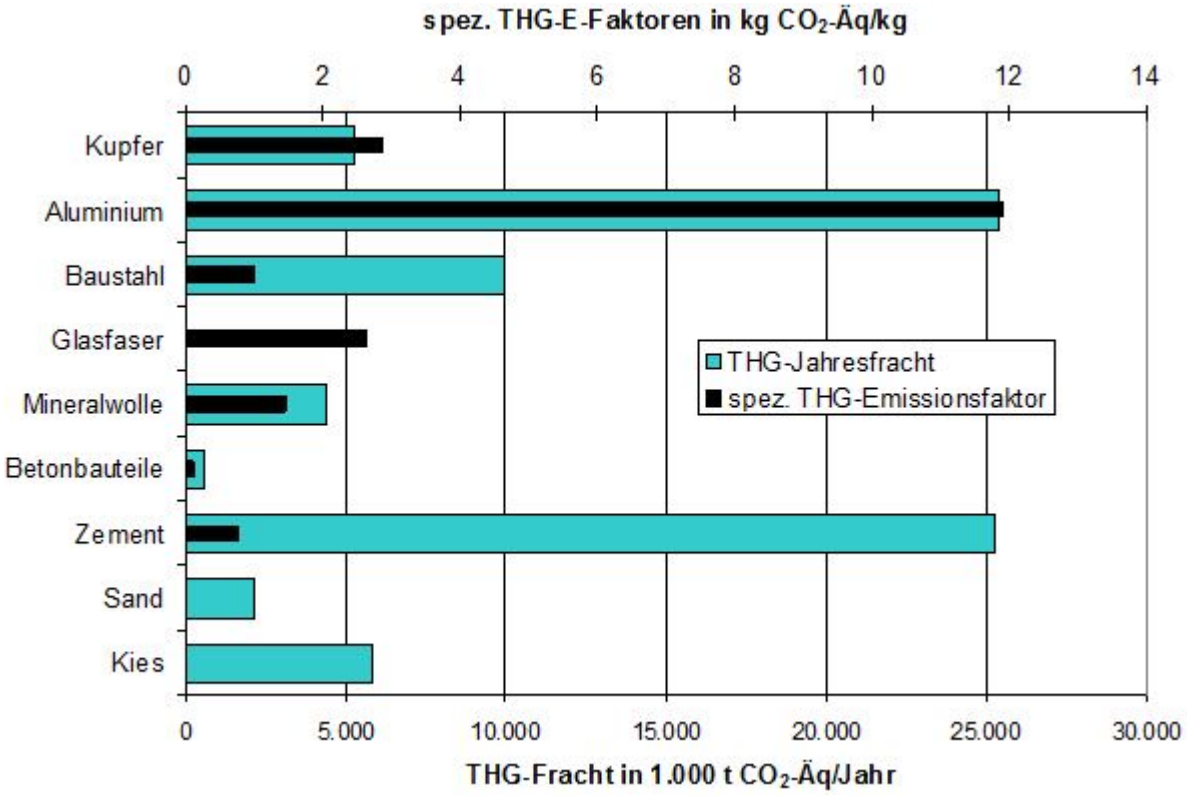
[14] Die Lachgasemissionen (N_2O) aus der Adipinsäure-Herstellung ist hier der kritische Faktor. Die Frage der Technik bringt hier erhebliche Bandbreiten mit ein. Neuere Produktionstechniken weisen erheblich geringere Emissionen auf.

Tabelle 4: Produktionszahlen für eine Auswahl an mineralischen Erzeugnissen und Metallen in Deutschland 2008

Kategorie	Produktionsmenge in Deutschland in Mio. t pro Jahr	Quelle
Kies	348,3	StaBA
Sand	132,8	StaBA
Zement	33,6	StaBA
Beton (konstruktive Fertigteile)	4,5	StaBA
Mineralwolle	3,0	BBSR
Glasfasern	0,1	IFEU
Rohstahl (gesamt)	32	StaBA
davon Baustahl	10	StaBA
Aluminium (erzeugt)	0,606	StaBA
Aluminium (importiert)	1,529	StaBA
Kupfer (erzeugt)	0,982	StaBA
Kupfer (importiert)	0,858	StaBA

Wie Abbildung 27 zeigt, weisen Zement und Aluminium die höchsten Gesamtemissionen unter den aufgeführten mineralischen und metallischen Materialien auf (jeweils ca. 25 Mio t CO_2-Äq. pro Jahr). Da Zement weitgehend zur Betonherstellung verwendet wird, fließen die Gesamtemissionen der Zementproduktion auch in das Produktsegment Beton ein. Der separat dargestellte Anteil an Betonbauteilen (als mögliche z. B. durch Holzbauteile zu substituierende Erzeugnisse) verursacht insgesamt jedoch etwa 0,5 Mio t CO_2-Äq. Dagegen ist Baustahl mit 10 Mio. t CO_2-Äq. eine relevante Größe. Auch Mineralwolle liegt im relevanten Bereich, vergleichbar mit den verschiedenen Kunststoffen.

Abbildung 27: Spezifische THG-Emissionsfaktoren (Quelle: Ecoinvent) und damit errechnete Jahresfrachten der Herstellung von mineralischen Erzeugnissen und Metallen.



IFEU 2013

2.1.2.3 Rückschlüsse aus der Betrachtung abiotischer Stoffströme

Zur Sortierung von Massenrelevanz und ökologischer Relevanz wird das in Abbildung 23 aufgeführte Schema verwendet. In Abbildung 28 sind die bewerteten Stoffströme entsprechend zugeordnet. Danach sind nach beiden Messlatten als relevant einzustufen: die Kunststoffe wie auch die Mehrzahl der Vorprodukte sowie Aluminium. Ökologisch relevant (hohe spez. THG-Emission) mit eher geringer Massenrelevanz sind u. a. Ethylengylkol, Polystyrol, aber auch Glasfasern einzustufen. Umgekehrt beruht die Relevanz von Stahl und Beton auf den erheblichen Massen.

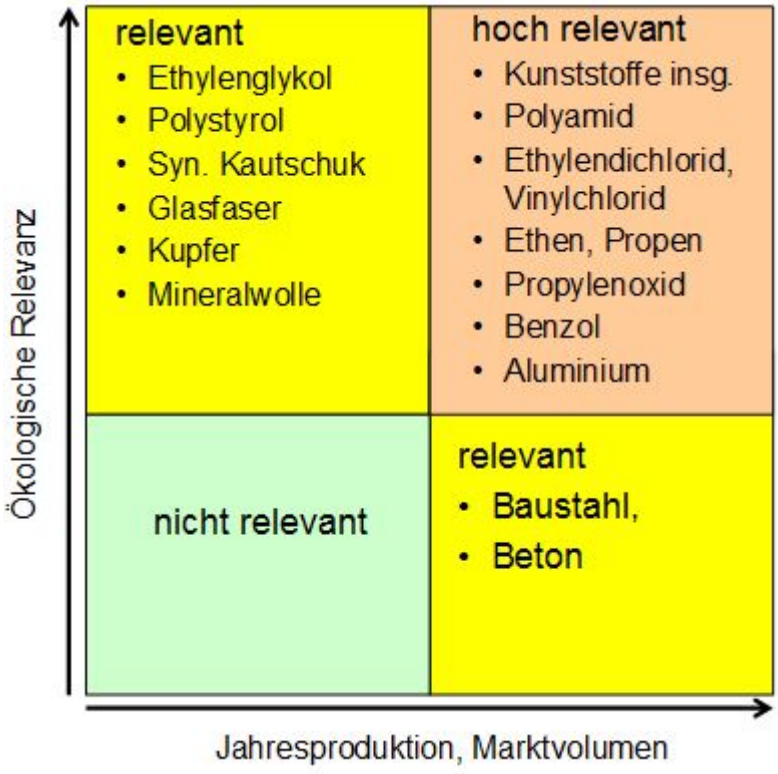
Diese Ergebnisse sind Grundlage bei der Auswahl der Vergleichspaare. Folgende Stoffe oder Stoffgruppen bieten sich zur priorischen Betrachtung an:

a) Geeignete Beispiele aus dem Komplex **Kunststoffe.**

b) einzelne petrochemische Ausgangsstoffe (z. B. Ethen) oder einfache Derivate (z. B. Ethanol)

c) Beton-, Stahl oder Aluminium-basierte Baustoffe sowie Mineralwolle als Dämmstoff

Abbildung 28: Zuordnung der analysierten Stoffströme in das Bewertungsschema



IFEU 2013

2.1.3 Identifikation geeigneter Substitutionspaare

Zur Identifikation geeigneter Substitutionspaare wurde eine Auswahl aus 10 bis 15 Paaren vorgeschlagen, von denen in der Folge jeweils drei Produktlinien aus den Bereichen Bioraffinerie (als Innovationsfeld), Nutzungskaskade sowie einfacher stofflicher Prozessketten ausgewählt wurden.

Die Paare wurden zuerst in Abstimmung der Forschungsnehmer ausgewählt und am 6. Dezember 2010 bei einem UBA-Fachgespräch diskutiert. Diese ausgewählten Produktpaare sollen auch in den nachfolgenden Arbeitspaketen (Umwelteffizienz, LCA, Volkswirtschaftliche Effekte, Nachhaltigkeitsbewertung und Szenarien) betrachtet und analysiert werden.

2.1.3.1 Bioraffinerie und andere komplexe Nutzungen

Vorgeschlagen wurden:

Produktlinien-Gruppe	Rohstoffe	Produktlinien	Substitutionspartner
Alkohole	Zucker, Stärke, (pot. Cellulose, Glycerin)	Ethanol, Butanol, Isopropanol, Propandiole	Petrochem. Alternative
Organische Säuren	Zucker, Stärke, (pot. Cellulose, Glycerin)	Milchsäure, Bernsteinsäure	Petrochem. Alternative
Kunststoffe	Zucker, Stärke	PLA, Bio-PE	Polypropylen, Polyethylen
Tenside	Zucker, Stärke, Pflanzenöle	Alkylpolyglycoside	Etablierte erdölbasierte Tenside
Zellstoff und Papier	Holz	Verpackungspapiere, Pappe	Verpackungskunststoff

Alle Paare wurden seitens der abiotischen Rohstoffverwendungen als mengen- und ökologisch relevant angenommen und verfügen über ein aus biotischer Sicht hinreichend hohes Substitutionspotenzial. In der Diskussion um die Reduzierung fielen die organischen Säuren heraus (Milchsäure doppelt sich mit PLA, für Bernsteinsäure gibt es zu wenige Daten) – es sollten also die verbleibenden vier Paare betrachtet werden. Aus dem Bereich der Alkohole und der Kunststoffe ist noch jeweils ein zu betrachtendes Produkt durch die Forschungsnehmer in Abstimmung mit dem UBA ausgewählt worden (Butanol bei den Alkoholen, PLA bei den Kunststoffen). Stärkebasierte Kunststoffe werden wegen ihrer geringeren Qualität nicht betrachtet (→ Probleme bei der Zuweisung der funktionellen Einheit).

2.1.3.2 Einfache stoffliche Nutzung

Vorgeschlagen wurden:

Produktlinien-Gruppe	Rohstoffe	Produktlinien	Substitutionspartner
Dämmstoffe	Holz, Hanffasern	Holzfaserdämmstoff, Hanffaserdämmstoff	Styropor, Glaswolle
Bioverbundwerkstoffe	Hanffasern, Holz	PP-NF (Hanffaser), WPC	GFK, Kunststoffe
Schmierstoffe	Pflanzenöle (Raps, Sonnenblume)	Schmieröle, Motoröle, Kettensägeöl	Petrochem. Alternativen
Elastomere	Naturkautschuk	Naturkautschuk in Autoreifen	Petrochem. Alternative
Holz und Holzwerkstoffe	Holz	Holzmöbel (bsp. freischwingender Stuhl)	Entsprechende Möbelstücke aus Kunststoff

Alle Paare wurden seitens der abiotischen Rohstoffverwendungen als mengen- und ökologisch relevant identifiziert und verfügen über ein aus biotischer Sicht hinreichend hohes Substitutionspotenzial. In der Diskussion um die Eingrenzung fielen die Elastomere (nur Importe, keine heimischen NaWaRo) weg, die Holzprodukte werden zudem im Bereich der Kaskadennutzung betrachtet – in diesem Bereich sollten also die verbleibenden 3 Paare betrachtet werden, wobei aus den Bereichen noch jeweils ein konkret zu betrachtendes Produkt in Abstimmung mit dem UBA ausgewählt wurde (Holzfaserdämmstoff bei den Dämmstoffen, PP-NF bei den Verbundwerkstoffen und Motoröle, bzw. Getriebeöle bei den Schmierstoffen).

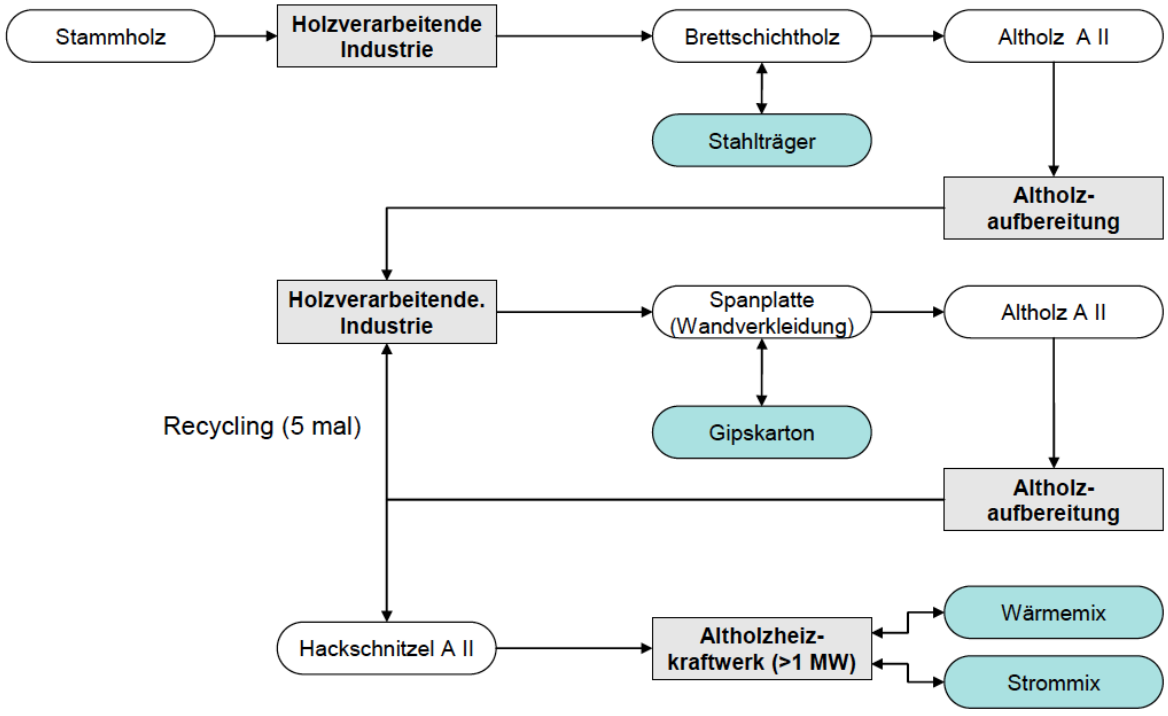
2.1.3.3 Kaskadennutzung und Verwandte

Vorgeschlagen wurden:

Produktlinien-Gruppe	Rohstoffbasis	Produktlinien/Produkte	Substitutionspartner	Begründung
Papierrecycling	Holz	Papier – Altpapier – Papier	LCA ohne Recyclingschleife	Daten weitestgehend bekannt
Holzkaskade	Holz	Vollholz – Altholz – Holzwerkstoffe	LCA ohne Kaskade LCA zu Parallelprodukten	Wurde angenommen (s.u.)
Glycerin-basierte Chemikalien (Biodiesel-NP)	Pflanzenöl bzw. Glycerin	Acrolein, Acrylsäure, Polyole	Petrochem. Glycerin und Produkten	Wurde angenommen als Nebenproduktnutzung (s.u.)
Reißbaumwolle	Baumwolle	Reißbaumwolle aus der Textilproduktion – Verbundwerkstoffe (LKW)	LKW-Bauteile aus Metall, Kunststoff, GFK	Nur Nebenstrom

Für die Betrachtung der Kaskadennutzung wurde die Holzkaskade (nach einem Entwurf von IFEU für ein Parallelprojekt)[15] ausgewählt, Recyclingprozesse wurden nicht ausgewählt.

Abbildung 29: Holzkaskade nach Vorschlag Rettenmaier



IFEU 2013

[15] Regionale Konzepte zum Ausbau der Bioenergieerzeugung aus Holz – nachhaltige und energieeffiziente Strategieentwicklung unter besonderer Berücksichtigung der Holzkaskadennutzung“ FKZ 03KB016A-C gefördert vom BMU; Projektpartner von IFEU: Institut für ZukunftsEnergieSysteme, Wald-Zentrum Westfälische Wilhelms-Universität Münster.

3 Evaluation von Wertschöpfungsketten (Arbeitspaket 3)

Leitung: IFEU

Autoren: Fehrenbach, H., Köppen, S., Hennenberg, K., Fritsche, U.

Das IFEU-Institut hat gemeinsam mit dem Öko-Institut das Arbeitspaket 3 (AP 3) „Evaluierung von Wertschöpfungsketten“ bearbeitet. Das Ziel ist es, Wertschöpfungsketten und Stoffströme im Hinblick auf ihr Potenzial zur Steigerung der Nachhaltigkeit durch eine verstärkte stoffliche Nutzung von Biomasse zu evaluieren. Dazu wurde eine Auswahl an Indikatoren getroffen und zu einer Bewertungsmetrik zusammengeführt, anhand derer die Evaluierung erfolgen soll. Zu Beginn des Projektes wurden folgende Indikatorgruppen ausgewählt:

- Ressourceneffizienz
- Umwelteffizienz
- Flächeneffizienz
- Kosteneffizienz

Wie die Auswahl zeigt, war ein wechselseitiger Austausch von Arbeitsinhalten von AP 4 (Lebenszyklusanalysen) in Hinblick auf die Indikatorgruppen Ressourcen-, Umwelt- und Kosteneffizienz sowie von AP 5 (Volkswirtschaftliche Effekte) im Sinne des Gesamtprojektes erforderlich und zweckmäßig.

Aus diesem Grund wurden im Verlaufe der Bearbeitung nicht nur die entsprechenden Daten sondern auch die konkrete Definition der Indikatoren in Abstimmung mit AP4 und AP5 fortentwickelt.

3.1 Methodischer Ansatz zur Evaluierung

3.1.1 Entwicklung der Bewertungsmetrik zur Nachhaltigkeitsbewertung

Ziel der Entwicklung der Bewertungsmetrik war es, damit eine kompakte datenbasierte Aussage zur Umwelt- und Kosteneffizienz zu treffen. Diese beiden Dimensionen bestimmen daher fundamental das gesamte Vorgehen. Ihnen untergeordnet werden jeweils ein oder mehrere Aspekte, deren Quantifizierung oder Qualifizierung über Indikatoren erfolgt, die wiederum in bestimmten Einheiten (Maßgrößen) ausgedrückt werden.

Das grundlegende Schema der Bewertungsmetrik zeigt Tabelle 5, in der die Spalten die Aspekte und Indikatoren repräsentieren und die Zeilen das jeweilige Produktsystem, das zu bewerten ist. Als Vergleichsgröße dient dabei stets ein Referenzsystem (REF).

Es sei darauf hingewiesen, dass die Indikatoren im Verlaufe des Projektes ausgehend von einem Anfangsvorschlag fortentwickelt wurden. So wurde bei der Ressourceneffizienz der KEA (kumulierter Energieaufwand, beinhaltet auch den in Stoffen noch verfügbaren Energieinhalt) dem KEV (kumulierter Energieverbrauch, drückt den energetisch verbrauchten und nicht mehr verfügbaren Energieinhalt aus) hinzugefügt.

Tabelle 5: Grundschema der Bewertungsmetrik zur Umwelt

Aspekt	Klima	Versauerung	Ressourcen					
Indikator	CO_2Äq	SO_2Äq	KEV und KEA		KRA		Landnutzung	Biodiversität
			non-renew	biogen	non-renew	biogen		
Einheit	kg/t	kg/t	$MJ_{primär}$/t		$t_{primär}$/t		m^2/t	qualitativ
REF								0
BIO1								-
BIO2								+
... usw.								0

IFEU 2013; der gewählte Output von 1 t dient nur zur Illustration einer Nutzendefinition

3.1.2 Dimension Umwelt: Aspekte Klima- und Schadstoffeffizienz

Für die Klima- und Luftschadstoffemissionen wurde jeweils ein Indikator als aggregierte Kenngröße zur Quantifizierung herangezogen: die Emissionen an Treibhausgasen (THG) und die Emissionen an versauernden Luftschadstoffen.

Andere Umweltaspekte, wie z. B. Eutrophierung oder feste Reststoffe sind typische Effekte der landwirtschaftlichen Produktion, die weitgehend unabhängig von der späteren Biomassenutzung auftreten und die überwiegend **nicht komparativ** gegenüber fossilen und mineralischen Ressourcen sind.

Tabelle 6: Indikatoren zur Umwelteffizienz – Klima und Versauerung.

Indikator	Beschreibung
Emissionen an Treibhaushausgasen (THG)	CO_2-Äquivalente basierend auf IPCC-Treibhauspotenzialen für 100 Jahre Integrationszeit
Emissionen versauernder Luftschadstoffe	SO_2-Äquivalente basierend auf EEA-Versauerungspotenzialen

IFEU 2013

3.1.3 Dimension Umwelt: Aspekt Ressourceneffizienz

Zur Bewertung der Ressourceneffizienz werden vorrangig die Indikatoren kumulierter Rohstoffaufwand (KRA) sowie kumulierter Energieverbrauch und –aufwand (KEV, KEA), jeweils unterschieden nach biogenen und nicht-erneuerbaren Anteilen, als auch die Landnutzung (Flächeninanspruchnahme) und – als qualitative Größe – der Einfluss der Landnutzung auf die Biodiversität herangezogen.

Eine Bewertung der stofflichen Ressourceneffizienz ist insbesondere mit Blick auf die Zukunftsentwicklung besonders wichtig. Eine hohe Effizienz ist dann gegeben, wenn ein hoher Anteil der Biomasse in stofflich genutzten Haupt- und Koppelprodukten aufgeht. Werden dagegen große Nebenströme energetisch genutzt, könnte diese Nutzung zukünftig effizienter aus anderen erneuerbaren Energiequellen (insb. Wind und Sonne) bereitgestellt werden – vorausgesetzt, der Ausbau der erneuerbaren Energien schreitet wie im BMU-Leitszenario angenommen voran.

An dieser Stelle ist festzuhalten, dass alle Indikatoren anhand numerischer Daten berechnet, bzw. abgeleitet werden. Eine Ausnahme stellt der Indikator zur Biodiversität dar, der nur qualitativ eingeschätzt werden kann.

Effekte auf die Biodiversität sind vor allem an Landnutzungsformen sowie deren Änderungen gekoppelt. Um den resultierenden Einfluss abzubilden, werden zwei Bewertungsansätze parallel angewandt:

- Hemerobie – Zustandsbeschreibung in 7 Klassen (IFEU 2008, Fehrenbach 2000)
- Risikoeinschätzung für negative Veränderung, Anlehnung an UNEP (2006)

Aus beiden Bewertungsansätzen wird eine qualitative Bewertung abgeleitet.

Tabelle 7: Indikatoren zur Umwelteffizienz – Ressourcenverbrauch.

Indikatoren	Beschreibung
stoffliche Ressourcen (Rohstoffe)	
KRA_{biogen}	kumulierter Rohstoffaufwand: biogene Rohstoffe
KRA_{fossil} + $KRA_{mineralisch}$	kumulierter Rohstoffaufwand: fossile und mineralische Rohstoffe
KRA_{gesamt}	gesamter kumulierter Rohstoffaufwand
energetische Ressourcen (Primärenergie)	
$KEV_{EE, bio}$ /$KEA_{EE, bio}$	kumulierter Energie-Verbrauch/Aufwand: Anbau-Biomasse
$KEV_{EE, nicht\text{-}bio}$ /$KEA_{EE, nicht\text{-}bio}$	kumulierter Energie-Verbrauch/Aufwand: erneuerbarer Primärenergien (ohne Bioenergie)
KEV_{NE} /KEA_{NE}	kumulierter Energie-Verbrauch/Aufwand: nicht-erneuerbare Primärenergien
Landnutzung und Biodiversität	
Landnutzung	gesamter Landnutzungsbedarf = Inanspruchnahme an Flächen für Anbau (Biomasse), bzw. Abbau (Erze, Mineralien) sowie für Konversion von Produkten
Biodiversität	qualitative Bewertung der Biodiversitätswirkung der Landnutzung

IFEU 2013

3.1.4 Ökonomische Dimension: Aspekt Kosteneffizienz

Als zusätzliche Indikatoren, um die Relevanz von Wertschöpfungsketten und Energie- bzw. Stoffströmen einzuschätzen, wurde in diesem Arbeitspaket der Versuch unternommen, die Bereitstellungskosten der Produkte sowie den sektoralen Umsatz (massebezogen und monetär) mit einzubeziehen. Dazu sollten die Kosten über eine vereinfachte Gestehungskostenbetrachtung, bzw. über die statistisch verfügbaren Daten (Produktpreise) oder entsprechende Schätzungen ermittelt werden.

Im Rahmen von AP5 „Volkswirtschaftliche Effekte“ wurden Umsatzindikatoren aus der Massenbilanz und statistischen Daten zu den Wirtschaftssektoren (Branchenstatistik) ermittelt. Es wurde zu Beginn der Arbeit angenommen, dass die Umsatzindikatoren mit verfügbaren statistischen (Satelliten-)Daten bestimmt werden können. Es hat sich jedoch im Ergebnis herausgestellt, dass diese Vorgehensweise nicht ausreichend ist, um volkswirtschaftliche Effekte unter akzeptablem Informationsaufwand für Substitutionsbeziehungen inklusive langfristig dynamischer Entwicklungen zuverlässig abzubilden.

3.1.5 Besonderheit der Mehrfachnutzung („Kaskade", Recycling)

Grundsätzlich wird in der Bewertungsmetrik jede Wertschöpfungskette von der Nutzungsseite betrachtet, d. h. die jeweiligen Indikatoren werden für einen definierten Output (Anwendung, wie z. B. Gebrauch eines Joghurtbechers, gedämmte Hauswand) bestimmt. Diese Output-bezogene Herangehensweise erleichtert den Vergleich zwischen biogenen und nicht-biogenen Produkten und die Berücksichtigung von Kaskadennutzung und Recycling (Recycling von Zeitungspapier reduziert die benötige Holzentnahme) als Steigerung der Nutzung.

Bei der Bewertung von Wertschöpfungsketten mit Recycling oder Kaskadennutzung oder der Verwendung von Abfall- und Reststoffen gilt zu beachten, dass Anteile des anfänglichen Stoffinputs nach der primären Nutzung in eine neue oder weitere Nutzungsphase übergehen. Je höher dieser Anteil ist, desto höher summiert sich kumulativ über die Zeitachse die effektive Vermeidung des Zugriffs auf primäre Ressourcen.

In der konsistenten Systemgrenze einer Lebensweganalyse (Ökobilanz) mit der Gleichheit der funktionalen Einheit zwischen dem System mit Mehrfachnutzung und einem Vergleichssystem ohne Mehrfachnutzung (z. B. direkte Verbrennung als Bioenergieträger) kommt dieser kumulative Faktor nicht zum Tragen. Die Unterschiede zwischen konsistenten Systemen kürzen sich immer wieder über den gemeinsamen Nenner, die funktionale Einheit, heraus, da der (einmalig genutzte) Bioenergieträger schließlich bei jedem wiederholten Einsatz mit neuer Biomasse ebenfalls äquivalente (fossile) Rohstoffe substituiert.

Durch die Output-bezogene Nutzenäquivalenz der Lebensweganalyse lässt sich somit nicht darstellen, welches Einsparpotenzial ein mehrfach genutztes Material gegenüber einem nur einfach genutzten Material in Bezug auf eine nur begrenzt verfügbare Rohstoffverfügbarkeit hat.
In Abbildung 30 ist dies in einem vereinfachten Schema dargestellt.

Abbildung 30: Schematische Darstellung des kumulativen Rohstoffverbrauchs bei wiedergenutztem und nicht wiedergenutztem Rohstoff.



IFEU 2013

Dieses Phänomen könnte beispielsweise mit einem Ressourcenstreckungs-Faktor quantifizierbar gemacht werden. Im Rahmen dieses Projektes wurde in diesem Sinne ein Faktor Mehrfachnutzung (MFN) abgeleitet, der sich aus der Recyclingrate je Nutzungszyklus und der Anzahl der „Durchläufe“ (Nutzungszyklen) ergibt. Ein Beispiel zur Berechnung des FMN zeigt die folgende Tabelle anhand zweier Systeme zur Mehrfachnutzung von Papier mit (konstanten) Recyclingraten von 0,45, bzw. 0,6.

Tabelle 8: Beispiele zur Berechnung des Faktors Mehrfachnutzung

Nutzung	Recyclingrate je Zyklus	Stoffeinsatz je Zyklus
Holz	0,45	1,00
Papier Zyklus 1	0,45	0,45
Papier Zyklus 2	0,45	0,20
Papier Zyklus 3	0,45	0,09
Papier Zyklus 4	0,45	0,04
Papier Zyklus 5	0,45	0,02
Papier Zyklus 6	0,45	0,01
Papier Zyklus 7	0,45	0,00
Papier Zyklus 8	0,45	0,00
Papier Zyklus 9	0,45	0,00
Papier Zyklus 10	0,45	0,00
	Faktor Mehrfachnutzung	**1,82**

Nutzung	Recyclingrate je Zyklus	Stoffeinsatz je Zyklus
Holz	0,6	1,00
Papier Zyklus 1	0,6	0,60
Papier Zyklus 2	0,6	0,36
Papier Zyklus 3	0,6	0,22
Papier Zyklus 4	0,6	0,13
Papier Zyklus 5	0,6	0,08
Papier Zyklus 6	0,6	0,05
Papier Zyklus 7	0,6	0,03
Papier Zyklus 8	0,6	0,02
Papier Zyklus 9	0,6	0,01
Papier Zyklus 10	0,6	0,01
	Faktor Mehrfachnutzung	**2,49**

Quelle: Eigene Berechnungen, IFEU 2013

Die entscheidende Frage ist, in welcher Weise ein solcher Faktor in die Bewertung einfließen soll. Eine frühe Überlegung im Verlauf des Projekts bestand darin, die Ergebnisse der Effizienzindikatoren bei Kaskaden und Recycling zu multiplizieren. Dies würde jedoch die Konsistenz der nach dem Ansatz der Lebenswegbilanz errechneten Werte aufheben.

Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieses Arbeitspakets von einer Beaufschlagung mit einem in dieser Weise ermittelten Faktors sowie von indikatorübergreifenden Verrechnungen abgesehen. Ein solcher Ansatz bedarf einer spezifischen vertiefenden Untersuchung und Entwicklung konsistenter Verrechnungsweisen und deren Überprüfung.

3.1.6 Systemgrenze der Betrachtung

Zu Beginn des Vorhabens wurde ein Zielansatz verfolgt, mit dem Fokus auf die Effizienz bei der Verarbeitung, die Betrachtungsgrenze auf die Verarbeitungsebene zu begrenzen. Dies hätte sowohl den Anbau der Biomasse, als auch die Unterschiede bei der Nutzung und insbesondere der Entsorgung ausgeschlossen. Dies hätte zudem vorausgesetzt, den Indikatorensatz vollständig entsprechend aller Umwelt- Ressourcen- und Kostenaspekte abdecken und mit Daten ausfüllen zu können.

Im Verlaufe des Projektes war absehbar, dass hier Lücken und Datenunsicherheiten bleiben werden. Beim Vergleich der Substitutionspaare wie auch der Beispiele untereinander hätten sich damit zahlreiche Inkonsistenzen aufgeworfen.

Als Lösung dieses Problems wurden die Ergebnisse sowohl für die Prozessebene (Verarbeitung) wie auch für den gesamten Lebensweg inklusive Entsorgung (Nachnutzungsphase) dargestellt und analysiert. Abbildung 31 zeigt die Zweiteilung der hier angesetzten Systemgrenze:

Abbildung 31: Kompartimente der Wertschöpfungskette eines biobasierten Produkts; Systemgrenze 1: der innere Rahmen mit den Verarbeitungsschritten; Systemgrenze 2: die gesamte Kette.



IFEU 2013

3.2 Anwendung der Indikatoren auf ausgewählte Wertschöpfungsketten

3.2.1 Substitutionspaare

Die Auswahl ist identisch mit den in AP4 (Lebenswegbilanzen) untersuchten Wertschöpfungsketten und ist unten in nachfolgender Tabelle aufgelistet. Im Bericht zu AP4 finden sich auch weitere Informationen zu den Systemräumen der sechs Substitutionspaare. Im Folgenden werden daher nur die rechnerischen Ergebnisse dargestellt und kurz ausgewertet.

Tabelle 9: Auswahl der bio-basierten Produkte.

Produktlinien-Gruppe	Rohstoff	Produktlinie	Substitutionspartner
Alkohole	Zucker, Stärke, Lignocellulose	1,3-Propandiol	1,3-Propandiol (petrochemisch)
Kunststoffe	Zucker, Stärke, Lignocellulose	Polylactid (PLA)	Polystyrol
Zellstoff & Papier	Holz	Verpackungspapier	Polyethylen-Folie
Dämmstoffe	Holz	Holzfaserdämmstoff	Mineralwolle

Produktlinien-Gruppe	Rohstoff	Produktlinie	Substitutionspartner
Verbundwerkstoffe	Hanf	Hanffaser-Verbundstoff	Glasfaser-Kunststoff
Holzkaskade	Holz	Vollholz – Holzwerkstoffe – thermische Nutzung	Stahlträger – Stahlblech – Strom- und Wärmemix

In nachfolgender Tabelle 10 sind alle Indikatorergebnisse zusammengefasst.

In den anschließenden Abschnitten werden die Indikatoren pro Wertschöpfungskette dargestellt und bewertet. Dabei werden die Ergebnisse jeweils für die Systemgrenzen (1. Verarbeitung, 2. gesamter Lebensweg; siehe Abbildung 31) aufgeführt.

Tabelle 10: Ergebnisse je Indikator für die ausgewählten bio-basierten Produkte.

Produktgruppe	Systemgrenze	THG-Emissionen	Emissionen versauernder Luftschadstoffe	energetische Rohstoffe (Primärenergie)						stoffliche Rohstoffe		Fläche	
		CO_2-Äq.	SO_2-Äq.	KEV_{EE}	KEV_{NE}	KEV_{gesamt}	KEA_{EE}	KEA_{NE}	KEA_{gesamt}	$KRA_{biotisch}$	$KRA_{abiotisch}$		Hemerobie-stufe
		kg/t_{Nutzen}	kg/t_{Nutzen}	$GJ_{primär}/t_{Nutzen}$	$GJ_{primär}/t_{Nutzen}$	$GJ_{primär}/t_{Nutzen}$	$GJ_{primär}/t_{Nutzen}$	$GJ_{primär}/t_{Nutzen}$	$GJ_{primär}/t_{Nutzen}$	kg/t_{Nutzen}	kg/tNutzen	m2/(t*a)	
1.3-Propandiol	Verarbeitung	2100	0,43	0,085	33,6	33,6							
	Lebensweg	1630	4,71	-0,05	26	26,0		26,8		1000	680	2350	6
fossiles PDO	Verarbeitung	*4500*	*5*	*0*	*50*	*50*							
	Lebensweg	5100	7,83	-0,11	35,7	35,59		63,7		0	1615	20	7
Polylactid (PLA)	Verarbeitung	3900	21	-16,2	53,7	37,5							
	Lebensweg	3870	23	-15,4	53,7	38,3		53,3		1000	1352	1120	6
Polystryol	Verarbeitung	*3800*	*7*	*0*	*15*	*15*							
	Lebensweg	4520	9,3	0,8	22,3	23,1		80		0	2029	11	7
Verpackungspapier	Verarbeitung	510	4,2	8,4	12,5	20,9						7500	5
	Lebensweg	67	3,1	-5	5,8	0,8		5,88		1000	149	5500	5
PE-Folie	Verarbeitung	*3000*	*7*	*1,5*	*4*	*5,5*							
	Lebensweg	4000	11	2,4	4,73	7,13		12,2		0	310	21	7
Holzfaserdämm-stoff	Verarbeitung	413	0,66	0,006	7,2	7,2							
	Lebensweg	-360	1	0,004	-3,7	-3,7		-7,9		888	-201	2700	5
Mineralwolle	Verarbeitung	*700*	*5*	*0*	*15*	*15*							
	Lebensweg	713	5,14	0	15,1	15,1		32,4		0	2802	100	7
Hanffaser-Verbundstoff	Verarbeitung	3000	12	1,4	39,3	40,7							
	Lebensweg	17400	41	1,5	264	266		287		658	7282	5500	5
Glasfaser - Kunststoff	Verarbeitung					*0*							
	Lebensweg	21500	49,5	1,4	345	346		343		0	9543	100	7
Holzkaskade	Verarbeitung	375	1,2	0,002	6,9	6,9							
	Lebensweg	43	1,4	0,001	2,2	2,2		8,9		1000	226	1270	5

Stahl, Blech, Energie	Verarbeitung	*1700*	*6*	*0*	*34*	*34*							
	Lebensweg	1764	6,3	0	34,5	34,5		61		0	24803	50	7

3.2.2 Ergebnis für 1,3-Propandiol (PDO)

Auf der Basis von Zuckerrüben hergestelltes PDO als Vertreter einer Basischemikalie weist im Vergleich mit dem fossil basierten Substitutionspartner sowohl Vor- als auch Nachteile auf.

Positiv sind die

- THG-Bilanz über den Lebensweg,
- die Versauerung,
- sowie der Rohstoffverbrauch bezogen auf die fossilen Energieressourcen, bzw. abiotischen Rohstoffe

zu Ungunsten fallen dagegen aus:

- THG-Bilanz begrenzt auf den Schritt der Verarbeitung (nachrangiger Indikator)
- Biogener Rohstoffverbrauch (wie zu erwarten)
- Flächenverbrauch inklusive der Bewertung für die Qualität der Fläche (Hemerobie VI, naturfern).

Das Bild zeigt damit keinen eindeutigen Vorteil in eine Richtung, weist jedoch deutlich auf die spezifischen Effizienzvorteile bei den übergreifenden Indikatoren hin, während ein höherer biogener Rohstoffaufwand zu erwarten ist und in der Natur der Sache liegt, ebenso wie der Flächenverbrauch.

3.2.3 Ergebnis für Polylactid (PLA)

Polylactid (PLA) als Vertreter eines Biokunststoffs (basiert auf Zuckerrübe) weist im Vergleich mit dem fossil basierten Substitutionspartner (hier Polystyrol) gleichermaßen Vor- wie Nachteile auf.

Positiv sind die

- THG-Bilanz über den Lebensweg
- und der Rohstoffverbrauch bezogen auf die fossilen Energieressourcen bzw. abiotischen Rohstoffe

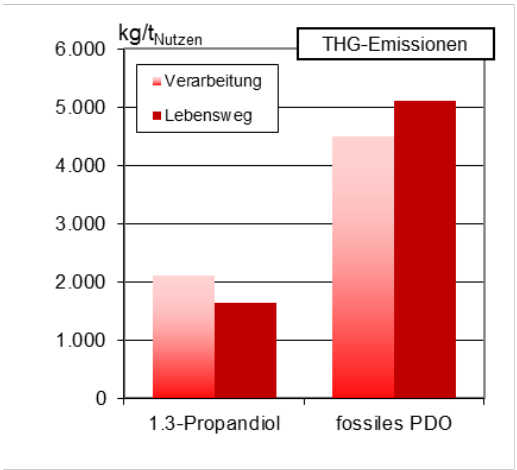
zu Ungunsten fallen dagegen aus:

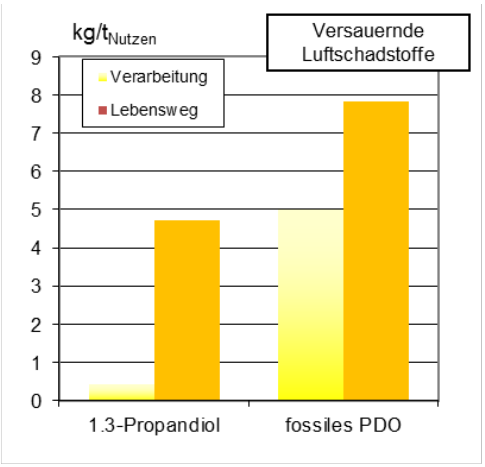
- THG-Bilanz begrenzt auf den Schritt der Verarbeitung (nachrangiger Indikator)
- Die Versauerung
- Biogener Rohstoffaufwand (wie zu erwarten) wie auch der Gesamtrohstoffaufwand
- Flächenverbrauch inklusive der Bewertung für die Qualität der Fläche (Hemerobie VI, naturfern).

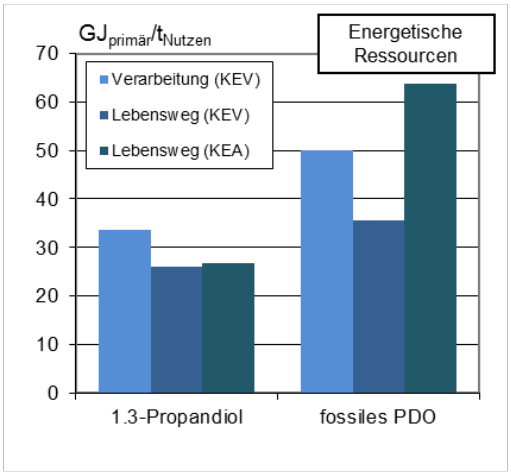
Das Bild zeigt wie bei PDO ebenfalls keinen eindeutigen Vorteil in eine Richtung, weist jedoch insgesamt weniger spezifische Effizienzvorteile bei den übergreifenden Indikatoren auf.

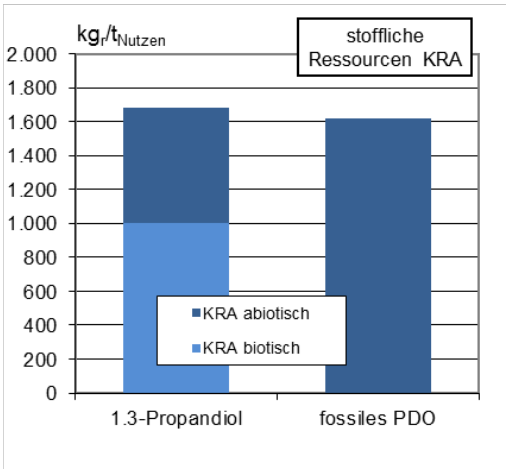
Im Vergleich zu allen anderen Substitutionspaaren fallen hier die Vorteile insgesamt geringer aus.

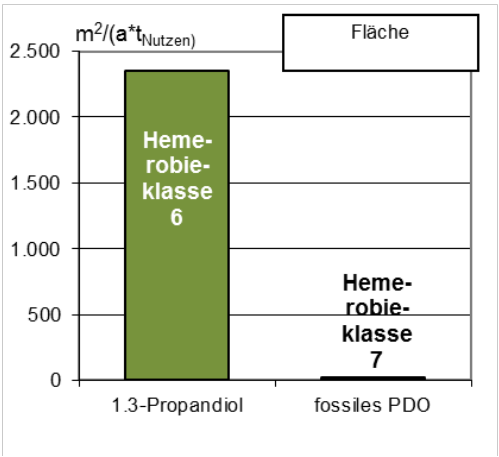
Abbildung 32: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar 1,3-Propandiol (PDO)





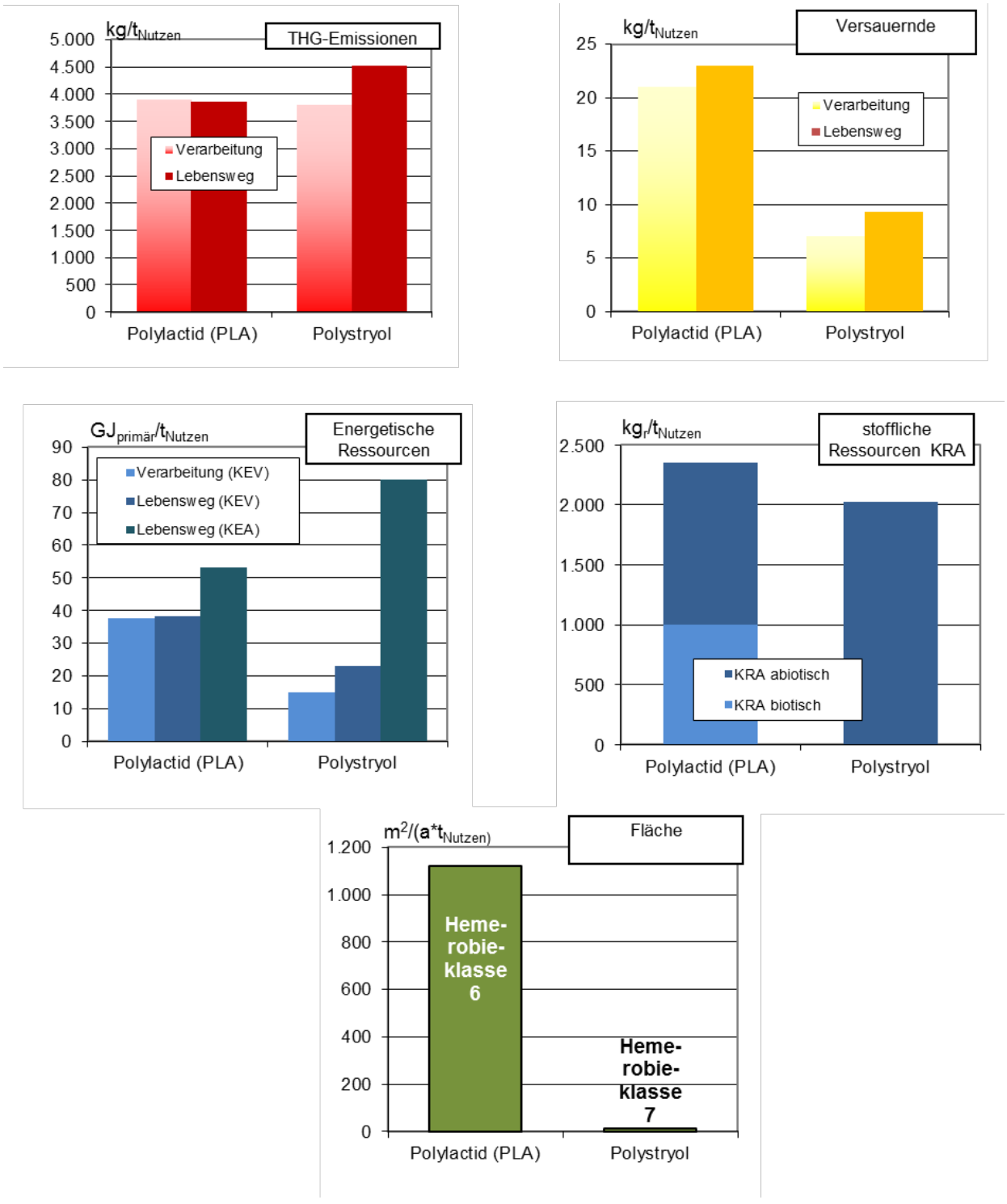






IFEU 2013

Abbildung 33: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar PLA/Polystyrol



IFEU 2013

3.2.4 Ergebnis für Verpackungspapier

Verpackungspapier als Vertreter eines Zellstoff-/Holzstoffprodukts weist im Vergleich mit dem fossil basierten Substitutionspartner PE-Folie überwiegend Vorteile, aber auch Nachteile auf. Positiv sind die

- THG-Bilanz
- die Versauerung über den Lebensweg
- sowie der Rohstoffverbrauch bezogen auf die fossilen Energieressourcen über den Lebensweg, bzw. abiotischen Rohstoffe

zu Ungunsten fallen dagegen aus:

- Versauerung begrenzt auf den Schritt der Verarbeitung (nachrangiger Indikator)
- Die fossilen Energieressourcen begrenzt auf den Schritt der Verarbeitung (nachrangiger Indikator) sowie der biogene Rohstoffverbrauch (wie zu erwarten)
- Flächenverbrauch inklusive der Bewertung für die Qualität der Fläche (Hemerobie), letztere jedoch mit höherer Qualitätsstufe für Forstfläche.

Das Bild zeigt ein Übergewicht in den Lebensweg-Vorteilen, während nachteilig nur die für alle Anbaubiomasse üblichen Aspekte festzustellen sind.

Dazu kommt der Aspekt der möglichen Mehrfachnutzung durch das Papierrecycling. Setzt man eine mögliche Recyclingquote von 60 % an, so kann der primäre Einsatz von 1 t Rohstoff über die Recyclingzyklen bis zu 2,5 t Rohstoff insgesamt substituieren.

3.2.5 Ergebnis für Holzfaserdämmstoff

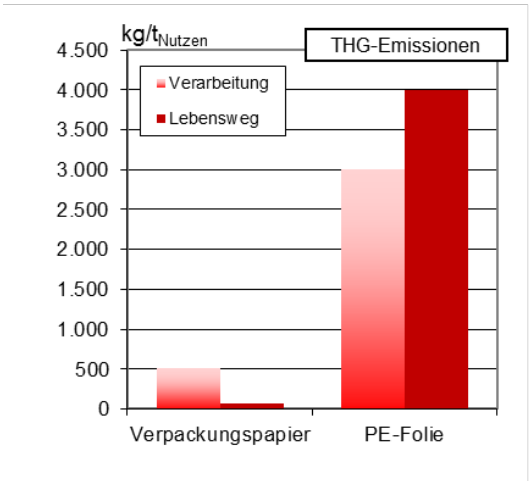
Ebenfalls als Vertreter eines Holzprodukts weist der Holzfaserdämmstoff im Vergleich mit dem fossil basierten Substitutionspartner Mineralfaser überwiegend Vorteile auf.

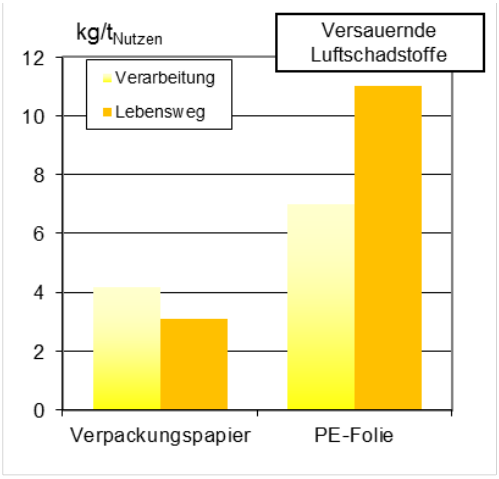
Positiv sind alle Indikatoren bis auf:

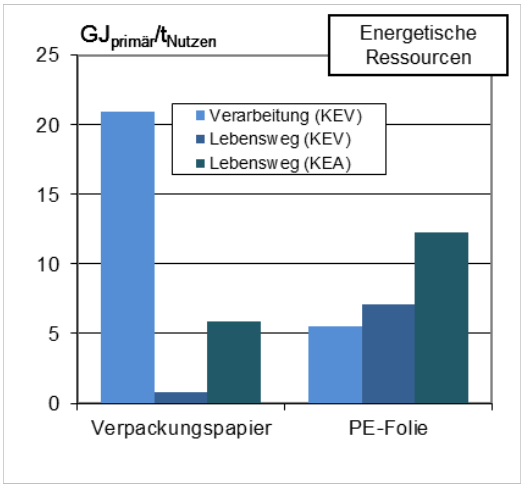
- der biogene Rohstoffverbrauch (wie zu erwarten)
- Flächenverbrauch inklusive der Bewertung für die Qualität der Fläche (Hemerobie), letztere jedoch mit höherer Qualitätsstufe für Forstfläche.

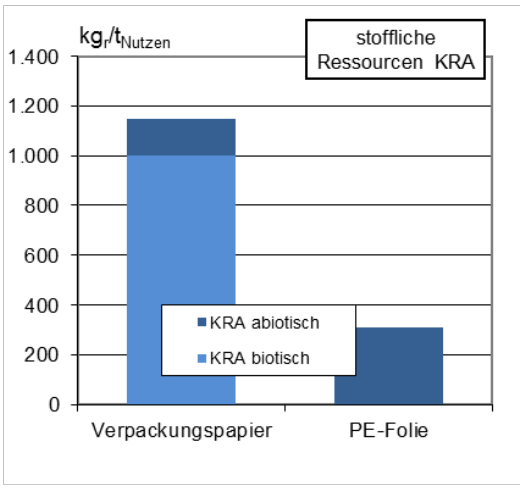
Das Bild zeigt ein Übergewicht in den Lebensweg-Vorteilen, während nachteilig nur die für alle Anbaubiomasse üblichen Aspekte festzustellen sind.

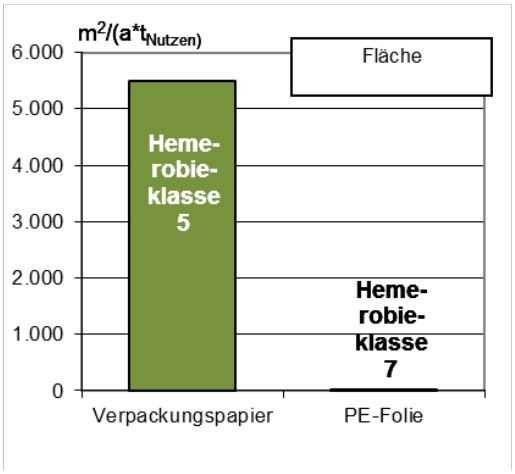
Abbildung 34: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar Verpackungspapier/PE-Folie





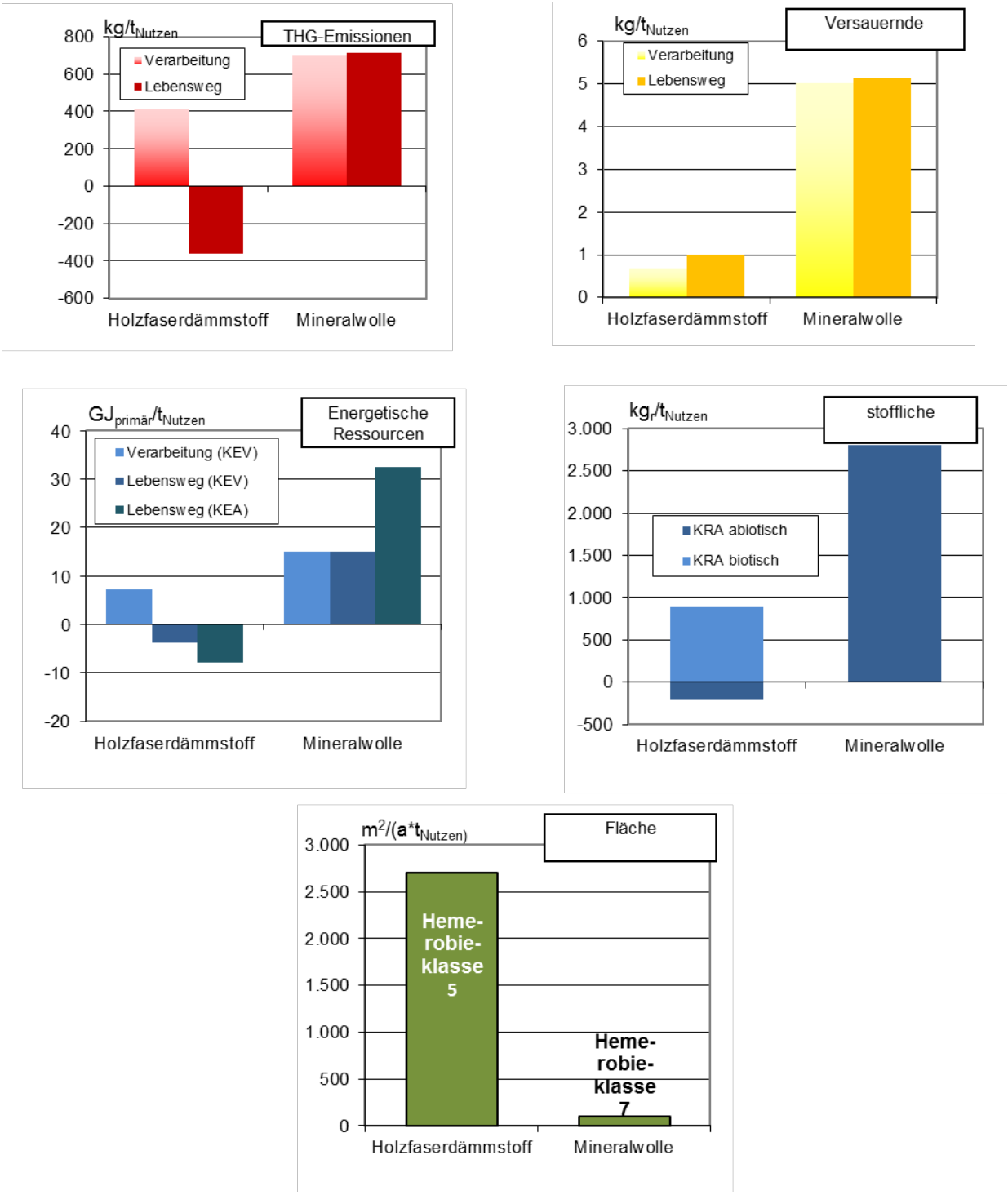






IFEU 2013

Abbildung 35: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar Holzfaserdämmstoff/Mineralwolle



IFEU 2013

3.2.6 Ergebnis für Hanffaser-Verbundstoff

Hanffaser-Verbundstoff weist im Vergleich mit dem fossil basierten Substitutionspartner Glasfaser-Verbundstoff ebenfalls überwiegend Vorteile auf.

Positiv sind alle Indikatoren bis auf:

- der biogene Rohstoffverbrauch (wie zu erwarten)
- Flächenverbrauch inklusive der Bewertung für die Qualität der Fläche (Hemerobie), letztere jedoch mit höherer Qualitätsstufe für Forstfläche.

Das Bild zeigt ein Übergewicht in den Lebensweg-Vorteilen, während nachteilig nur die für alle Anbaubiomasse üblichen Aspekte festzustellen sind.

3.2.7 Ergebnis für die „Holz-Kaskade“

Wie bereits in den beiden vorausgehenden Fällen weist auch die Holz-Kaskade (Bauholz → Sperrholzplatte → Pellets) im Vergleich mit den substituierten Systemen (Stahlträger, Blechregal, Energie) überwiegend Vorteile auf.

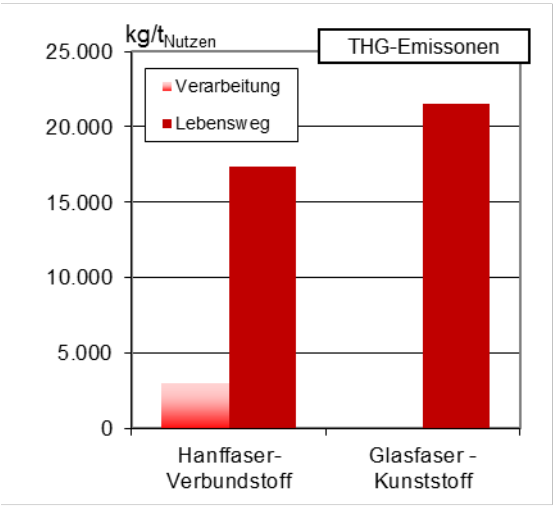
Positiv sind alle Indikatoren bis auf:

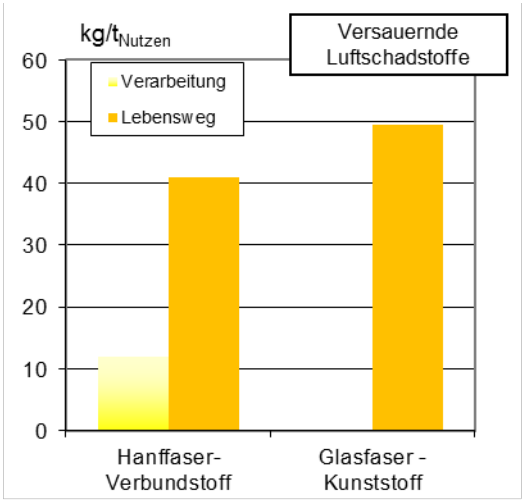
- der biogene Rohstoffverbrauch (wie zu erwarten)
- Flächenverbrauch inklusive der Bewertung für die Qualität der Fläche (Hemerobie), letztere jedoch mit höherer Qualitätsstufe für Forstfläche.

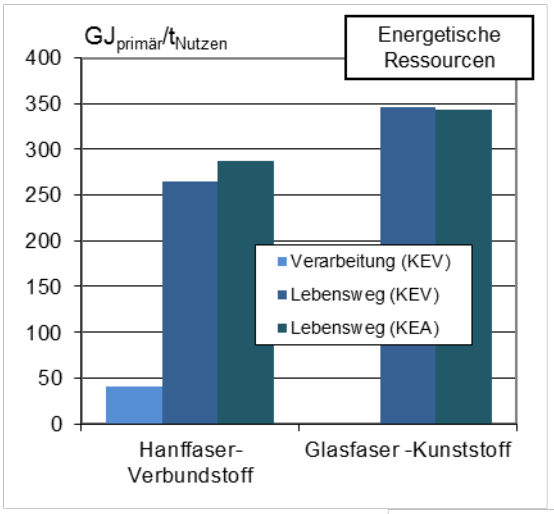
Das Bild zeigt ein Übergewicht in den Lebensweg-Vorteilen, während nachteilig nur die für alle Anbaubiomasse üblichen Aspekte festzustellen sind.

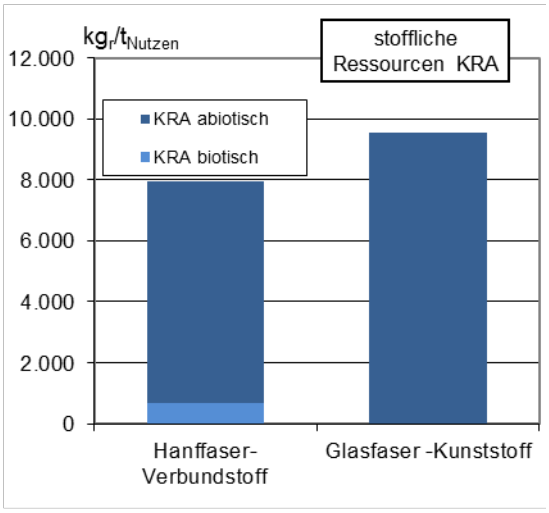
Dazu kommt der Aspekt der möglichen Mehrfachnutzung durch die Kaskade, der sich bereits teilweise in den sehr vorteilhaften Ergebnissen bei Energie- und stofflichen Ressourcen widerspiegelt.

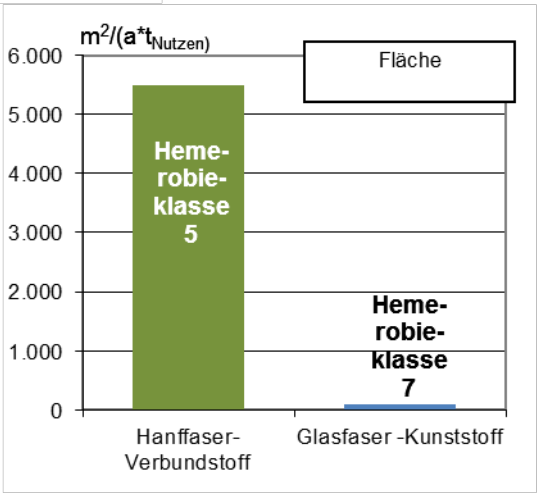
Abbildung 36: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar Hanffaserverbund/Glasfaserverbund





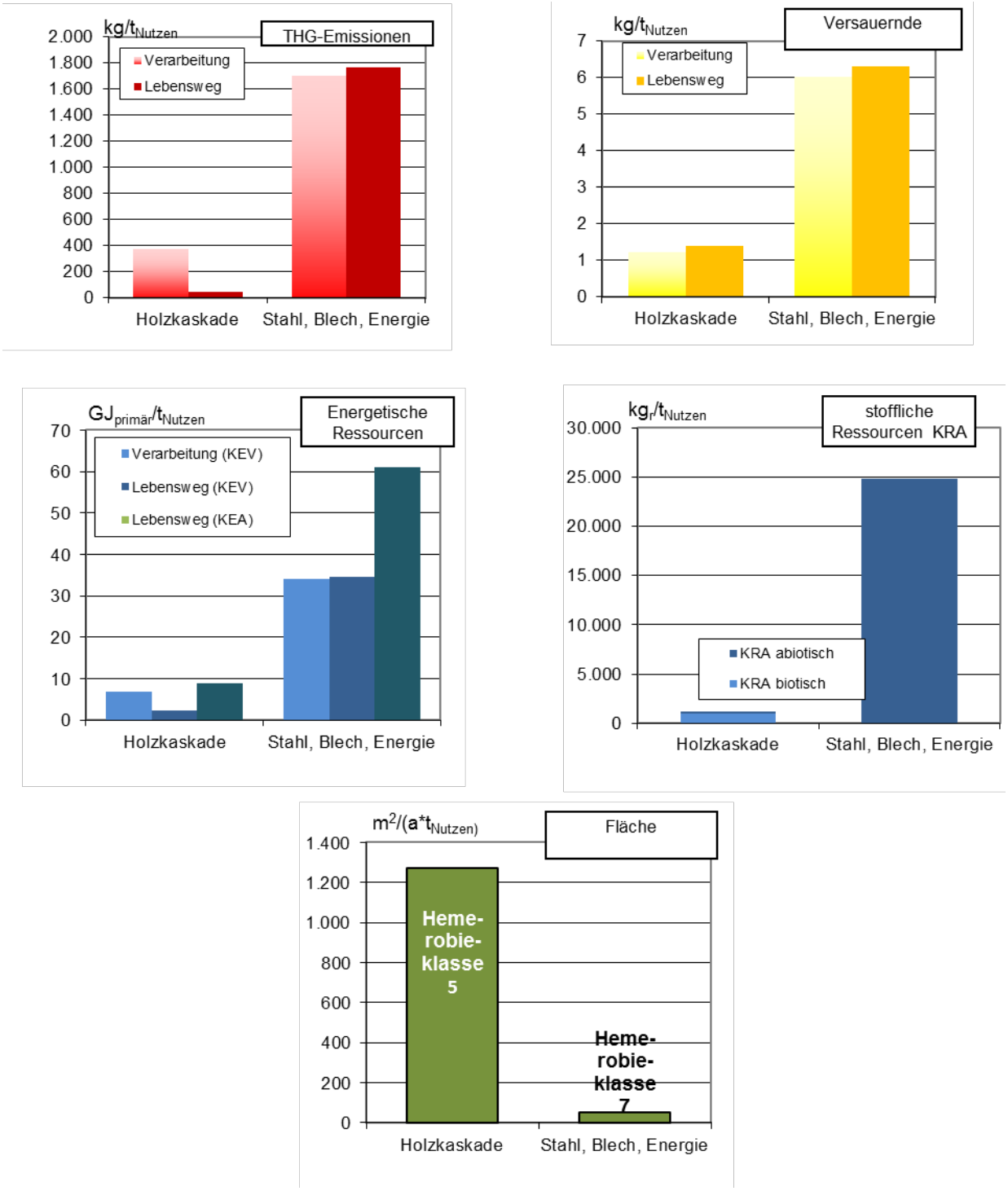






IFEU 2013

Abbildung 37: Ergebnisse der Indikatoren für das Substitutionspaar Holzkaskade/Stahl-Blech-Energie



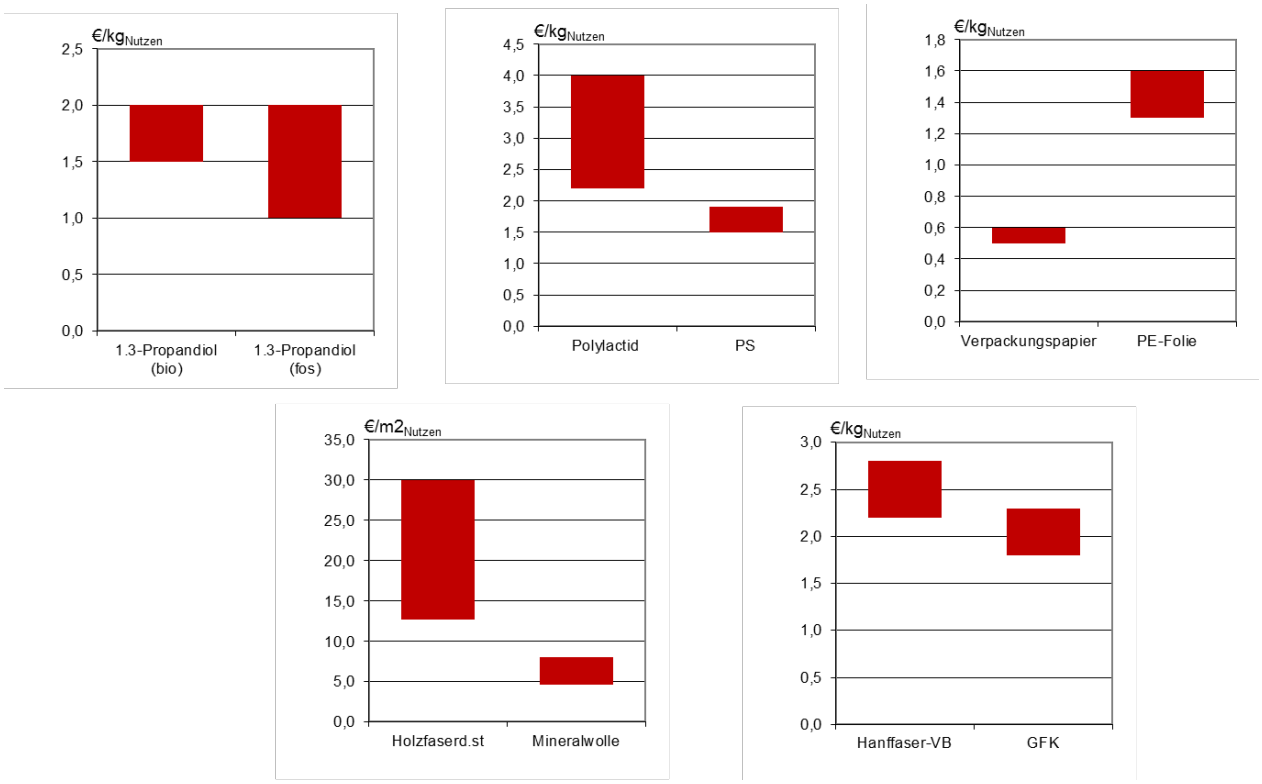
IFEU 2013

3.2.8 Überblick über Preise

In Abschnitt 3.1.4 bereits angeführt, hat sich die Anwendung von Kosteneffizienzfaktoren auf die Gesamtbewertung nicht in der erhofften Weise umsetzen lassen. An dieser Stelle werden daher der Information halber die für die Substitutionspaare recherchierten Preisspannen der einzelnen Produkte mit Ausnahme der komplexen Holzkaskade mit verschiedenen Produkten dargestellt (siehe Abbildung 38).

Aus den weitgehend durch nova erhobenen Daten ist ersichtlich, dass für einige Paare bereits heute weite Überlappung der Spannen besteht. Zu beachten ist, dass die biobasierten Produkte in der Regel mit noch vergleichsweise geringen Produktionszahlen am Anfang der Markteinführung ohne irgendwelche Förderkulissen stehen. Deswegen werden Preisüberlappungen, aber auch Unterschiede zu Ungunsten der biobasierten Produkte, die geringer als Faktor 2 sind, als günstige Ausgangslage für die bio-basierten Optionen gewertet. Bei Verpackungspapier ist sogar zu erkennen, dass die lange Etablierung am Markt hier den deutlichen Preisvorteil unterstreichen kann.

Abbildung 38: Vergleich der Preisspannen



IFEU 2013

3.3 Schlussfolgerungen

3.3.1 Ergebnisse

Wie im Arbeitspaket 4 (Lebenswegbilanzen) ausführlicher bewertet, lassen sich anhand der hier angesetzten Indikatoren für die ausgewählten biobasierten Produkte im Vergleich zu ihren jeweiligen konventionellen Referenzprodukten sowohl Vorteile als auch Nachteile aufzeigen. Wird für biobasierte Produkte Anbaubiomasse landwirtschaftlichen Ursprungs verwendet (PDO, PLA), zeigt sich eine weitgehende Ausgewogenheit zwischen Vor- und Nachteilen. Wird dagegen Holz als Ausgangsmaterial verwendet (Papier, Dämmplatte, Baustoff mit Kaskadennutzung), überwiegen die Vorteile.

3.3.2 Umsetzung für die Szenarienbewertung (Arbeitspaket 9)

Die im Rahmen dieses Arbeitspakets durchgeführte Bewertung von Einzelbeispielen hatte im weiteren die zentrale Funktion der Übertragung der Indikatoranwendung auf die

Gesamtbewertung von Szenarien, wie sie in Arbeitspaket 9 erfolgt. Die vorausgehende Zusammenstellung für die sechs Substitutionspaare hat sich dabei als praktikabel erwiesen, da für alle Indikatoren (Ausnahme die Kosteneffizienz) aussagekräftige Ergebnisse darzustellen sind.

Für die Szenarien in AP9 ist die Anwendung jedoch auf eine wesentlich breitere Palette an Produkten erforderlich. Da für alle in AP3 und AP4 nicht abgedeckten Produkte keine eigenständige Lebenswegbilanz erstellt wurde, werden in AP9 auch eine Anzahl an Daten aus anderen Studien sowie allgemeine Daten aus verfügbaren Datenbanken eingesetzt.

3.3.3 Weiterer Bedarf

Bei der spezifischen Bewertung der Mehrfachnutzung wurde der Aspekt der kumulativ vermiedenen Beanspruchung primärer Ressourcen als besonders relevant herausgearbeitet. Im Rahmen von vergleichenden Bilanzen auf der Ebene gleicher Nutzen (funktionale Einheit) stellt sich die kumulative Dimension nicht in allen Fällen mit der Deutlichkeit heraus, die eine inputbezogene Betrachtung ermöglichen würde. Für Recyclingschleifen (closed loop) ist dies bereits vielfach in Ökobilanzen umgesetzt. Für Kaskaden mit vielfältigerem Materialbezug auf der Seite der substituierten Stoffe ist dies methodisch bislang schwierig. Aus Gründen der Konsistenz können diese unterschiedlichen Betrachtungen nur parallel, nicht aber verknüpft dargestellt werden. Ein „Mehrnutzungsfaktor“ oder ein „Ressourcenstreckungsfaktor“ kann hier allenfalls als Zusatzinformation zum Ökobilanzergebnis hinzugefügt werden. Um die Effekte auf der notwendigen gesamtheitlichen Ebene analysieren zu können, bedarf es einer umfassenden Bilanz aller mit den Kaskaden verknüpften Stoffströme. Dies geht über den Rahmen dieses F+E-Projektes jedoch hinaus.

4 Lebenszyklusanalysen für ausgewählte bio-basierte Produkte (Arbeitspaket 4)

Leitung: IFEU

Autoren: Rettenmaier, N., Detzel, A., Keller, H., Kauertz, B., Gärtner, S., Reinhardt, J.

4.1 Einleitung

4.1.1 Hintergrund

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens soll u. a. geklärt werden, welchen Beitrag bio-basierte Produkte zur Versorgungssicherheit und zum Klimaschutz leisten können. Dieser Frage geht das ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (kurz: IFEU) im Arbeitspaket 4 „Lebenszyklusanalyse“ nach, in welchem die Umweltwirkungen der stofflichen Biomassenutzung analysiert werden sollen.

Aufgrund der beinahe unbegrenzten Anzahl von Möglichkeiten, Biomasse für stoffliche Zwecke zu nutzen, wurden in AP 2 des Forschungsvorhabens (Substitutionspotenziale abiotischer Rohstoffe) geeignete Fallbeispiele ausgewählt. Dazu wurde ein Screening aller abiotischen Produkte durchgeführt, um diejenigen zu identifizieren, deren Substitution durch bio-basierte Produkte eine signifikante Umweltentlastung darstellen würde. Durch Kombination von Massenrelevanz und ökologischer Relevanz (spezifische Treibhausgasbilanz) wurde für die abiotischen Produkte die jeweils verursachte Jahresfracht an Treibhausgasemissionen ermittelt. Ziel war es, für die hoch relevanten Produkte in verschiedenen Produktlinien-Gruppen geeignete bio-basierte Substitute zu finden, welche a) bereits hergestellt werden und für welche b) bereits (Übersichts-)Ökobilanzen vorliegen. Auf diese Weise wurden insgesamt sechs Fallbeispiele ausgewählt, die in der folgenden Tabelle 11 aufgelistet sind.

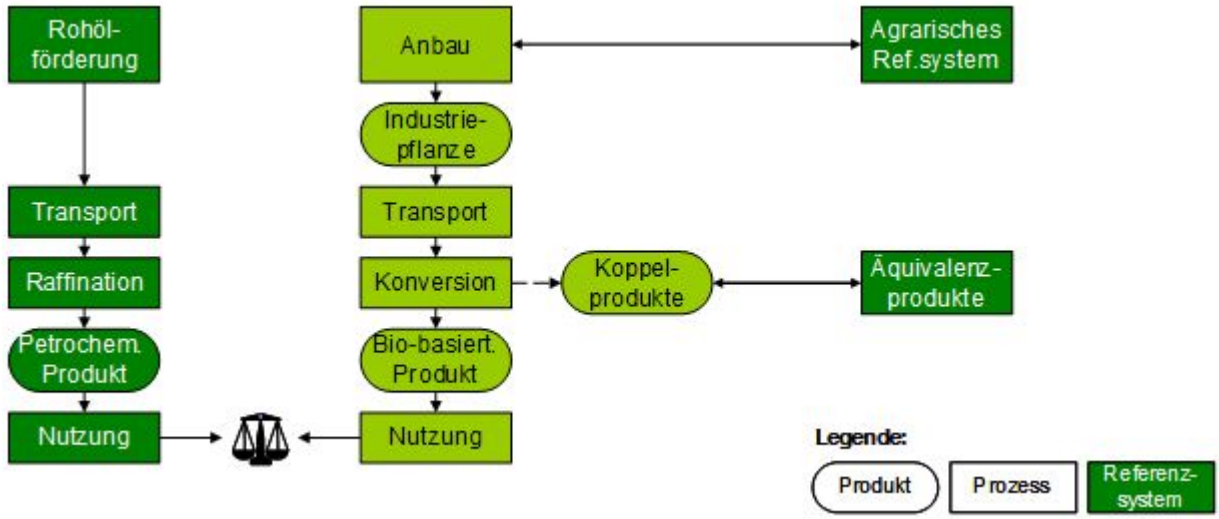
Tabelle 11: Auswahl der bio-basierten Produkte

Produktlinien-Gruppe	Rohstoff	Bio-basiertes Produkt	Substitutionspartner
Alkohole	Zucker, Stärke, Lignozellulose	1,3-Propandiol	1,3-Propandiol (petrochemisch)
Kunststoffe	Zucker, Stärke, Lignozellulose	Polylactid (PLA)	Polystyrol
Zellstoff & Papier	Holz	Verpackungspapier	Polyethylen-Folie
Dämmstoffe	Holz	Holzfaserdämmstoff	Mineralwolle
Verbundwerkstoffe	Hanf	Hanffaser-Verbundwerkstoff	Glasfaser-Kunststoff
Holzkaskade	Holz	Vollholz – Holzwerkstoffe – thermische Nutzung	Stahlträger – Stahlblech – Strom- und Wärmemix

4.1.2 Grundsätzliche Vorgehensweise

Für die in AP 2 ausgewählten Fallbeispiele wurden in AP 4 so genannte Übersichts-Ökobilanzen (übersichtsartige Lebenszyklusanalysen) in Anlehnung an die ISO-Normen 14040 und 14044 durchgeführt (ISO 2006). Die Bilanzierung der bio-basierten Produkte erfolgte im Rahmen dieses Forschungsvorhabens grundsätzlich im Vergleich zu den jeweiligen abiotischen Substituten (konventionellen Referenzprodukten), jeweils unter Berücksichtigung des vollständigen Lebenswegs (siehe Abbildung 39).

Abbildung 39: Schematischer Lebenswegvergleich zwischen einem bio-basierten und einem konventionellen (petrochemischen) Produkt.



© IFEU 2013

4.1.3 Ziel der Untersuchung

Im Rahmen dieser Untersuchung sollen die Umweltwirkungen der stofflichen Biomassenutzung anhand einiger ausgewählter Fallbeispiele quantifiziert werden. Der Schwerpunkt der Analyse liegt dabei weniger auf der Ermittlung nachkommastellengenauer Ökobilanzergebnisse, als vielmehr auf

- den methodischen Besonderheiten bei der stofflichen Nutzung von Biomasse und
- der Identifikation der Ergebnis bestimmenden Parameter, deren Einfluss mittels Sensitivitätsanalysen bestimmt werden sollte.

Aus diesem Grund wird für jedes bio-basierte Produkt eine Reihe von Varianten untersucht. Im Gegenzug wird die Anzahl der untersuchten Fallbeispiele auf sechs begrenzt.

Mit Hilfe der o.g. Elemente sollen nach Möglichkeit eine ökologische Einschätzung der stofflichen Biomassenutzung getroffen und Empfehlungen für Entscheidungsträger gegeben werden.

Ursprünglich sollte im Rahmen dieser Untersuchung auch geprüft werden, inwiefern die methodischen Vorgaben zur Treibhausgas-Bilanzierung in Anhang V der Europäischen Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EE-RL, 2009/28/EG) (EU 2009) auch auf stofflich genutzte Biomasse (bio-basierte Produkte) anwendbar sind. Aufgrund inhaltlicher Überschneidungen wurde jedoch beschlossen, die Ergebnisse dieser Analyse in den Bericht zu AP 6 (Ableitung eines Systems zur Nachhaltigkeitsbewertung) aufzunehmen.

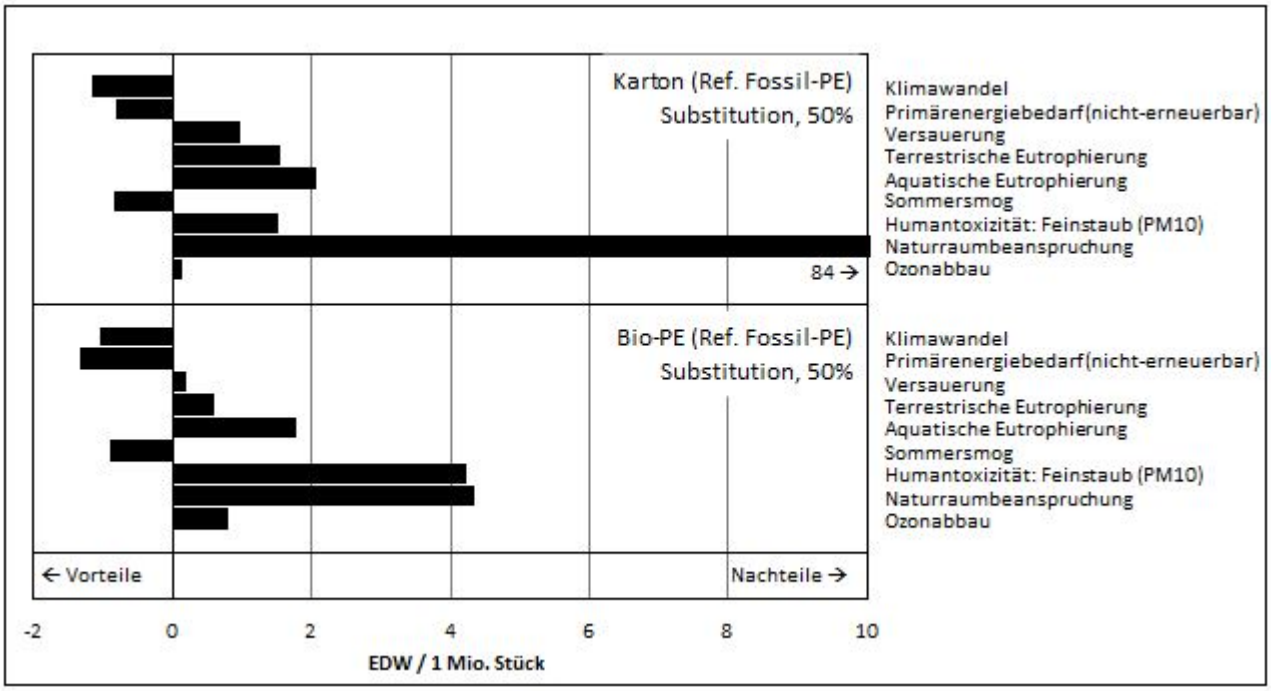
4.2 Ergebnissynopse und Fazit

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Übersichts-Ökobilanzen in einer kurzen Zusammenfassung dargestellt, welche nach Themen und nicht nach Fallbeispielen geordnet ist. Eine ausführlichen Ergebnisdarstellung für die einzelnen Fallbeispiele findet sich in der Langfassung dieses Berichts in Anhang 4 (Rettenmaier et al. 2013).

4.2.1 Quantifizierung der Umweltwirkungen

Alle ausgewählten bio-basierten Produkte weisen im Vergleich zu ihren jeweiligen konventionellen Referenzprodukten sowohl ökologische Vorteile, als auch Nachteile auf (Abbildung 40).

Abbildung 40: Ökobilanzergebnisse für Spaghettiverpackungen aus Karton und Bio-PE im Vergleich zu Spaghettiverpackungen aus fossilem LDPE.



Die Ergebnisse wurden auf die jeweiligen Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) normiert
© IFEU 2013

Vorteile ergeben sich in der Regel bei der Schonung nicht-erneuerbarer Energieträger und bei der Verringerung des Treibhauseffekts[16], teilweise auch beim Sommersmog. Wird zur Herstellung der bio-basierten Produkte Anbaubiomasse landwirtschaftlichen Ursprungs verwendet, treten in den meisten anderen Wirkungskategorien tendenziell Nachteile auf. Dieses Muster ist bereits von vielen Ökobilanzen für Biokraftstoffe bekannt und unterstreicht die Notwendigkeit, für eine gesamtökologische Beurteilung neben Treibhauseffekt und nicht-erneuerbarem Energieaufwand eine Reihe weiterer aussagekräftiger Wirkungskategorien einzubeziehen. Wird dagegen Holz verwendet, schneiden die bio-basierten Produkte – mit Ausnahme von Verpackungspapier – auch in den Wirkungskategorien Versauerung und Eutrophierung vergleichbar mit oder besser als die konventionellen Referenzprodukte ab.

Unabhängig von der Art des biogenen Rohstoffs weisen biobasierte Produkte im Vergleich zu den konventionellen Referenzprodukten eine hohe Naturraumbeanspruchung[17] auf. Letztere könnte ggf. durch eine Kaskadennutzung verringert werden, da auf diese Weise mehr

[16] Gilt nur unter der Prämisse, dass keine Kohlenstoffbestandsänderungen als Folge von Landnutzungsänderungen (z.B. Umwandlung von Grünland in Ackerland) auftreten (siehe Kapitel 2.4 in der Langfassung (Rettenmaier et al. 2013), Anhang 4).

[17] Eine Bewertung auf der Ebene der Wirkungsabschätzung wurde nicht durchgeführt (siehe Kapitel 2.4 in der Langfassung /Rettenmaier et al. 2013/).

Produktnutzen pro Einheit Biomasse, bzw. pro Flächeneinheit erzielt wird. Eine Einzelfallprüfung ist hier jedoch unerlässlich.

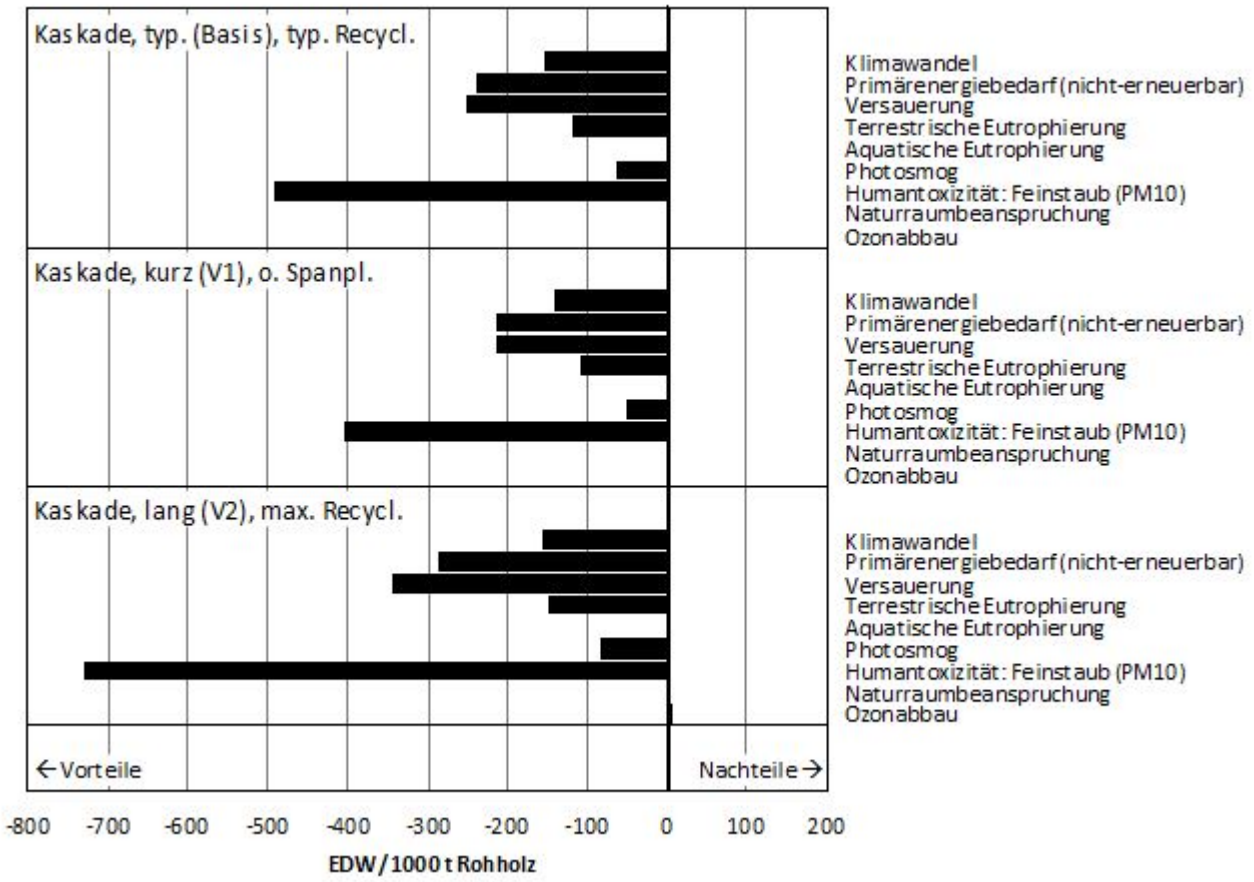
Für ein abschließendes Ergebnis des ökobilanziellen Vergleichs wäre nach ISO eine weitergehende Auswertung erforderlich. Dies kann – wie bei der UBA-Methode zur Bewertung von Ökobilanzen – eine auf Werthaltungen basierte Ordnung und Priorisierung der untersuchten Wirkungskategorien notwendig machen. So würde sich in Anlehnung an die UBA-Methode für die meisten der betrachteten Fallbeispiele insgesamt kein eindeutiger ökobilanzieller Vor- oder Nachteil ableiten lassen (Tabelle 12). Diese Aussage gilt jedoch nicht für die Fallbeispiele Klappdeckelschalen aus Weizenstroh-basiertem PLA (Szenario „Zukunft“) sowie Holzfaserdämmstoff und die Holzkaskade, bei denen sich – zumindest für die Wirkungskategorien mit sehr hoher ökologischer Priorität – ökobilanzielle Vorteile ergeben.

Tabelle 12: Nettoergebnisse der untersuchten Karton- bzw. bio-PE-Systeme im Vergleich zum LDPE-Sytem

	Spaghettiverpackungen aus Frischfaserkarton vs. Spaghettiverpackungen aus LDPE	Spaghettiverpackungen aus bio-PE vs. Spaghettiverpackungen aus LDPE
Sehr hohe ökologische Priorität		
Klimawandel	Geringer	Geringer
Hohe ökologische Priorität		
KEA (nicht-erneuerbar)	Geringer	Geringer
Sommersmog	Geringer	Geringer
Versauerungspotenzial	Höher	Kein Unterschied
terrestrische Eutrophierung	Höher	Höher
Humantoxizität (Feinstaub PM10)	Höher	Höher
Mittlere ökologische Priorität		
aquatische Eutrophierung	Höher	Höher
stratosphärischer Ozonabbau incl. N_2O	Höher	Höher
Mittlere ökologische Priorität im Sinne einer Rangbildung		
Naturraumbeanspruchung	Höher	Höher

Ein Vergleich zwischen stofflicher und energetischer Biomassenutzung wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nur mittels eines Exkurses vorgenommen, da sich die Hauptfragestellung in AP 4 auf den ökobilanziellen Vergleich von biobasierten und konventionellen Produkten bezog. Abbildung 41 zeigt, dass die stoffliche Nutzung besser abschneidet als die energetische. Ähnliche Ergebnisse finden sich in der Literatur: die Netto-Treibhausgaseinsparungen bezogen auf die Fläche liegen bei stofflicher Biomassenutzung in einer ähnlichen Bandbreite wie bei energetischer Nutzung, in einigen Fällen auch deutlich darüber (Dornburg et al. 2003, Reinhardt et al. 2007, Rettenmaier et al. 2010).

Abbildung 41: Ökobilanzergebnisse für unterschiedliche Warenkörbe an Holzprodukten (Brettschichtholz, ggf. Spanplatte sowie ggf. Energie) im Vergleich zur direkten energetischen Nutzung in bestehenden Heiz(kraft)werken.



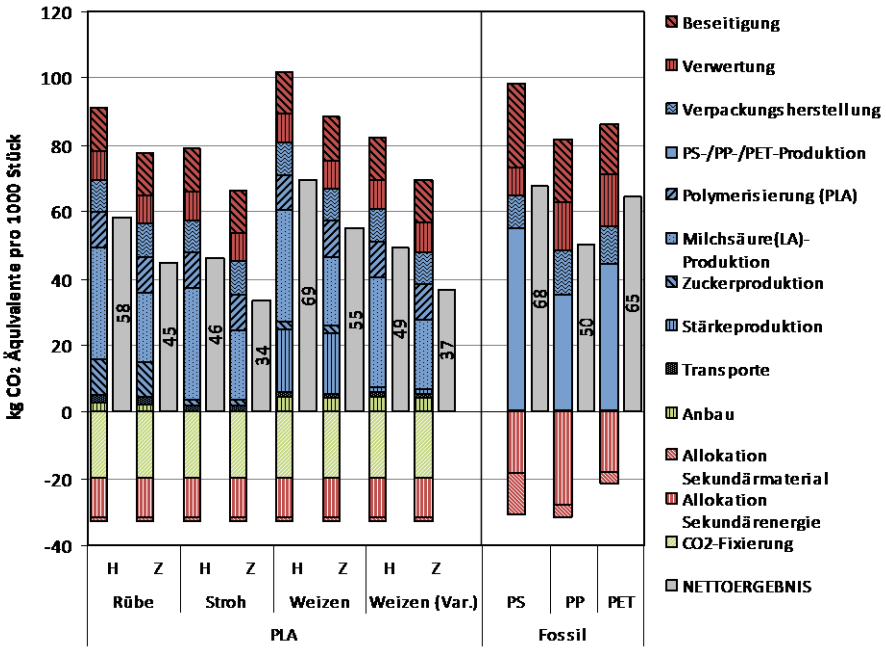
© IFEU 2013
Die Ergebnisse wurden auf die jeweiligen Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) normiert

4.2.2 Ergebnis bestimmende Parameter

Abhängig vom jeweiligen bio-basierten Produkt und der betrachteten Wirkungskategorie bestimmen unterschiedliche Parameter das Ergebnis der Ökobilanz. Die nachfolgend aufgeführten Parameter können sich in unterschiedlichem Maß auf das Ergebnis auswirken.

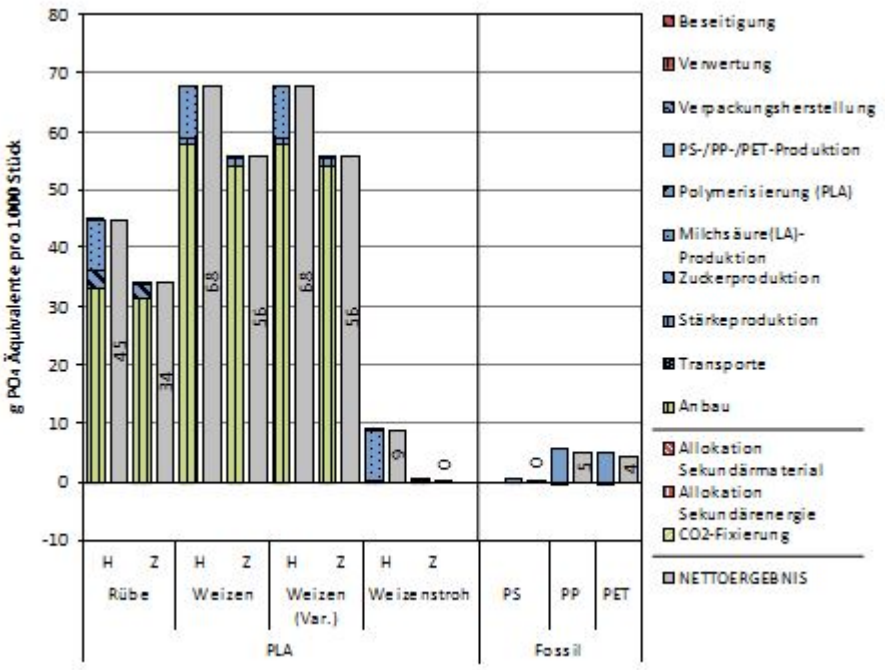
Erfahrungsgemäß spielt die Gewinnung der Biomasse bei vielen biobasierten Produkten eine maßgebliche Rolle, v.a. im Hinblick auf diejenigen Wirkungskategorien, die durch land- und forstwirtschaftliche Prozesse dominiert werden (z. B. Versauerung und Eutrophierung) (Abbildung 42, Abbildung 43).

Abbildung 42: Sektorale Darstellung der Ökobilanzergebnisse für die Umweltwirkung Klimawandel für 1.000 Klappdeckelschalen in kg CO_2-Äquivalenten



© IFEU 2013

Abbildung 43: Sektorale Darstellung der Ökobilanzergebnisse für die Umweltwirkung Aquatische Eutrophierung für 1.000 Klappdeckelschalen in kg PO_4-Äquivalenten

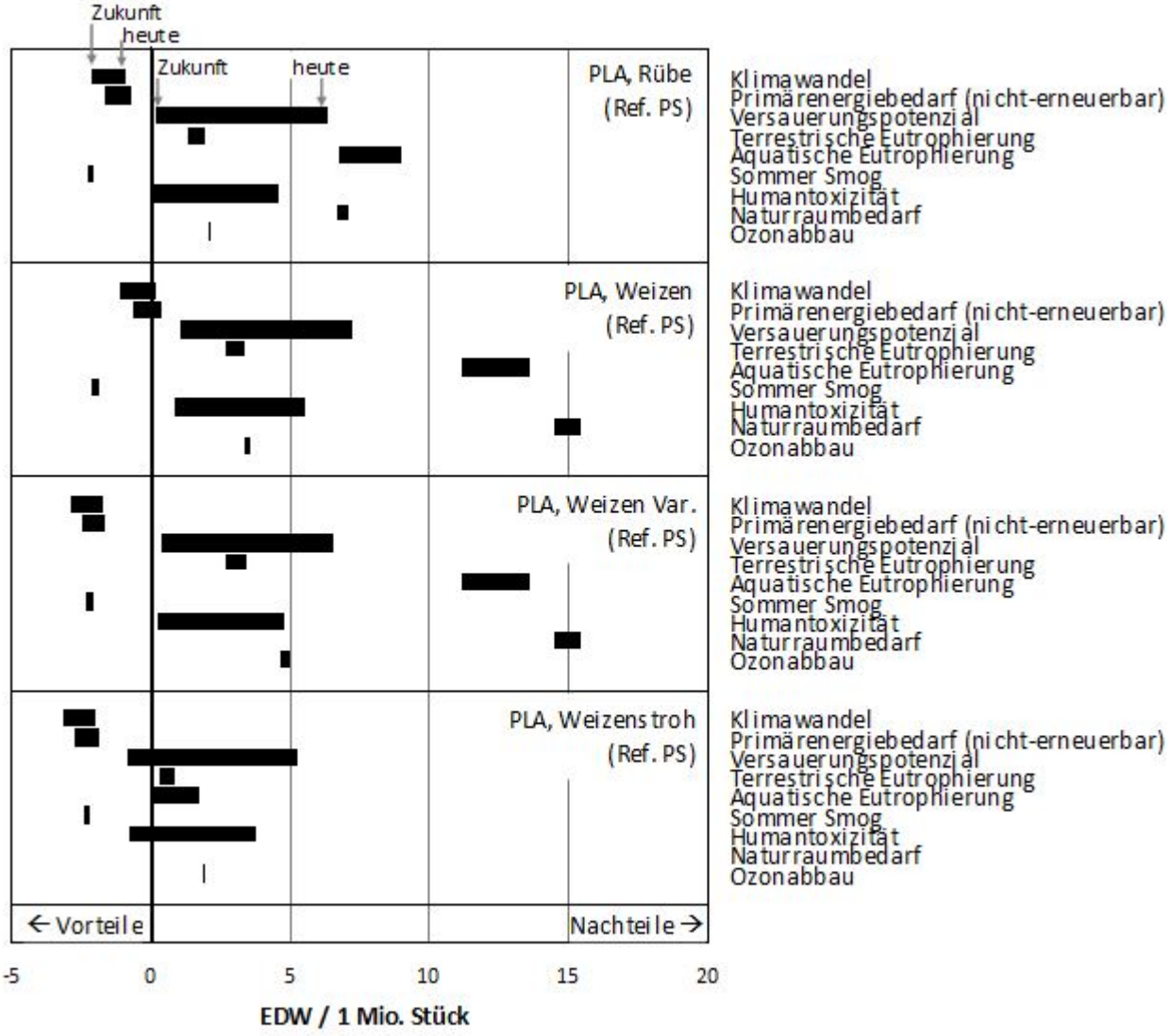


© IFEU 2013

Neben der Gewinnung der Biomasse sind die Aufwendungen für das anvisierte bio-basierte Produkt sowie die mit dem konventionellen Referenzprodukt verbundenen Umweltlasten von großer Bedeutung. Die Kombination aus beiden beeinflusst die Höhe der gesamten

Umweltwirkungen oft in entscheidendem Maß (Abbildung 44). Dies stellt einen großen Unterschied zu den Biokraftstoffpfaden dar, bei denen die Art der Biomasse sowohl den Bioenergieträger (d. h. das Produkt), als auch das konventionelle Referenzprodukt quasi vorzeichnet (aus Zucker- und Stärkepflanzen wird Bioethanol hergestellt, welches Ottokraftstoff ersetzt, aus Ölpflanzen wird Biodiesel produziert, welcher Dieselkraftstoff ersetzt).

Abbildung 44: Ökobilanzergebnisse für 15 g Klappdeckelschalen aus PLA im Vergleich zu den 15 g Klappdeckelschalen aus PS. Die Ergebnisse wurden auf die jeweiligen Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) normiert



© IFEU 2013

Darüber hinaus haben die Nutzungsphase, sowie – bei Verwendung der Gutschriftenmethode – die Art der Koppelproduktnutzung (z. B. bei Auto-Innenverkleidungen aus Hanffaser-Verbundwerkstoff) meist einen deutlichen Einfluss auf die Ergebnisse.

Die Einbeziehung des Lebenswegabschnitts Entsorgung (Verwertung und/oder Beseitigung) ist für bio-basierte Produkte häufig unabdingbar. Anhand der Klappdeckelschalen aus Polylactid (PLA) konnte beispielsweise gezeigt werden, dass sie derzeit nicht durch die etablierte Verwertungs- bzw. Recyclingstruktur für Standardkunststoffe erfasst werden, da der PLA-Massenstrom (noch) zu klein ist, um eine eigene Sortierfraktion zu rechtfertigen. Daher erzielen Klappdeckelschalen aus PLA deutlich geringere Gutschriften für die Verwertung und

Beseitigung (Nutzung von Sekundärmaterialien und Sekundärenergie) als solche aus fossilen Kunststoffen.

4.2.3 Methodische Besonderheiten

Im Gegensatz zur energetischen Nutzung von Biomasse[18] ist es bei der stofflichen Nutzung von Biomasse aufgrund der Vielzahl von Produkten und damit verbundenen Nutzen nicht möglich, eine einheitliche funktionelle Einheit zu bestimmen. Die funktionelle Einheit muss folglich für jede vergleichende Ökobilanz in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Fragestellung eigens festgelegt werden (Tabelle 13).

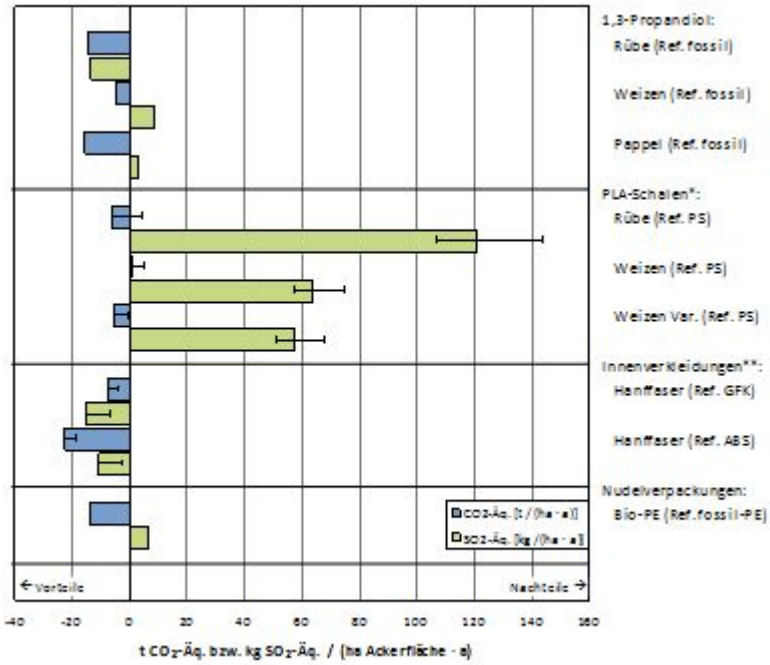
Tabelle 13: Betrachtete Lebenswegvergleiche und gewählte funktionelle Einheiten

Lebenswegvergleich	Funktionelle Einheit
1,3-Propandiol (PDO) aus Zuckerrübe, Weizen und Pappel vs. fossiles PDO	1.000 kg 1,3-Propandiol (PDO)
Polylactid (PLA) vs. PS, PP und PET	1.000 Klappdeckelschalen für 500 ml Ware
Karton vs. Folienverpackung aus petro-LDPE, bzw. bio-PE	Verpackung für 500 g Spaghetti
Holzfaserdämmstoff vs. Steinwolle bzw. Polystyrol	1 m^2 Dämmfläche mit bestimmtem Wärmedurchgangskoeffizient
Hanffaser-Verbundwerkstoff (NFK) vs. GFK (Glasfaser) bzw. ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol)	1 Stck. Autotür-Innenverkleidung
Nutzung von Holzprodukten anstelle von konventionellen Referenzprodukten	1 m Dachträger, 1 m^2 Regalfläche, 1kWh Strom, 1 MJ Wärme

Je nach Fragestellung sind Quervergleiche zwischen unterschiedlichen Produkten jedoch nach Umrechnung auf eine einheitliche Bezugsgröße möglich, beispielsweise der Nutzen aus einem Hektar Ackerfläche (Abbildung 45), bzw. einem Hektar Waldfläche (Abbildung 46) (bei Fokus auf die Flächeneffizienz unterschiedlicher Produkte).

[18] Bei der energetischen Nutzung von Biomasse kann beispielsweise ein Kilometer Fahrleistung übergreifend für alle Biokraftstoff-Produkte (Biodiesel, Bioethanol etc.) als einheitliche funktionelle Einheit gewählt werden.

Abbildung 45: Ökobilanzergebnisse für die Umweltwirkungen Klimawandel und Versauerung für bio-basierte Produkte aus Anbaubiomasse im Vergleich zu ihren konventionellen Referenzprodukten, dargestellt in t CO_2-Äquivalenten, bzw. kg SO_2-Äquivalenten pro Hektar Ackerfläche und Jahr

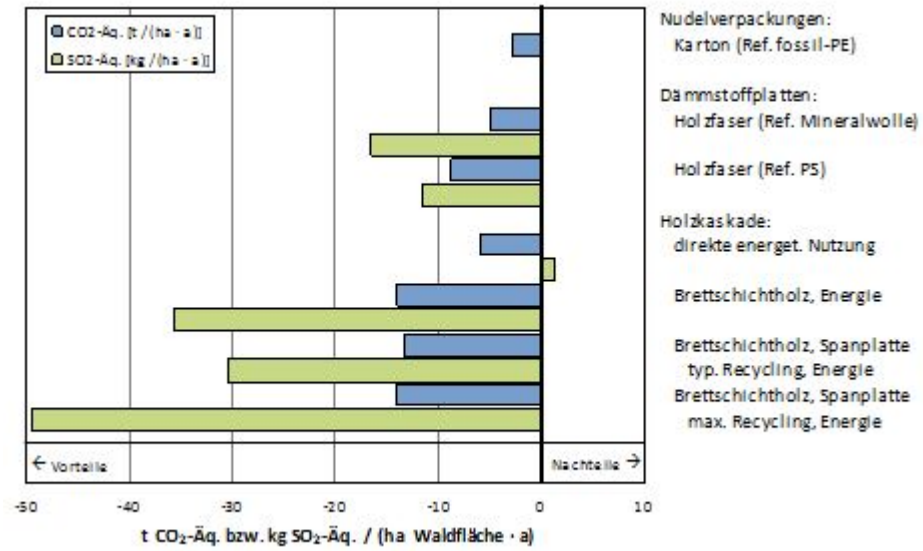


© IFEU 2013

* : Die angegebene Bandbreite umfasst die Referenzprodukte PP und PET

**: Die angegebene Bandbreite stellt die Nutzung der Schäben als Streu dar

Abbildung 46: Ökobilanzergebnisse für die Umweltwirkungen Klimawandel und Versauerung für Produkte aus Holzbiomasse im Vergleich zu ihren konventionellen Referenzprodukten.



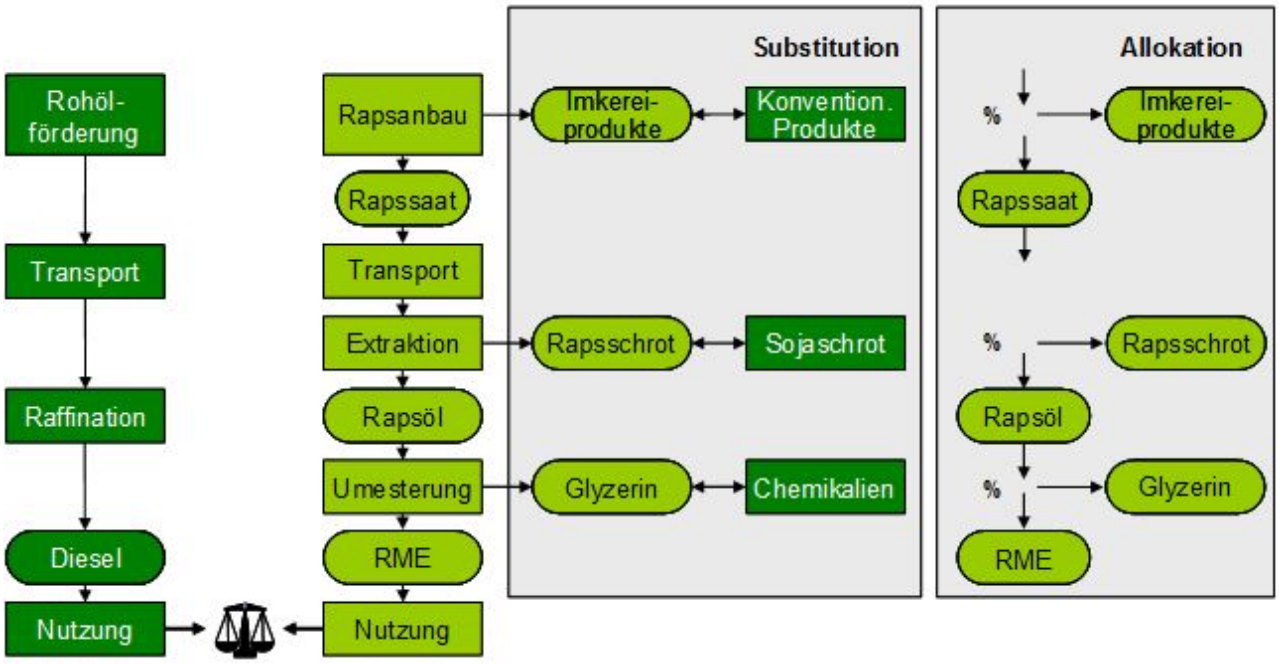
© IFEU 2013

Einheiten siehe Abbildung 45

Ebenso müssen für jede Ökobilanz spezifische Festlegungen hinsichtlich des Lebenswegendes (End-of-Life, z. B. Entsorgung) getroffen werden, die bei bio-basierten Produkten wesentlich komplexer als bei Bioenergieträgern (End-of-Life: Nutzung in Verbrennungskraftmaschinen) ist.

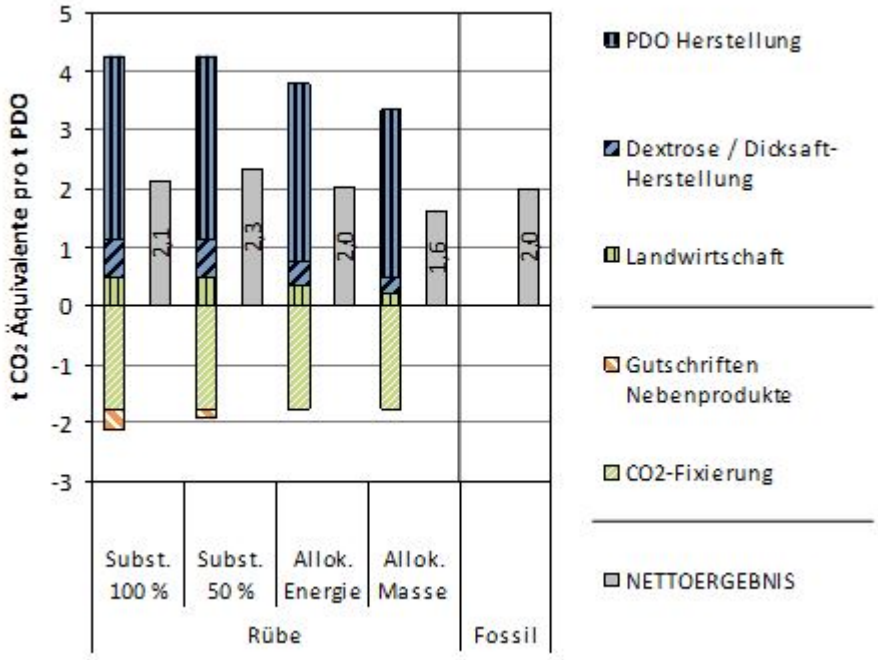
Hinsichtlich des Umgangs mit Koppelprodukten bestehen bei bio-basierten Produkten prinzipiell dieselben Herausforderungen wie bei Bioenergieträgern: Aus wissenschaftlicher Sicht lassen sich Gutschriftenmethode (Substitution) und Allokation des Herstellungsaufwands gleichermaßen rechtfertigen (Abbildung 47). Die Wahl des Verfahrens beeinflusste bei den ausgewählten Fallbeispielen zwar nicht die Richtung der Ergebnisse (Umweltvorteile, bzw. -nachteile), jedoch die absolute Höhe der Einsparungen, bzw. Mehremissionen (Abbildung 48). In anderen Fällen könnte eben eine solche Veränderung der absoluten Ergebnisse durchaus auch zu unterschiedlichen Vergleichsergebnissen führen.

Abbildung 47: Lebenswegvergleich mit unterschiedlicher Berücksichtigung der Koppelprodukte



© IFEU 2013

Abbildung 48: Sektorale Darstellung der Ökobilanzergebnisse für die Umweltwirkung Klimawandel für 1,3-Propandiol (PDO) aus Zuckerrübe sowie petrochemisches PDO in kg CO_2-Äquivalenten pro t PDO. Die Ergebnisse der bio-basierten Lebenswege sind für verschiedene Anrechnungsverfahren dargestellt (Substitution 100 % und 50 %, Allokation nach Energiegehalt und Masse)



© IFEU 2013

Aufgrund der obigen Ausführungen (jeweils unterschiedliche Ergebnis bestimmende Parameter sowie methodische Besonderheiten) ist eine Standardisierung von Ökobilanzen für bio-basierte Produkte, bzw. eine Definition von Konventionen sehr viel komplexer, als beispielsweise bei Bioenergieträgern. Dieser Herausforderung widmet sich derzeit eine Arbeitsgruppe des Europäischen Komitees für Normung (CEN/TC 411/WG 4). Ausgehend von den ISO-Normen der 14000er-Reihe (u. a. den Ökobilanz-Normen 14040 und 14044) ist es das Ziel der Arbeitsgruppe, konkrete Empfehlungen oder – sofern ohne Konflikte mit den genannten ISO-Normen überhaupt möglich – weitergehende Festlegungen für die ökobilanzielle Bewertung von bio-basierten Produkten zu erarbeiten. Hinsichtlich der Wirkungskategorie Treibhauseffekt (Klimaänderung) ist abzusehen, dass eine 1:1-Übertragung der (nicht ISO-konformen) Rechenregeln aus der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (2009/28/EG) weder sinnvoll noch möglich sein wird. Ergebnisse sind im Jahr 2014 zu erwarten.

4.3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die vorliegende Studie zeigt, dass Ökobilanzen (Lebenszyklusanalysen) ein geeignetes Instrument sind, um die Umweltwirkungen biobasierter Produkte zu quantifizieren. Eine grundsätzliche Übertragung der Ergebnisse für die hier untersuchten auf andere biobasierte Produkte ist jedoch nicht zulässig, da die Ergebnisse im Einzelfall davon abweichen können. Die ausgewählten Fallbeispiele decken zwar verschiedene Anwendungsbereiche der stofflichen Biomassenutzung ab, reichen jedoch bei weitem nicht für eine generelle ökologische Einschätzung aus. Ebenso wenig können vom Abschneiden eines einzelnen Produktes generelle Rückschlüsse auf das Abschneiden des biogenen Rohstoffs geschlossen werden, aus dem es hergestellt wird.

Im Gegensatz zu Ökobilanzen für Bioenergieträger lassen sich Lebenszyklusanalysen für bio-basierte Produkte weniger bis kaum standardisieren, da insbesondere die Nutzungs- und Entsorgungsphase sehr unterschiedlich ausfallen können. Am Beispiel der Klappdeckelschalen konnte gezeigt werden, dass von einer verkürzten Betrachtung des biobasierten Lebenswegs – z. B. so genannte „cradle-to-gate" Betrachtungen, die mit der Herstellung des Polymers enden – dringend abzuraten ist, da für die ökobilanzielle Bewertung der PLA-Klappdeckelschalen sowohl die Wahl des konventionellen Referenzprodukts (konventionelle Klappdeckelschalen aus PS, PP oder PET kommen hier in Abhängigkeit von der Nutzung in Frage), als auch die sich dadurch ergebenden Unterschiede im Entsorgungsweg von erheblicher Relevanz sind.

Hinsichtlich der Ökobilanzergebnisse lässt sich festhalten, dass bio-basierte Produkte sowohl ökologische Vorteile, als auch Nachteile und damit viele Parallelen zur energetischen Nutzung von Biomasse aufweisen. In beiden Fällen lässt sich meist insgesamt kein eindeutiger ökobilanzieller Vor- oder Nachteil ableiten. Positive Ausnahmen hiervon bilden einige holzbasierte Lebenswege, bei denen sich – zumindest für die Wirkungskategorien mit hoher, bzw. sehr hoher ökologischer Priorität – derzeit ökologische Vorteile ergeben. Bei zukünftig steigender Holznachfrage und damit verbundenen Änderungen des Forstmanagements müsste hier ggfs. eine Neubewertung erfolgen. Aus diesen Gründen ist eine Beschränkung auf die Indikatoren Klimawandel und nicht-erneuerbarer Energieverbrauch nur in Ausnahmefällen zulässig. Für eine ganzheitliche Ökobilanz ist ein möglichst umfangreicher und aussagekräftiger Satz von Wirkungskategorien einzubeziehen, wie er auch in der ISO-Norm 14044 eingefordert wird.

Der Vergleich der Umweltwirkungen von stofflicher und energetischer Biomassenutzung zeigt, dass bio-basierte Produkte den Bioenergieträgern ebenbürtig sind: beispielsweise liegen die Netto-Treibhausgaseinsparungen bezogen auf die Fläche bei stofflicher Biomassenutzung in einer ähnlichen Bandbreite wie bei energetischer Nutzung, in einigen Fällen deutlich darüber. Aus Umweltschutzsicht gibt daher keinen Grund, die Bioenergienutzung gegenüber der stofflichen Biomassenutzung zu bevorzugen[19]. Aus Sicht der Versorgungssicherheit wäre es sogar sinnvoller, die Biomasse zukünftig verstärkt in Richtung stoffliche Nutzung zu lenken und die Rolle der Biomasse als derzeit einziger regenerativer Kohlenstoffquelle[20] zu betonen, z. B. für die chemische Industrie. Hohe spezifische Energie- und Treibhausgasemissions-Einsparungen (im Vergleich zu petrochemischen Referenzprodukten) lassen sich beispielsweise durch die Nutzung der Synthesevorleistung der Natur für die Herstellung höherwertiger Verbindungen erzielen (Reinhardt et al. 2007).

Die Bundesregierung setzt mit dem Aktionsplan zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe (BMELV 2009) und der Roadmap Bioraffinerien (BReg 2012) auf einen Ausbau der stofflichen Biomassenutzung. Im Gegensatz zur Bioenergie gibt es allerdings für die stoffliche Nutzung weder quantitative politische Ziele noch finanzielle Förderinstrumente. Trotz dieser Ungleichbehandlung kann aus den zuvor genannten Gründen (insbesondere Versorgungssicherheit) davon ausgegangen werden, dass die stoffliche Biomassenutzung zukünftig ansteigen wird (Detzel et al. 2012). Erfolgt dieser Zuwachs additiv zur bereits umfangreichen energetischen Biomassenutzung, ist mit einer Zunahme von bereits heute

[19] Aufgrund einschlägiger Förderinstrumente wird heute der weit überwiegende Teil der nachwachsenden Rohstoffe für die Gewinnung erneuerbarer Energie verwendet, obwohl für diesen Zweck auch andere, allerdings weniger gut speicherbare Alternativen zur Biomasse zur Verfügung stünden, wie etwa die Sonnenenergie, Wind- und Wasserkraft.

[20] Abgesehen von der Power-to-Gas-Technologie, mit der zukünftig überschüssiger Ökostrom in Wasserstoff und Methan umgewandelt werden könnte (beide stofflich und energetisch nutzbar).

auftretenden Flächen- und Biomassenutzungskonkurrenzen und den damit verbundenen indirekten Effekten zu rechnen. Aus diesem Grund ist die Politik gefragt, statt unzureichenden *Aktions*plänen und Zielen (getrennt für die Sektoren Bioenergie und bio-basierte Produkte) einen nationalen Biomasse*allokations*plan bzw. Flächenallokationsplan zu entwickeln, welcher für eine weniger verzerrte Verteilung der Biomasse auf die nachfragenden Sektoren (Industrie, Mineralöl- und Energiewirtschaft) sorgt, ggf. die Rolle der Biomasse im Energiesystem neu definiert und gleichzeitig auch andere flächenrelevante Ansprüche (z. B. Naturschutz) adäquat berücksichtigt.

Solange dies nicht der Fall ist, sollten vorsorgende Maßnahmen getroffen werden. Dazu sollten insbesondere die flächen- und anbaubezogenen Nachhaltigkeitskriterien, welche bereits für die energetische Biomassenutzung im Rahmen des EEG bzw. des Biokraftstoffquotengesetzes gelten, in verbindlicher Form auch auf bio-basierte Produkte ausgeweitet werden. Denn auch bei bio-basierten Produkten ist die Gewinnung der Biomasse für viele Wirkungskategorien von zentraler Bedeutung und mit einer hohen Naturraumbeanspruchung verbunden. Aufgrund fehlender quantitativer politischer Ziele und finanzieller Förderinstrumente für die stoffliche Nutzung (s. o) gibt es hierfür derzeit allerdings wenige Handlungs- und Sanktionierungsmöglichkeiten. Eine freiwillige Selbstverpflichtung der Industrie wird u. E. jedoch nicht ausreichen.

5 Volkswirtschaftliche Effekte (Arbeitspaket 5)

Leitung: FiFo

Autoren: Thöne, M., Dobroschke, S., Diekmann, L.

5.1 Frage- und Zielstellung

In den vorangegangenen Arbeitspaketen sind bereits ökologische Aspekte der energetischen und stofflichen Nutzung von Biomasse untersucht worden. In diesem Arbeitspaket geht es darum, die volkswirtschaftlichen Effekte der stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu analysieren. Die energetische Nutzung von Biomasse ist bereits etablierter, somit ist auch das Forschungsfeld in ökonomischer Hinsicht besser erschlossen. Demgegenüber steckt die Erforschung der stofflichen Nutzung von Biomasse noch in den „Kinderschuhen".

So wurden erst in jüngerer Vergangenheit vermehrt Studien zu gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen bestimmter umweltökonomischer Politikmaßnahmen auf Basis der Input-Output-Methodik durchgeführt, wenngleich das grundlegende Konzept der I-O-Analysen vergleichsweise alt ist. Oft stehen dabei Beschäftigungs- und Einkommenseffekte im Vordergrund, die sich durch Förderung einer bestimmten Technologie ergeben. Besonders relevant sind Fragen, in welchen vor- oder nachgelagerten Sektoren sich strukturelle Veränderungen ergeben, und ob eine Förderung möglicherweise verstärkt Export- oder Importleistungen beeinflusst.

Arbeitsplatzeffekte ergeben sich aus direkten Beschäftigungseffekten bestimmter adressierter Hersteller oder Betreiber sowie aus durch Vorleistungsbeziehungen induzierten indirekten Effekten. Weiterhin kann zwischen Brutto- und Nettobeschäftigungseffekten unterschieden werden. Nettobeschäftigungseffekte implizieren, dass negative Beschäftigungseffekte durch Produktionsrückgang in einem bestimmten Sektor den positiven Wirkungen durch Produktionsausweitung in einem anderen Sektor gegenzurechnen sind. Aus umweltökonomischer Sicht werden dabei primär zwei unterschiedliche Branchen betrachtet: nachwachsende Rohstoffe und deren Substitutionspotenziale sowie erneuerbare Energien.

Auf deutscher Ebene untersucht beispielsweise eine aktuelle Studie von Lehr et al. (2011) im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Auswirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien auf den Arbeitsmarkt.[21] Diese Studie baut maßgeblich auf Erkenntnissen einer Vorgängerstudie von Staiß et al. (2006) im Auftrag des BMU auf. Im Vergleich dazu wurden insbesondere Produktionsverflechtungen auf Umfragebasis weiter ausdifferenziert. Letztlich ermöglichte dies eine verbesserte Integration

[21] Auf Basis einer umfangreichen Unternehmensbefragung erfolgte eine Eingliederung 12 unterschiedlicher Erzeugungstechnologien erneuerbarer Energien in das I-O-Schema, wobei eine Differenzierung der Beschäftigungswirkungen zwischen der Errichtung und dem Betrieb von Anlagen durchgeführt wurde. Essentiell für eine Eingliederung sind Angaben über Vorleistungsbezüge in möglichst tiefer sektoraler Gliederung, deren regionale Herkunft (Inland/Ausland), das Produktionsprogramm der Anlagenhersteller, Exporte der Hersteller und Zulieferer sowie Strukturinformationen der Zulieferer. Sofern allein die Erkenntnisse aus der Unternehmensbefragung für eine konsistente Eingliederung in das I-O-Schema nicht ausreichten, erfolgten weitere Annahmen nach Vorlage der umweltökonomischen Gesamtrechnungen sowie, insbesondere im Falle unbedeutender Vorleistungen, auf Grundlage ergänzender Informationen aus der I-O-Tabelle. Aufgrund dort allein wertmäßig aufgezeichneter Strukturen werden zur Herleitung von Beschäftigungseffekten Arbeitskoeffizienten (für einen bestimmten Bruttoproduktionswert notwendiger Arbeitseinsatz) herangezogen. Allerdings gehen die Schlussfolgerungen über eine Anwendung allein der I-O-Systematik hinaus. Insbesondere eine Bestimmung von Nettobeschäftigungseffekten setzt anhand eines gesamtwirtschaftlichen Simulationsmodells eine Berücksichtigung des langfristigen Strukturwandels sowie umweltökonomischer Interdependenzen voraus.

einzelner Branchen in die I-O-Systematik. Darüber hinaus erfolgte durch Hillebrand et al. (2006) eine I-O-basierte Analyse zur Darstellung von Beschäftigungseffekten durch eine Förderung erneuerbarer Energien; hierbei wurde zwischen expansiven Effekten durch vermehrten Kapazitätszubau sowie einem kontrahierenden Effekt durch steigende Energiekosten differenziert. Ferner wurden auf Basis österreichischer I-O-Daten ähnliche Studien durch Haas et al. (2006) sowie Bodenhöfer et al. (2004) erstellt.

Während Studien zur Darstellung gesamtwirtschaftlicher Effekte einer verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien zur Stromerzeugung weitaus überwiegen, stehen in einzelnen Fällen auch I-O-basierte Untersuchungen einer steigenden Nutzung erneuerbarer Energien im Kraftstoffbereich im Vordergrund. Neuwahl et al. (2008) untersuchen Beschäftigungseffekte infolge einer erhöhten Nutzung auf europäischer Ebene.[22] Schöpe und Britschkat (2006) sowie Schöpe (2010) untersuchen volkswirtschaftliche Effekte der Förderung von Biodiesel, bzw. einer verstärkten Nutzung von Bioethanol zur Produktion von Ottokraftstoff. Beide Studien gehen ähnlich vor, es erfolgt eine Eingliederung auf Basis von Expertenangaben zu spezifischen Produktionsstrukturen in den Gesamtrahmen der I-O-Analytik.[23]

Die weitaus geringste Anzahl an Studien ist im Bereich stofflicher Nutzung nachwachsender Rohstoffe, bzw. Stoffstromanalysen anzutreffen. Nusser et al. (2007) untersuchen im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) makroökonomische Effekte (Beschäftigungs- und Einkommenseffekte) durch Ausbau und Nutzung nachwachsender Rohstoffe, wobei auch diese Studie zu einem großen Teil eine energetische Nutzung in den Vordergrund rückt und nur z.T. eine stoffliche Nutzung berücksichtigt. Dabei wird eine Untersuchung von Brutto- und Nettobeschäftigungseffekten auf Basis der I-O-Systematik durch Simulationsmodelle zur Darstellung der Angebotsseite nachwachsender Rohstoffe ergänzt. Weniger mit direktem Rohstoffbezug, als vielmehr zur Bewertung der Stoffstromanalyse als allgemeines Bewertungsinstrument wurde schließlich eine Studie von Brohmann et al. (2002) am Beispiel zweier deutscher Städte durchgeführt.

Das vorliegende Forschungsvorhaben untersucht umweltpolitische Ansätze und Effekte einer verstärkt stofflichen Nutzung von Biomasse als Substitut zu nicht-regenerativen Stoffen. *Welche Auswirkungen die Substitution eines fossil basierten Produkts durch ein biogen basiertes gleichartiges Produkt auf volkswirtschaftliche Kenngrößen hat,* lautet die Hauptfragestellung dieses Arbeitspaketes. Damit direkt verbunden sind die folgenden Fragen: *Lässt sich die auf dem Gebiet der energetischen Nutzung gebräuchliche Input-Output-Analyse auf die Analyse der stofflichen Nutzung übertragen? Welche Probleme ergeben sich dabei?*

Dabei ist es Aufgabe, eine methodische Grundlage zur Bestimmung gesamtwirtschaftlicher Effekte zu erarbeiten, auf deren Basis fundierte quantitative Aussagen insbesondere zu Wertschöpfungs-, Beschäftigungs- und Umwelteffekten ermöglicht werden. Der vorliegende methodische Grundlagenbericht stellt Möglichkeiten und Grenzen einer Input-Output-Analyse dar. Es soll geprüft werden, inwiefern analog zur energetischen Nutzung von Biomasse die stoffliche Nutzung analysiert werden kann. Auf Basis der vorhandenen Datengrundlage und der Eingliederungsmöglichkeiten in die I-O-Analytik werden zwei exemplarische Substitutionspaare vorgeschlagen und untersucht.

---

[22] Im Rahmen von Szenarioanalysen bis 2020 erfolgen Schlussfolgerungen, wonach bei einem Substitutionsanteil bis zu 15 Prozent mit neutralen Nettobeschäftigungseffekten zu rechnen ist. Dies erfolgt allerdings nicht allein auf Basis der I-O-Analytik, sondern ergänzend durch Partialmodelle des Agrar- und Energiesektors zur Darstellung von Preis-, respektive Nachfragefunktionen.

[23] Dabei erfolgt eine Darstellung von Auswirkungen auf Vorleistungskomponenten sowie Einkommenseffekten auf Basis (inverser) Leontief-Multiplikatoren bzw. Keynes'schen Multiplikatoren.

5.2 Methodik

In volkswirtschaftlicher Hinsicht ist insbesondere von Interesse, auf welche Weise sich gesamtwirtschaftliche Kenngrößen durch unterschiedliche Vorleistungen, Herstellungsverfahren und somit Wertschöpfungsketten verändern. Durch die Wertschöpfungskette alternativer Substitutionsprodukte werden zur Produktion Vorleistungen aus anderen Wirtschaftsbereichen bezogen. Dies hat zunächst positive Beschäftigungseffekte (ohne Berücksichtigung des Beschäftigungsrückgangs im Ursprungssektor), womit ein erhöhter Konsum einhergeht, durch den wiederum Nachfrage nach Investitions- und Konsumgütern generiert wird. Im Folgenden ergeben sich Nettoeffekte durch einen Produktionsrückgang im Bereich der substituierten fossilen Produkte. Grundlage zur Herleitung der volkswirtschaftlichen Effekte bildet die I-O-Systematik. Es erfolgt dazu eine Erläuterung methodischer Grundlagen.

Eine wichtige Informationsbasis zur Abschätzung volkswirtschaftlicher Effekte bildet die Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes, in der sektorale Daten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung systematisch zusammengestellt werden. Die I/O-Analyse basiert auf amtlichen Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamts. Diese Systematik folgt der Methodik des Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen (ESVG 1995). Anhand der I/O-Tabellen wird deutlich, welche Verflechtungen von Vorleistungen und Produktionsfaktoren (Input) und produzierten Mengen (Output) in den einzelnen Wirtschaftszweigen bestehen. Im Rahmen der deutschen I-O-Rechnung für die aktuell verfügbaren Tabellen des Jahres 2007 findet die Wirtschaftszweigklassifikation (WZ 2003) auf Basis der Systematik der Wirtschaftszweige in der Europäischen Gemeinschaft (NACE) Rev. 1.1. Anwendung. Darauf aufbauend erfolgt in der I-O-Systematik eine Aggregation zu insgesamt 71 Sektoren.

Ausgehend von den dargestellten Güterströmen in einer Gliederungstiefe von 71 Sektoren lassen sich Folgeeffekte der Substitution eines fossil basierten durch ein biogen basiertes Produkt ableiten. So wird anhand der I/O-Tabellen deutlich, welche Verflechtungen von Vorleistungen und Produktionsfaktoren (Input) und produzierten Mengen (Output) in den einzelnen Wirtschaftszweigen bestehen.

Zur Darstellung spezifisch auf bestimmte Branchen zurechenbarer volkswirtschaftlicher Effekte sind diese Branchen als zusätzlicher „Sektor“ in die I-O-Systematik einzuziehen. Dies gilt insbesondere, sofern Vorleistungs- und Prozessstrukturen der zu untersuchenden Branche signifikant von der Struktur des zugehörigen Sektors abweichen.

Entsprechend sind in einem ersten Schritt sämtliche Vorleistungs- und Endnachfragebeziehungen einer neuen Branche zu recherchieren und in die I-O-Systematik als Subsektor aufzunehmen. Die Spalten einer I/O-Tabelle geben die (Leontief-) Produktionsfunktion des jeweiligen Wirtschaftszweiges wieder. So wird deutlich, welche Inputs notwendig sind, um eine Einheit des betreffenden Produkts herzustellen.[24]

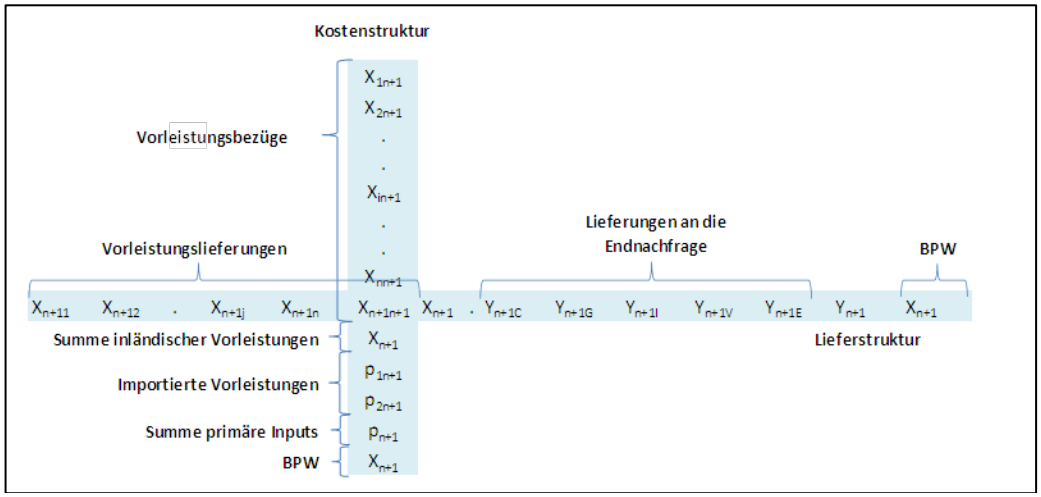
Auf dieser Grundlage lassen sich für die weitere Analyse relevante Aussagen zu der generierten Wertschöpfung und zu Beschäftigungseffekten machen. Um „neue“ Technologien und wirtschaftliche Aktivitäten in das Rechensystem zu integrieren, müssen ferner Informationen über deren Endnachfrage (privater Verbrauch oder investiver Charakter) sowie Import-/

[24] Dies ist die idealtypische Herangehensweise. Die detaillierte Recherche der Vorleistungs- und Endnachfragebeziehungen bereitet jedoch auf dem Feld der stofflichen Nutzung aufgrund der desolaten Datenlage große Probleme. Das beschriebene Vorgehen ist allerdings nur möglich, wenn eine umfassende Datenlage zur Verfügung steht.

Exportverhältnisse erhoben werden. Die Beschäftigungseffekte werden in der I/O-Rechnung indirekt aus dem Produktionswert eines Sektors über sog. Beschäftigungskoeffizienten ermittelt, was spezifische Produktivitätsannahmen erfordert.

Liegen alle notwendigen Informationen zur Produktion der jeweiligen Branche vor, erfolgt eine Erweiterung der I-O-Tabelle, wobei zu Konsistenzzwecken jeweils die Residualgrößen zwischen Sektor und zusätzlich eingeführter Branche zu berücksichtigen sind. Um den vollständigen Produktionsprozess im Rahmen der I-O-Systematik darstellen zu können, ist eine Einordnung von Vorleistungen und Endnachfrage nach Maßgabe der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2003, NACE Rev. 1.1.) notwendig. In welcher Detailgenauigkeit bestimmte Produktionsprozesse eingefügt werden können, hängt letztlich von den verfügbaren Informationsquellen ab. Abbildung 49 hebt die Systematik zur Integration neuer Produktionsbereiche in die I-O-Rechnung hervor.

Abbildung 49: Integration eines neuen Produktionsbereichs in die Methodik der Input-Output-Systematik



Lehr et al. 2011

Anhand von Vorleistungsbestandteilen des Produktionsprozesses lässt sich die Zusammensetzung der inländischen Vorleistungsquote ermitteln. Die Vorleistungsquote gibt den Anteil der Vorleistungen am Umsatz des Unternehmens (hier: der jeweiligen Branche) an. Zudem sind Kenntnisse über die ausländische Vorleistungsquote (Importe) erforderlich. Die weitere Kenntnis des Bruttoproduktionswertes ermöglicht im Folgenden eine Berechnung der Wertschöpfungstiefe als Differenz zwischen in- und ausländischer Vorleistungsquote und Bruttoproduktionswert. Die Wertschöpfungstiefe gibt den Anteil der Wertschöpfung gemessen am Umsatz an.

Wichtig ist zu beachten, dass sich weltwirtschaftliche Verflechtungen im Rahmen der I-O-Analyse nicht abbilden lassen. Ökonomische Effekte von Importen werden jedoch durchaus in die Analyse über den Preis für die Importgüter berücksichtigt. Allerdings werden volkswirtschaftliche Effekte (Beschäftigung, Einkommen etc.) nur für Deutschland, nicht aber für die Exportländer berechnet. Negative Effekte – beispielsweise auf die Beschäftigung in anderen Ländern – lassen sich somit nicht abbilden.

Die Informationen zu den Preisen werden auf Basis von Verbandsinformationen, der Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamts und sonstiger Angaben ermittelt. Das Statistische Bundesamt gibt im oftmals monatlichen Turnus (z. B. Index der Erzeugerpreise landwirtschaftlicher Produkte) Preisstatistiken heraus. Im Kontext des vorliegenden

Arbeitspakets 5 sind insbesondere die genannte Erzeugerpreisstatistik land- und forstwirtschaftlicher Produkte, die monatlich veröffentlichte Statistik der Einfuhrpreise zur Abbildung der Preise der Importgüter, die ebenso monatlich herausgegebene Erzeugerpreisstatistik zur Darstellung der aus Deutschland bezogenen Vorleistungen und die von Eurostat halbjährlich herausgegebene Energiepreisstatistik von besonderer Bedeutung. Bei der Eurostat-Energiepreisstatistik handelt es sich jedoch um Endverbraucherpreise von privaten sowie industriellen Abnehmern.

Im Idealfall lassen sich absolute Preise ablesen, meist wird jedoch lediglich ein Preisindex angegeben. Dieser kann, wenn der Basiswert bekannt ist, auf das benötigte Jahr (in vorliegenden Falle 2007, da sich die I/O-Tabellen auf dieses Jahr beziehen) umgerechnet werden. Sind sämtliche Informationen über die Struktur des Produktionsprozesses vorhanden, lässt sich ein Vorleistungsprofil im Rahmen der I-O-Systematik erstellen.

Die vorliegenden Berechnungen konzentrieren sich auf die Herstellung von Produkten zur anschließenden Weiterverarbeitung im Rahmen nachgelagerter Produktionsprozesse. Es erfolgt also keine explizite Berücksichtigung volkswirtschaftlicher Effekte, die sich aus der Herstellung und des nationalen oder internationalen Vertriebs von Maschinen zur Herstellung dieser Produkte ergeben. Unter Berücksichtigung von mittelfristig zu erwartenden Nachfragemengen biogen hergestellter Produkte wird zunächst nicht von einem signifikanten und damit gesamtwirtschaftlich bemerkbaren Anstieg der Produktionskapazitäten ausgegangen. Damit unterscheidet sich die vorliegende Studie auch von ähnlich gelagerten Untersuchungen, etwa über volkswirtschaftliche Effekte, die aus einem deutlichen Anstieg der Nutzung erneuerbarer Energien resultieren.[25]

Folgende Annahmen liegen der Input-Output-Systematik zugrunde: Es handelt sich um ein statisches Mengenmodell mit Preisfixierung. Im Grundmodell wird von einem konstanten Arbeitsangebot und einer konstanten Arbeitsnachfrage ausgegangen. Es liegt Proportionalität vor, und die Skalenerträge in der Produktion sind konstant. Des Weiteren wird im vorliegenden Arbeitspaket angenommen, dass sich auf kurze Sicht keine signifikante Kapazitätsänderung ergibt und eine Substituierbarkeit der betrachteten Paare gegeben ist.

In einem ersten Schritt werden durch Literaturrecherche und Expertenbefragung Informationen über Produktionsabläufe und Vorleistungsverflechtungen ermittelt. Diese Informationen werden in einem zweiten Schritt soweit an die Struktur der Input-Output-Methodik angepasst, dass eine näherungsweise Abbildung repräsentativer volkswirtschaftlicher Verflechtungen entsteht. In einem dritten Schritt erfolgen Abschätzungen unterschiedlicher volkswirtschaftlicher Aggregate.

5.3 Betrachtete Substitutionspaare

Nach Absprache mit dem Auftraggeber sowie dem übrigen Projektkonsortium wurde eine nähere Untersuchung von Substitutionspaaren der Produktgruppen Dämmstoffe (Holzfaserdämmstoffe vs. Mineralwolle) sowie Kunststoffe (Polyactid vs. Polystyrol) vereinbart. Die Produktgruppe Dämmstoffe wurde insbesondere aufgrund eines dort vorliegenden Massenmarktes mit entsprechend großen Produktvolumina ausgewählt. Zudem erscheint die Datengrundlage ausreichend groß für eine Ausdifferenzierung der Produkt-Wertschöpfungskette in die einzelnen Vorleistungsbeziehungen. Die Auswahl des

[25] Vgl. Lehr, et al. (2011). Da bei der vorliegenden Studie insbesondere keine Effekte des Maschinenbau-Exports berücksichtigt werden, werden beispielsweise die hier ausgewiesenen Arbeitsplatzeffekte sehr deutlich unterhalb der Prognosen anderer Studien liegen.

Substitutionspaares Kunststoffe erfolgte insbesondere aufgrund eines Modellcharakters und zukünftiger industrieller Anwendungsmöglichkeiten. Der derzeitige Marktumfang ist sehr gering und beinhaltet Modellprojekte. Zukünftig ist jedoch mit einer signifikanten Produktionsausweitung mit entsprechendem Substitutionspotenzial zu rechnen.

5.3.1 Dämmstoffe

Für Holzfaser- und Steinwolldämmstoffe werden Inputfaktoren unterschiedlicher Vorleistungsbranchen benötigt. Während für die Fertigung von Dämmstoffplatten aus Holzfaser Alt- und Restholz aus der Forstwirtschaft bezogen werden, beruht die Produktion von Steinwolle hauptsächlich auf Diabas, Basalt oder Dolomit und Kalkstein (allesamt Vorprodukte aus dem Sektor „Steine und Erden“). In beiden Fällen wird angenommen, dass sich der Bedarf durch die deutsche Produktion decken lässt.

Substituiert werden annahmegemäß 60.000 Tonnen Steinwolldämmstoff durch 100.000 Tonnen Holzfaserdämmstoff. Dem liegt ein Substitutionsverhältnis von 0,6 zugrunde, das insbesondere aus der besseren Dämmleistung von Steinwolldämmstoff resultiert.

Neben den Hauptinputfaktoren sind weitere Vorleistungen notwendig. So müssen unterschiedliche Veredelungsprodukte eingesetzt werden, um eine Imprägnierung des Dämmstoffes zu erreichen. So ist beispielsweise bei Holzfaserdämmstoffen für die Fassadendämmung eine Imprägnierung hinsichtlich Feuerfestigkeit vonnöten. Gegenüber der Produktion von Holzfaserdämmstoff ist bei der Fertigung von Steinwolldämmstoff von einem hohen Energieaufwand – insbesondere zur Aufspaltung und Weiterverarbeitung von Steinen – auszugehen.

5.3.2 Kunststoffe

Beim Substitutionspaar Kunststoffe geht es darum, Polystyrol (PS) auf fossiler Basis durch Polylactid (PLA) auf biogener Rohstoffbasis zu substituieren. Als Rohstoffbasis für PS wird Erdöl benötigt, dessen Nachfrage durch ausländisches Angebot gedeckt wird. Demgegenüber ist der primäre Inputfaktor für die PLA-Produktion im vorliegenden Fall Mais, der in Deutschland angebaut wird. In beiden Fällen wird angenommen, dass die Produktion prozessintegriert ist. Das heißt, dass sowohl Milchsäure/Styrol als auch PLA/PS jeweils im gleichen Unternehmen hergestellt werden. Annahmegemäß wird die Produktion von 60.000 Tonnen Polystyrol durch 60.000 Tonnen Polylactid substituiert.

5.4 Volkswirtschaftliche Effekte

Grundsätzlich ist zu sehen, dass die Datengrundlage für die Substitutionspaare der stofflichen Nutzung äußerst rudimentär ist. Das heißt, dass es eines größeren Erhebungsaufwands – beispielsweise mittels umfangreicher Unternehmensbefragungen – bedürfte, um verlässliche und umfangreiche Daten zu erhalten.

Nichtsdestotrotz sollen an dieser Stelle die im Rahmen der Input-Output-Analyse ermittelten Effekte vorgestellt werden. So geben diese Ergebnisse zumindest Aufschluss über tendenzielle Auswirkungen einer verstärkten stofflichen Nutzung von Biomasse.

Während in Kapitel 5.4.1 die volkswirtschaftlichen Effekte für das Substitutionspaar Dämmstoffe aufgezeigt werden, behandelt Kapitel 5.4.2 die Auswirkungen für das Substitutionspaar Kunststoffe. Größeres Gewicht wird dabei im Rahmen dieses Kurzpapiers auf das Substitutionspaar Dämmstoffe gelegt. Wie bereits angemerkt, ist darauf hinzuweisen, dass

in den folgenden Darstellungen die makroökonomischen Effekte des Exports von Maschinen und Anlagen grundsätzlich keine Berücksichtigung finden.[26]

5.4.1 Dämmstoffe

Wie Tabelle 14 zeigt, sind sowohl positive als auch negative Impulse für die unterschiedlichen Branchen zu erwarten. Während die Vorleistungssektoren und der Sektor des biogen basierten Produkts positiv tangiert werden (u. a. Arbeitnehmerentgelte, Unternehmenseinkommen), ist von negativen Effekten auf die Vorleistungssektoren und den Sektor des herkömmlichen Produkts (im vorliegenden Fall Steinwolldämmstoff) auszugehen.

Tabelle 14: Positive und negative Impulse einer Substitution für das Beispiel Dämmstoffe

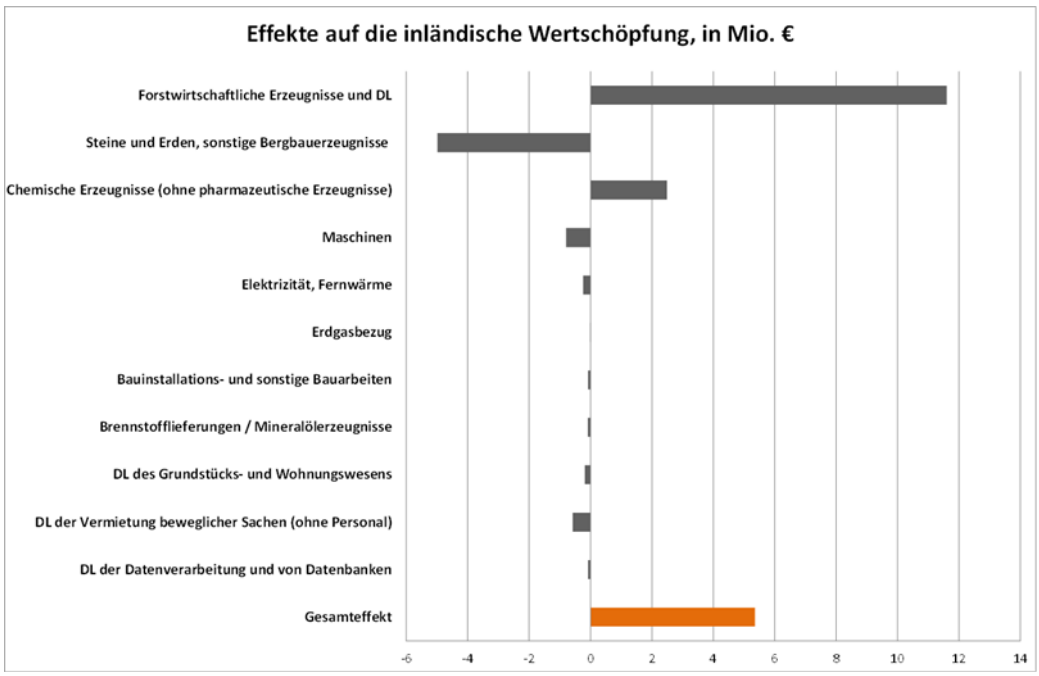
Positive Impulse	Negative Impulse
Steigende Nachfrage nach Produkten auf NaWaRo-Basis	Sinkende Nachfrage nach fossilen Produkten
Zusätzliche Produktion induziert NF-Erhöhung in Vorleistungssektoren, insb. In Forst- und Landwirtschaft	Negative Effekte auf Vorleistungssektoren, insb. Energie, Steine und Erden
AN-Entgelte, Unternehmenseinkommen in Vorleistungssektoren und NaWaRo-Produkten steigen	Dämpfende Wirkung auf Unternehmenseinkommen, AN-Entgelte bei fossilen Produkten und Vorleistungssektoren
Aufgrund von zunächst ausreichenden Kapazitäten zunächst nur geringe Folgeeffekte durch induzierte Anlageninvestitionen	Mittelfristig keine Kapazitätseffekte (Anlagenrückbau), langfristiger Strukturwandel mit I-O-Systematik nicht verlässlich prognostizierbar
Steigende Importanteile in Vorleistungssektoren, evtl. steigende Exporte von NaWaRo-Produkten	Sinkende Importe fossiler Vorleistungen (Mineralölerzeugnisse)

Quelle: FiFo Köln

Während für Holzfaserdämmstoffe als Vorleistungssektoren insbesondere forstwirtschaftliche und chemische Erzeugnisse (z. B. für Imprägnierung Feuerschutz) von hoher Bedeutung sind, spielen bei der Produktion von Steinwolle Vorprodukte aus dem Sektor Steine, Erden und Mineralölerzeugnisse eine große Rolle.

[26] Dadurch wird ein Vergleich mit ähnlich gelagerten Studien zur energetischen Nutzung erneuerbarer Rohstoffe, die sehr wohl Maschinenbauexporte berücksichtigen, erschwert.

Abbildung 50: Holzfaserdämmstoffe substituieren Steinwolle – Effekte auf die inländische Wertschöpfung in ausgewählten Sektoren

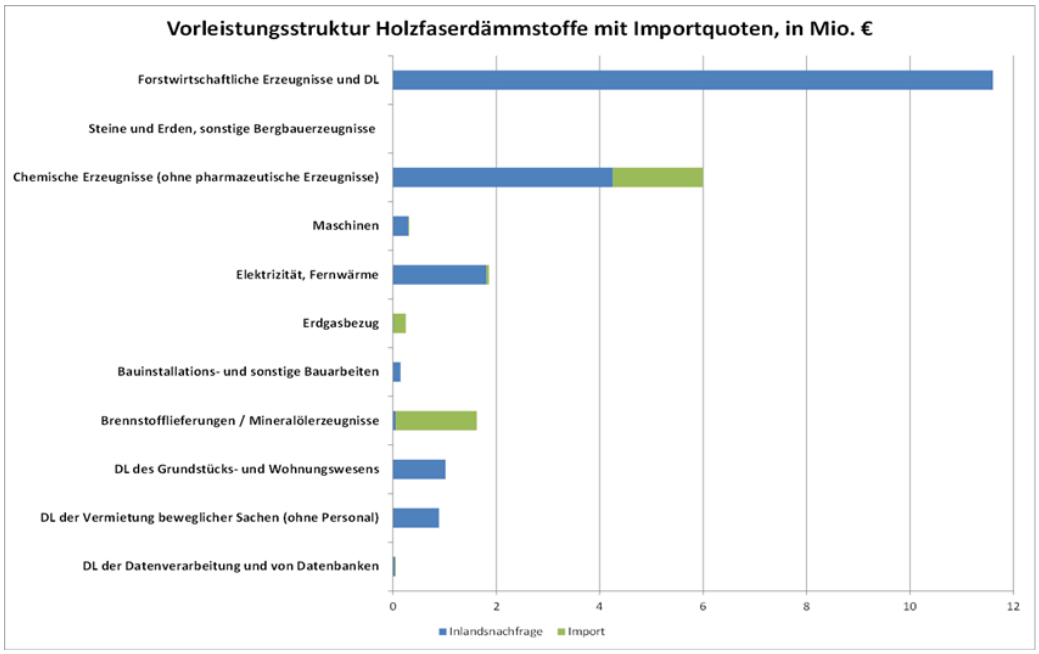


FiFo 2012

Die inländische Wertschöpfung (siehe Abbildung 50) ergibt sich aus der Saldierung der Vorleistungen der beiden Substitutionspartner. Während durch den Substitutionsprozess die Nachfrage nach Vorleistungsgütern (darunter: Forstwirtschaft, chemische Vorleistungen) für Holzfaserdämmstoffe steigt, ist eine dämpfende Wirkung auf die Wertschöpfung insbesondere in den Vorleistungssektoren Steine, Erden und Elektrizität zu erkennen. Tendenziell ist mit einem Überhang positiver Nachfrageeffekte im Inland zu rechnen.

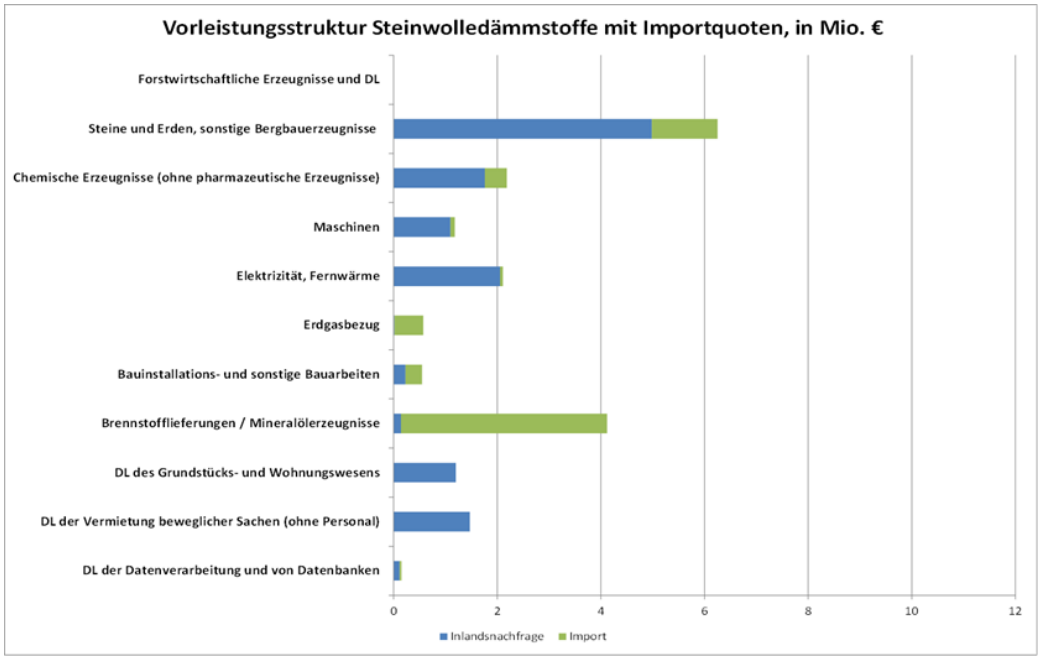
Die nachfolgenden Abbildung 51 und Abbildung 52 zeigen, inwieweit die Nachfrage nach Vorleistungen durch Importe gedeckt wird – differenziert nach Holzfaser- und Steinwolldämmstoffen.

Abbildung 51: Vorleistungsstruktur Holzfaserdämmstoffe mit Importquoten



FiFo 2012

Abbildung 52: Vorleistungsstruktur Steinwolldämmstoffe mit Importquoten



FiFo 2012

Insbesondere Mineralölerzeugnisse weisen eine hohe Importquote auf. Aufgrund der Tatsache, dass für die Produktion von Steinwolle in größerem Maße Mineralölerzeugnisse benötigt werden, ist für diesen Vorleistungssektor durch die Substitution eine sinkende Importnachfrage festzustellen.

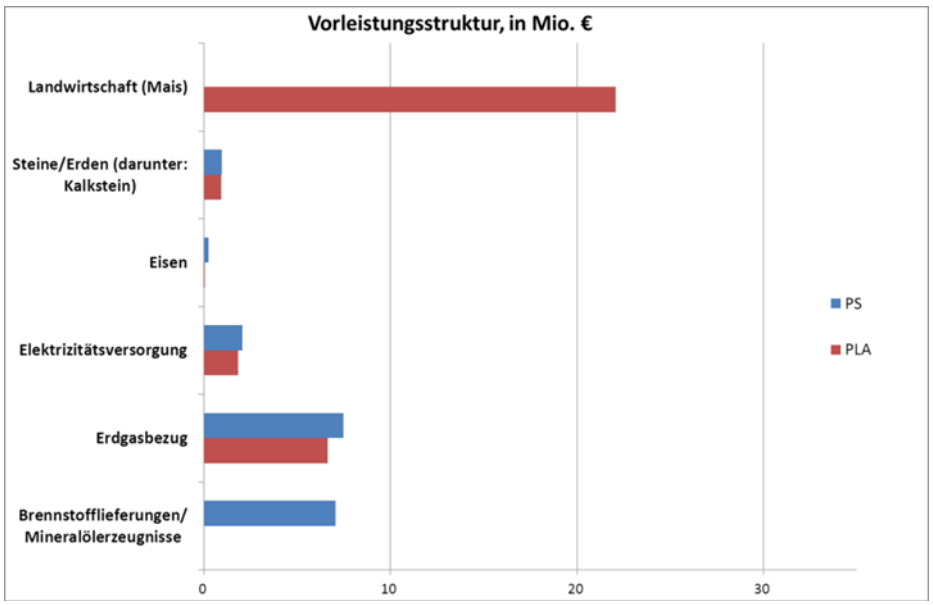
Es ist insgesamt – für alle Vorleistungssektoren – gesehen von einem leicht negativen Effekt auf gesamtwirtschaftliche Importe auszugehen. Allerdings deutet die vorliegende Betrachtung auf einen insgesamt positiven Effekt auf die inländische Wertschöpfung hin.

Die Beschäftigungseffekte aus einer Substitution von Steinwolldämmstoff durch Holzfaserdämmstoff sind marginal. Wenngleich die Berechnungen in der Tendenz insgesamt eine erhöhende Wirkung auf inländische Arbeitsplätze vermuten lassen, ist dieses Ergebnis doch mit größter Vorsicht zu interpretieren. Nicht nur sind mit einer Substitution von mineralischen Dämmstoffen durch Holzfaserdämmstoffe relativ gesehen wenige direkte Arbeitsplätze verbunden, auch lassen sich über damit verbundene nachgelagerte Arbeitsplatzeffekte nur recht grobe Abschätzungen treffen. Entsprechend muss – zumindest auf dem gegenwärtigen Stand der Methodenentwicklung – klar konstatiert werden, dass die hier ermittelten Ergebnisse einer statistischen Signifikanzprüfung wahrscheinlich nicht standhalten werden. Demgegenüber können jedoch durch Entflechtung der Vorleistungsstruktur wertvolle Tendenzaussagen für einzelne Branchen ermöglicht werden.

5.4.2 Kunststoffe

Das Substitutionspaar Kunststoffe zeichnet sich durch eine besonders schwache Datenlage aus, weshalb die im Folgenden dargestellten Effekte lediglich exemplarischen Charakter haben. Abbildung 4 veranschaulicht, aus welchen Branchen die Inputfaktoren von PS und PLA primär stammen. Während bei der Herstellung von PLA hauptsächlich auf Mais (Landwirtschaft) zurückgegriffen wird, spielt der Bezug von Erdgas und Mineralölerzeugnissen eine große Rolle. Bewusst beschränkt sich die Analyse ausschließlich auf die dargestellten Branchen, da sich hier die größten ablesbaren Effekte ergeben.

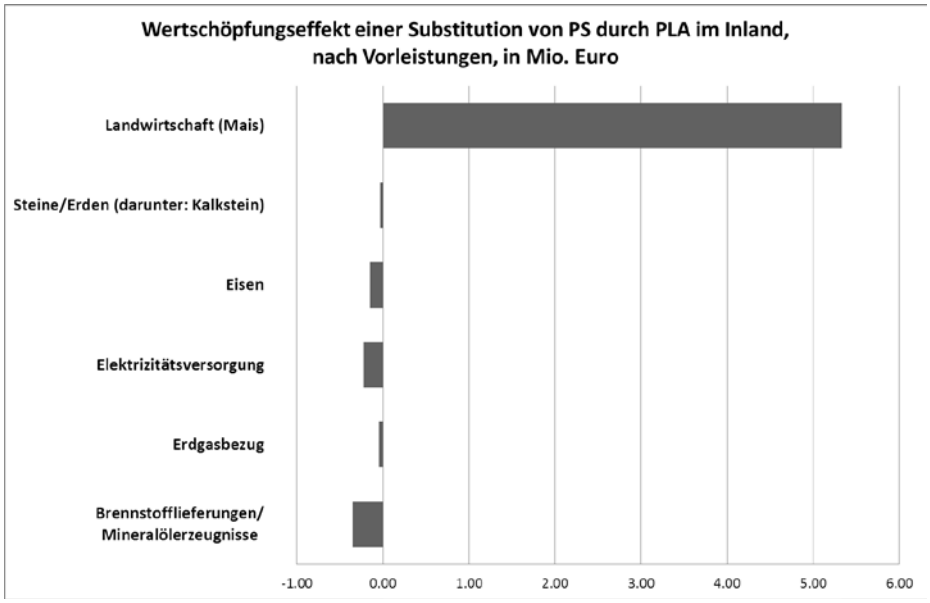
Abbildung 53: Vorleistungsstruktur Polystyrol vs. Polylactid



FiFo 2012

Aus einer Saldierung dieser Größen ergibt sich Abbildung 54. Hier wird ersichtlich, welche Vorleistungssektoren „Verlierer“ und welche Branchen „Gewinner“ sind. Ein stark positiver Effekt ergibt sich für die deutsche Landwirtschaft aufgrund der gestiegenen Nachfrage nach Mais. Leicht negative Wertschöpfungseffekte sind für Mineralölerzeugnisse und Elektrizitätsversorgung auszumachen.

Abbildung 54: Wertschöpfungseffekt einer Substitution von Polystyrol durch Polylactid



FiFo 2012

Was Beschäftigungseffekte angeht, ist von positiven Auswirkungen aufgrund der höheren Arbeitsintensität in der Landwirtschaft auszugehen. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich um Beschäftigte handelt, die tendenziell eine geringere Qualifikation aufzuweisen haben. Des Weiteren sollte man berücksichtigen, dass eine höhere Produktion in der Landwirtschaft mit einem höheren Flächenverbrauch einhergeht.[27]

5.5 Bewertung externer Umwelteffekte

Gegenstand des vorliegenden Forschungsvorhabens ist eine Anwendbarkeitsprüfung zur Abschätzung externer Umwelteffekte der betrachteten Substitutionspaare auf Grundlage der Methodenkonvention des Umweltbundesamtes.[28] Hierbei geht es darum, umweltrelevante Effekte bei Übergang einer Nutzung von Produkten auf fossiler Basis zugunsten einer stofflichen Biomassenutzung zu identifizieren. Letztlich soll eine solche Bewertung dazu dienen, die vorangehend dargestellte volkswirtschaftliche Analyse der Substitutionsbeziehungen um Umweltwirkungen zu ergänzen, so dass sich ein kohärentes Gesamtbild unternehmensinterner und unternehmensexterner Kosten ergibt.

Auf Grundlage der Ergebnisse des von der Europäischen Union initiierten Forschungsvorhabens ExternE[29] sowie auf Grundlage der Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten des Umweltbundesamtes ergibt sich ein Bild über die Höhe anzusetzender volkswirtschaftlicher Kosten. Im Rahmen der praktischen Anwendung der Methodenkonvention unter Mitarbeit des Finanzwissenschaftlichen Forschungsinstituts Köln (Maibach et al. (2007)) wurden für unterschiedliche Anwendungsmöglichkeiten konkrete Werte ermittelt.

Des Weiteren wurden im Rahmen der durch das IFEU-Institut durchgeführten Lebenszyklusanalyse (Netto-)Ergebnisse emittierter CO_2-Äquivalente bei Produktion der

[27] Dieser Aspekt ist jedoch nicht Gegenstand des vorliegenden Arbeitspakets.

[28] Vgl. Umweltbundesamt (2007).

[29] Vgl. http://www.externe.info/.

unterschiedlichen betrachteten fossilen und biobasierten Produkte (d. h. in diesem Kontext: PLA/PS sowie Holzfaserdämmstoffe/Steinwolldämmstoffe) berechnet.[30] Werden die in diesem Arbeitsschritt ermittelten Werte mit den gemäß der Methodenkonvention berechneten Schadenskosten abgeglichen, ergibt sich eine erste Abschätzung zur Höhe von Klimakosten.

Folgende Tabelle fasst die im Rahmen der Lebenszyklusanalyse berechneten Werte zusammen. Diese Werte werden dem durch Maibach et al. (2007) ermittelten Wert zur Schätzung der Klimafolgeschäden gegenübergestellt. Für letztere wird ein zentraler Wert i. H. v. 70 €/t CO_2 angesetzt.[31]

Tabelle 15: Exemplarische Berechnung von Klimakosten

Klimaauswirkungen (CO_2-Äquivalente, Nettoergebnis)		Externe Umweltkosten	Klimakosten, exempl. Berechnung
Produkt	**t CO_2-Äquivalente/Output**	**Zentraler Schätzwert (FiFo Köln, Maibach et al. 2007)**	**in €/Output**
Polystyrol (PS) (je t Output)	4,53	70 € / t CO_2	317,33 €
Polylactide (PLA) (je t Output)	3,87		270,67 €
Holzfaserdämmstoff (je m^2 Output)	-0,0053		-0,37 €
Steinwolle (je m^2 Output)	0,0104		0,73€

Quelle: Berechnungen FiFo Köln auf Basis von Ergebnissen der Lebenszyklusanalyse (IFEU-Institut) sowie Maibach et al. (2007)

Die hier ermittelten Werte sind unter der Prämisse des exemplarischen Charakters dieser Studie zu interpretieren. Insbesondere der Dämmstoffmarkt weist ein sehr heterogenes Produktportfolio auf, so dass die Auswahl *eines* Dämmstoffproduktes keinerlei Rückschlüsse auf den Gesamtmarkt erlaubt. Dies liegt insbesondere an den verschiedenartigen Einsatzbereichen mit entsprechend unterschiedlichen Ansprüchen an das Produkt (etwa Dämmung im Innen-/Außeneinsatz oder Dach-/Fassadenbereich).[32]

Dessen ungeachtet ist aus Tabelle 15 ersichtlich, dass durchaus von großen Unterschieden bezüglich individueller Klimakosten – hier gemessen an den CO_2-Äquivalenten – bei der Herstellung der beiden Substitutionspartner ausgegangen werden kann. Dies führt etwa dazu, dass die externen Effekte der Produktion einer Tonne Polystyrol um mehr als 17 Prozent höher

[30] Vgl. Arbeitspaket 4 des vorliegenden Forschungsprojektes.

[31] Wobei als Streubreite in Abhängigkeit der zugrunde gelegten Annahmen Kosten zwischen 20 – 280 € / t CO_2 zugrunde gelegt werden. Z. T. ist auch eine darüber hinausgehende Ermittlung weiterer Umweltdimensionen, wie etwa Lärmbelastung oder regional wirkender Luftverschmutzung, möglich (vgl. Maibach, et al. (2007), Umweltbundesamt (2007), Krewitt und Schlomann (2006)). Aufgrund einer hohen Fallspezifizität dieser Berechnungen erfolgt im vorliegenden Fall eine Konzentration auf Effekte, die sich in Form von CO_2-Äquivalenten ausdrücken lassen.

[32] Für eine repräsentative Studie ist daher eine ausführliche Marktuntersuchung unter Berücksichtigung aller unterschiedlichen Produkt-Einsatzbereiche unumgänglich. Dies ist jedoch nicht Gegenstand dieses Arbeitspaketes. Hier geht es vielmehr um die grundsätzliche Eignung der vorangehend dargestellten Methodik zur Darstellung volkswirtschaftlicher Effekte.

sind, als im Falle einer Substitution durch Polylactid. Des Weiteren sind die externen Effekte der Steinwollproduktion höher, während sie im Falle der Holzfaserdämmstoffproduktion im neutralen Bereich, bzw. leicht negativ sind. Letzteres liegt neben einer recht geringen CO_2-Intensität der Produktion an einer Gutschrift für Sekundärenergie (durch spätere thermische Nachnutzung der Holzdämmstoffplatten).

Wie bereits dargelegt, stellt bei der Berechnung der ökonomischen Effekte die unvollständige Datenbasis das größte Problem dar. Bei Vorliegen verlässlicher Informationen der betreffenden Gesamtmärkte ließe sich eine Ergänzung der Ergebnisse der Input-Output-Analyse um eine schadensorientierte Perspektive (externe Effekte) durchführen – wovon aus vorgenannten Gründen jedoch abgesehen werden muss.

5.6 Fazit

Im Mittelpunkt stand die Frage, ob eine Übertragung der im energetischen Bereich gebräuchlichen Input-Output-Analyse auf die stoffliche Nutzung wissenschaftlichen und politisch nutzbaren Erkenntnisgewinn verspricht, oder ob andere Wege gegangen werden sollten. Für den energetischen Bereich gibt es nur einige wenige Anwendungsmodelle, das Feld der stofflichen Nutzung ist weitaus komplexer. So existiert eine Vielzahl möglicher Substitutionspaare, die im Rahmen der vorliegenden Studie identifiziert wurden. Für die Prozessrecherche waren große Anstrengungen nötig, um eine hohe Detailgenauigkeit zu erreichen. Für die Prozesse bereitet die jeweilige Datenlage aufgrund der hohen Komplexität Probleme. Auch für andere Substitutionspaare als der beiden exemplarisch untersuchten dürfte sich die Datenlage als problematisch erweisen.

Insgesamt sind zumindest statische Momentaufnahmen volkswirtschaftlicher Effekte unter akzeptablem Informationsaufwand für einzelne Substitutionsbeziehungen möglich. Sobald die Analyse jedoch in die Breite geht (d. h. umfassende Darstellung aller möglichen Substitutionsbeziehungen) sowie darüber hinaus langfristig dynamische Entwicklungen einbezogen werden, ist der hierzu notwendige Aufwand zur Datenerhebung im Vergleich zum Nutzen unangemessen hoch. Für eine fundierte Beantwortung der Fragen sind eingehendere und ausführlichere Studien notwendig. Der Erkenntniszugewinn einer Analyse ist zudem angesichts einer Vielzahl potentieller Substitutionsbeziehungen zwischen fossiler und nachwachsender Rohstoffbasis in Frage zu stellen. Für einzelne Substitutionspaare können jedoch bei ausreichender Datenlage Analysen im Rahmen der Input-Output-Systematik vorgenommen werden. Abschließend lässt sich sagen, dass derzeit aufgrund der genannten Probleme die hier vorgestellte Methodik nicht geeignet ist, ein Gesamtbild der makroökonomischen Effekte der stofflichen Nutzung zu zeichnen.

Eine Möglichkeit zur Gewinnung zumindest approximativer Werte unter akzeptablem Arbeitsaufwand bestünde in einer top-down Analyse anhand jeweils übergeordneter Branchen, soweit vom Statistischen Bundesamt im Rahmen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen zur Verfügung gestellt. Zwar wäre hierdurch keine strikte Abgrenzung der betrachteten Branche (etwa der Holzdämmstoffbranche) möglich, jedoch könnte zumindest eine Approximation anhand der darüber stehenden – und hinsichtlich ihrer volkswirtschaftlichen Kenngrößen verfügbaren – Branche erfolgen.

6 Nachhaltigkeitsbewertung der stofflichen Biomassenutzung (Arbeitspaket 6)

Leitung: IFEU

Autoren: Köppen, S., Fehrenbach, H., Hennenberg, K.

6.1 Nachhaltigkeitsbewertung – Zielsetzung und Vorgehensweise

Ein wesentliches Teilziel dieses F+E-Projekts ist die Entwicklung eines Systems zur Nachhaltigkeitsbewertung für die stoffliche Nutzung von Biomasse. Diese Aufgabe hat IFEU übernommen. Dieses System soll als Bewertungsgrundlage für die Beurteilung der stofflichen Biomassenutzung aus Nachhaltigkeitssicht dienen und damit eine Entscheidungshilfe für Politik, Öffentlichkeit und Handel darstellen.

Die Entwicklung des Systems zur Nachhaltigkeitsbewertung erfolgt ausgehend von existierenden Kriterienkatalogen. Diese entstanden in den vergangenen Jahren vor allem in der Nachhaltigkeitsdiskussion um die Bioenergienutzung, wie z. B. im Zuge rechtlicher Regelungen, Standardisierungsprozessen, Abkommen und Zertifizierungssystemen. In Kapitel 6.2 werden die Kriterien der wichtigsten Systeme aus der energetischen Biomassenutzung sowie aus Land- und Forstwirtschaft aufgelistet und auf ihre Eignung für die Bewertung der stofflichen Biomassenutzung untersucht.

In Kapitel 6.3 wird ein Vorschlag für ein System zur Nachhaltigkeitsbewertung erarbeitet. Den roten Faden geben dabei jene Umweltfragen und Themenkomplexe, die derzeit in der Diskussion um eine nachhaltige Biomassenutzung als besonders relevant und problematisch erachtet werden:

- Minderung der Treibhausgasemissionen
- Erhalt und Schutz der Biodiversität sowie der Böden und Wasserressourcen
- Soziale Kriterien
- Flächenkonkurrenz, Landnutzungsänderung und Flächeneffizienz
- Genveränderte Organismen (GVO)
- Bezug zu globalen Fragen zur Agrarrohstoffnutzung, nachhaltigen Landnutzung, Ernährungssicherung, Energiepolitik, Internationaler Handel

Die Relevanz dieser Themen für eine stoffliche Biomassenutzung wird diskutiert und es wird geprüft, inwieweit diese Problemfelder mit den in Kapitel 6.2 analysierten Kriterien adressiert werden können.

6.2 Analyse existierender Nachhaltigkeitssysteme

Als Folge der kritischen Debatte um die stark wachsende Bioenergieproduktion wurden in den vergangenen Jahren von verschiedenen Seiten Vorschläge, Konzepte, Standards wie auch gesetzliche Regelungen zu Nachhaltigkeitskriterien entwickelt. Diese Entwicklung fand auf unterschiedlichen Ebenen statt – angefangen bei Zertifizierungssystemen zur Bewertung konkreter Projekte über gesetzliche Regelungen und Standardisierungsprozesse bis hin zu internationalen Abkommen. Darüber hinaus bestehen seit längerem Zertifizierungssysteme in der Land- und Forstwirtschaft. Im Folgenden werden die Regelungen, Standardisierungsprozesse und Zertifizierungssysteme zusammenfassend als „Systeme“ bezeichnet.

Eine Auswahl der wichtigsten Systeme wird auf ihre Eignung zur Bewertung stofflich genutzter Biomasse überprüft. Mit der Auswahl soll ein möglichst breites Spektrum an Systemen abgedeckt werden. Den Ausgangspunkt bilden rechtliche Regelungen auf der EU-Ebene: die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EE-RL; 2009/28/EG) enthält derzeit die einzigen rechtlich verbindlichen Nachhaltigkeitsanforderungen für Biomasse, genauer gesagt für Biokraftstoffe und flüssige Bioenergieträger. Mit ihrer Umsetzung in nationales Recht gelten diese Anforderungen auch für in Deutschland gehandelte Bioenergieträger. Ergänzend zur EE-RL steht der „Bericht über Nachhaltigkeitskriterien für die Nutzung fester und gasförmiger Biomasse bei Stromerzeugung, Heizung und Kühlung“ (KOM(2010)11 (EU Kommission 2010)), der entsprechende Anforderungen für die Nutzung fester und gasförmiger Brennstoffe vorschlägt.

Darüber hinaus laufen sowohl auf europäischer (CEN), als auch auf weltweiter Ebene (ISO) Standardisierungsprozesse, die Nachhaltigkeitskriterien für Bioenergie formulieren. Auf globaler Ebene sind die Arbeiten der Global Bioenergy Partnership (GBEP) von Bedeutung, die sich im November 2011 auf einen Satz von 24 Nachhaltigkeitsindikatoren für Bioenergie verständigt hat.

Die Auswahl wird abgerundet durch die wichtigsten Zertifizierungssysteme im Bereich der Bioenergie und der Forstwirtschaft sowie einem Leitfaden, der für nachhaltige Chemikalien entwickelt wurde.

Die Analyse der Systeme orientiert sich an den folgenden Fragestellungen:

- Inwieweit sind die Anforderungen vom Bioenergiesektor bzw. der nachhaltigen Land- und Forstwirtschaft auf biobasierte Produkte übertragbar?
- Wo besteht Anpassungsbedarf der Anforderungen?
- Wo gibt es Lücken?

In den folgenden Kapiteln werden die Systeme und ihre Kriterien vorgestellt, gefolgt von einer Analyse hinsichtlich der oben genannten Fragestellungen. In Kapitel 6.2.6 folgt ein zusammenfassendes Fazit zur Übertragbarkeit existierender Nachhaltigkeitskriterien auf die stofflich genutzte Biomasse.

6.2.1 Rechtliche Regelungen

6.2.1.1 Die Kriterien der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EG)

Die Erneuerbare Energien-Richtlinie (EE-RL) formuliert in den Artikeln 17 bis 19 Nachhaltigkeitsanforderungen für alle Biokraftstoffe und flüssigen Biobrennstoffe, die auf dem europäischen Markt gehandelt und für die Einhaltung der nationalen Ziele und Verpflichtungen einbezogen und/oder entsprechend finanziell gefördert werden. Die Anforderungen sind unterteilt in solche, die verbindlich von allen Marktakteuren erfüllt werden müssen und solchen, über die von den Mitgliedsstaaten lediglich berichtet werden muss.

Verbindliche Anforderungen

Alle Biokraftstoffe und flüssigen Biobrennstoffe, die auf das Ziel der EE-RL angerechnet werden sollen, müssen die im Folgenden beschriebenen Nachhaltigkeitsanforderungen erfüllen. Auch nationale Förderinstrumente sind an die Erfüllung der Kriterien gebunden.

Treibhausgasbilanz (Art. 17(2))

Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe müssen gegenüber einem fossilen Referenzwert eine Minderung von mindestens 35 % erreichen. Ab 2017 bzw. 2018 gelten Mindesteinsparungen von 50 % bzw. 60 %. Die Richtlinie formuliert in Anhang V eine Methode zur Berechnung der o.g. Emissionsminderungen, weitere Aspekte finden sich in Art. 19.

Übertragbarkeit

In einem Arbeitspaket des F+E-Projekts (AP4) wurde anhand von sechs beispielhaften Lebenszyklusanalysen dargestellt, welche Komplexität diese Lebenswege aufweisen und in welchem Umfang variable Größen Einfluss auf das Ergebnis haben können. Die methodischen Besonderheiten bei der Treibhausgasbilanzierung biobasierter Stoffe erschweren eine Standardisierung und damit die Übertragung der in der EE-RL beschriebenen Methode. Im Detail ergeben sich die folgenden Schwierigkeiten:

- Zwar ist die Bilanzierung über alle Lebenswegabschnitte übertragbar, jedoch ist (1) das Lebenswegende der biobasierten Produkte nicht zwingend vorgezeichnet und kann sehr unterschiedlich ausfallen (Recycling, energetische Verwertung, anderweitige Entsorgung) und (2) eine Kaskadennutzung möglich. Bei einer Standardisierung müssten entsprechende Festlegungen zur Definition des „end-of-life“ getroffen werden.
- Die funktionale Einheit (1 MJ Bioenergieträger) hat sich als nicht zweckmäßig bei der Bilanzierung biobasierter Stoffe erwiesen. Hier bedarf es vielmehr einer Massen-bezogenen Einheit, wobei funktionelle und qualitative Äquivalenz ausschlaggebend sind. Die funktionale Einheit muss produktspezifisch definiert werden, was zu einer großen Vielzahl führen kann.
- Hinsichtlich des Umgangs mit Nebenprodukten ist die Allokationsmethode auf Basis des unteren Heizwertes als kritisch zu sehen. Je höher die Stufe der Wertschöpfungskette, desto wahrscheinlicher ist es, dass auch Nebenprodukte spezifischen Nutzen aufweisen, die über einfache Energie-Allokation nicht hinreichend gerecht abgebildet werden. Dies ist besonders dann zu erwarten, wenn die Produktion über eine so genannte Bioraffinerie erfolgt.
- Ein weiteres Problem besteht bei der Wahl eines geeigneten Referenzsystems und der Festlegung einer prozentualen Einsparung gegenüber demselben. Für die biobasierten Produkte müssten Einsparraten für jedes Produkt gesondert abgeleitet werden, was angesichts der Vielzahl der Stoffe kaum realisierbar ist.

Flächenbezogene Anforderungen

Die Rohstoffe zur Herstellung von Biokraftstoffen und flüssigen Biobrennstoffen dürfen nicht von Flächen stammen, die im oder nach Januar 2008 den folgenden Status hatten:

- Flächen mit hoher Biodiversität (Art. 17 (3)): Primärwald, geschützte Flächen, Grünland mit großer biologischer Vielfalt,
- Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand (Art. 17 (4)): Feuchtgebiete, kontinuierlich bewaldete Gebiete,
- Torfmoore (Art. 17 (5))

Die unter Art. 17 (3) und (4) adressierten Flächen dürfen aber im Grundzug dann genutzt werden, wenn die Biomasseproduktion oder -entnahme das Schutzziel nicht gefährdet. Ausnahmen sind dabei Primärwälder und natürliches Grünland mit großer biologischer Vielfalt, die von jeglicher Nutzung ausgeschlossen sind.

Übertragbarkeit

Die Rohstoffe zur Herstellung von Biokraftstoffen und flüssigen Biobrennstoffen (Öl-, Stärke- und Zuckerpflanzen) können ebenso zur Herstellung biobasierter Stoffe genutzt werden. Dementsprechend lassen sich die oben genannten Kriterien auf eine stoffliche Nutzung übertragen, sofern es sich um dieselbe Rohstoffbasis, d. h. um Anbaubiomasse handelt.

Hier ist festzuhalten, dass die EE-RL einen klaren Fokus auf die Nutzung von Biomasse aus der Agrarproduktion setzt. Soll hingegen feste Biomasse („solid biomass") aus forstlicher Produktion genutzt werden – egal, ob stofflich oder energetisch – reichen die Anforderungen für den Schutz der Flächen mit großer biologischer Vielfalt nicht aus. Wälder mit großer biologischer Vielfalt, die nicht mehr als Primärwald einzustufen sind, erhalten keinen Schutz. Beispielsweise kann ein artenreicher Eichenaltbestand in eine Fichten-Monokultur oder ein artenreicher tropischer Sekundärwald in eine Teak-Plantage umgewandelt werden. Solche Flächen erfüllen nicht die in der EE-RL aufgeführten Merkmale von „Flächen mit hoher biologischer Vielfalt" (vgl. Art. 17(3)), wenn sie weder Primärwald sind, noch anderweitig unter Schutz stehen. Eine Nutzung ist hier also erlaubt. Auch das Kriterium Schutz von „Flächen mit hohem Kohlenstoffbestand" greift nicht (vgl. Art. 17(4)) nicht. Fichten-Monokulturen und Teak-Plantagen haben weiterhin den Status „kontinuierlich bewaldete Gebiete", sofern die Voraussetzung „Überschirmungsgrad von mehr als 30%" erfüllt ist. Die tatsächliche Veränderung des Kohlenstoffbestandes innerhalb dieser Voraussetzung ist im Rahmen der Richtlinie nicht relevant. Es findet in diesem Sinne keine (unzulässige) Status-Änderung statt[33]. Die Verluste an Biodiversität durch Umwandlung von Wald zu intensiv genutzten Forsten werden ebensowenig von der EE-RL adressiert. Um diese Lücke zu schließen, sollte eine zusätzliche Kategorie „Wälder mit großer biologischer Vielfalt" eingebracht werden (siehe Details in ÖKO/HFR/ILN 2012).

Anbaubezogene Anforderungen

Die Rohstoffe, die innerhalb der EU angebaut werden, müssen den gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der gemeinsamen Agrarpolitik (Cross Compliance) sowie den Mindestanforderungen für den guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand entsprechen (Art. 17(6)).

Übertragbarkeit

Ebenso wie bei den flächenbezogenen Anforderungen gilt auch hier eine volle Übertragbarkeit der Anforderungen auf die stofflich genutzte Biomasse, wenn es sich um Anbaubiomasse handelt.

Für eine Nutzung fester Biomasse aus der forstlichen Produktion bestehen aber keine Anforderungen. Dies ist mit darin bedingt, dass es keine EU-weit einheitlichen Anforderungen für eine forstliche Nutzung gibt. Eine Erweiterung ist hier anzuraten.

[33] Siehe die Erläuterungen in der *Mitteilung (2010/C 160/02 (EU Kommission 2010b)),* Kapitel 4.2.: „Rohstoffe dürfen nicht von kontinuierlich bewaldeten Flächen gewonnen werden, wenn sich der Status der Flächen gegenüber ihrem Status im Januar 2008 geändert hat. Vom Begriff „kontinuierlich bewaldete Gebiete" ausgenommen sind nur „landwirtschaftlich genutzte Flächen", d.h. *Baumbestände in landwirtschaftlichen Produktionssystemen wie Obstbaumplantagen, Ölpalmenplantagen und Agrarforstsystemen, bei denen Pflanzen unter einer Beschirmung angebaut werden."*

Berichtspflichten

Diese folgenden Kriterien sind keine verbindliche Voraussetzung für eine Anrechnung der Energieträger, sondern es bestehen lediglich Berichtspflichten seitens der Kommission sowie der Wirtschaftsteilnehmer (Art. 17(7)):

- Umsetzung der oben aufgeführten Kriterien
- Schutz von Boden, Wasser und Luft
- Folgen der Biokraftstoff-Politik der Gemeinschaft hinsichtlich der Verfügbarkeit von Lebensmitteln zu erschwinglichen Preisen (insbes. in Entwicklungsländern)
- Wahrung der Landnutzungsrechte
- Ratifizierung und Umsetzung der ILO-Kern-Normen
- Unterzeichnung des Protokolls von Cartagena über die biologische Sicherheit
- und des Übereinkommens über den internationalen Handel mit gefährdeten Arten frei lebender Tiere und Pflanzen (CITES)

Übertragbarkeit

Auch hier besteht eine volle Übertragbarkeit der Anforderungen auf die Biomasse, die zur stofflichen Nutzung angebaut wird. Das Cartagena-Protokoll zur biologischen Sicherheit weist auf eine Problematik hin, die bei der stofflichen Nutzung unter Umständen in besonderem Maße relevant werden kann: die Nutzung genveränderter Organismen (GVO).

6.2.1.2 Die Kriterien der KOM(2010)11

Der „Bericht über Nachhaltigkeitskriterien für die Nutzung fester und gasförmiger Biomasse bei Stromerzeugung, Heizung und Kühlung“ (KOM(2010)11) formuliert keine rechtlich verbindlichen Anforderungen, sondern listet Nachhaltigkeitsaspekte, die für die energetische Nutzung von fester und gasförmiger Biomasse relevant sind und empfiehlt entsprechende Maßnahmen. Generell wird empfohlen, die in der EE-RL formulierten Kriterien, soweit möglich, anzuwenden. Es wird außerdem auf zusätzliche Risiken hingewiesen, die bei der Nutzung fester Biomasse bestehen:

- Verringerung des Kohlenstoffvorrats im Boden bei Erhöhung der Nachfrage nach forst- und landwirtschaftlichen Reststoffen
- Verringerung der Produktivität durch unangepasstes Management
- Entwaldung und Waldschädigung

Auf die Relevanz dieser Risiken weist auch der Sachverständigenrat in Umweltfragen im Kapitel „umweltgerechte Waldnutzung“ des aktuellen Hauptgutachtens hin (SRU 2012).

Dieser Bericht empfiehlt außerdem die Durchführung einer Treibhausgasbilanz, die sich im Wesentlichen an der in der EE-RL formulierten Methodik orientiert und lediglich einige Anpassungen spezifisch für die Erzeugung von Strom, Wärme und Kühlung enthält. Für die Berechnung der langfristigen Veränderung von Kohlenstoffbeständen (Carbon debt) zur Berücksichtigung der oben genannten Risiken bedarf es weitergehender Ansätze.

Übertragbarkeit

Feste Biomasse, vor allem Holz, ist der Hauptrohstoff in der biobasierten Industrie. Dementsprechend relevant sind die im Bericht formulierten Risiken auch bei einer stofflichen

Nutzung dieser Rohstoffbasis. Da sich die Risiken auf den Anbau-, bzw. Erzeugungsschritt beziehen, sind sie übertragbar. Eine Entscheidung der EU Kommission, ob auch für feste und gasförmige Bioenergieträger EU-weit verbindliche Nachhaltigkeitskriterien formuliert werden sollen, steht noch aus. Solche Kriterien wären dann ebenfalls auf eine stoffliche Nutzung übertragbar, sofern es sich um dieselbe Rohstoffbasis handelt. Bei der Formulierung solcher Kriterien sollten insbesondere auch Schutzanforderungen für Wälder mit großer biologischer Vielfalt formuliert werden sowie Nachhaltigkeitsanforderungen an eine forstliche Nutzung in der EU (siehe Kapitel 6.2.1.1). Bezüglich der Übertragung der Treibhausgasbilanzierung gelten die selben Einwendungen wie bereits für die EE-RL formuliert (siehe Kapitel 6.2.1.1).

6.2.2 Standardisierungsprozesse

Sowohl die internationale ISO-Norm (ISO/WD 13065) als auch der europäische Standard (prEN 16214) formulieren Nachhaltigkeitskriterien für Bioenergie. Im ISO-Prozess ist vor allem die Industrie stark vertreten, aufgrund dessen spiegelt der entsprechende Standard den Blickwinkel der Marktakteure wider. Die ISO-Norm 13065 beinhaltet keine festen Grenzwerte, sie soll vielmehr einen harmonisierten Rahmen für die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten liefern. Da sie unter anderem auf einer Bestandsaufnahme bereits existierender Nachhaltigkeitsinitiativen beruht, enthält sie im Wesentlichen dieselben Kriterien, wie sie auch in Kapitel 6.2.4 aufgelistet werden. Bezüglich der Treibhausgasbilanzierung wird keine neue Methode vorgeschlagen, sondern weitgehend auf die ISO-Norm 14067 (Product Carbon Footprint) Bezug genommen und es werden für bioenergiespezifische Hinweise teilweise ergänzende Erläuterungen aufgegriffen.

Der europäische Standard prEN 16214 folgt den in der EE-RL festgelegten Kriterien und Regeln und spezifiziert insbesondere Ausnahmeregelungen zur Nutzung in Schutzgebieten, von Grünland mit großer biologischer Vielfalt und von Torfmooren. Er beinhaltet Erläuterungen und Erklärungen zu den in der EE-RL enthaltenen Regelungen sowie zu den durch die Kommission veröffentlichten Begleitberichten. Aufgrund der Nähe zur EE-RL ergeben sich hier die selben Schlussfolgerungen, wie sie oben beschrieben sind.

Aufgrund dieser methodischen Besonderheiten ist eine Standardisierung von Ökobilanzen für bio-basierte Produkte, bzw. eine Definition von Konventionen sehr viel komplexer, als beispielsweise bei Bioenergieträgern. Dieser Herausforderung widmet sich derzeit eine Arbeitsgruppe des Europäischen Komitees für Normung (CEN/TC 411/WG 4). Ausgehend von den ISO-Normen der 14000er-Reihe (u. a. den Ökobilanz-Normen 14040 und 14044) ist es das Ziel der Arbeitsgruppe, konkrete Empfehlungen oder – sofern ohne Konflikte mit den genannten ISO-Normen überhaupt möglich – weitergehende Festlegungen für die ökobilanzielle Bewertung von bio-basierten Produkten zu erarbeiten. Hinsichtlich der Wirkungskategorie Treibhauseffekt (Klimaänderung) ist abzusehen, dass eine 1:1-Übertragung der (nicht ISO-konformen) Rechenregeln aus der EE-RL (2009/28/EG) weder sinnvoll noch möglich sein wird. Ergebnisse sind im Jahr 2014 zu erwarten.

6.2.3 Die Indikatoren der Global Bioenergy Partnership (GBEP)

Die Global Bioenergy Partnership (GBEP) ist ein Forum für einen High-Level Politikdialog zu den Themen Bioenergie und nachhaltige Entwicklung.[34] GBEP hat u. a. zum Ziel, ein

[34] GBEP wurde 2005 auf dem G8-Gipfel in Gleneagles beschlossen und 2007 in Heiligendamm bestätigt. Teilnehmer sind Regierungsvertreter aus derzeit 45 Staaten (22 Partner und 23 Beobachter) und 24 maßgebliche

gemeinsames Verständnis über Nachhaltigkeitskriterien für Bioenergie zu entwickeln. Im November 2011 wurde ein Katalog von 24 Nachhaltigkeitsindikatoren nach mehreren Jahren Verhandlung verabschiedet (GBEP 2011). In Tabelle 16 sind die thematischen Benennungen der Indikatoren zusammengestellt. In dem umfassenden GBEP-Bericht wird jeder der Indikatoren mit einem mehrseitigen „Methodology Sheet“ detailliert erläutert.[35]

Übertragbarkeit

Die Nachhaltigkeitsindikatoren der GBEP wurden zur Anwendung auf nationaler Ebene entwickelt, etwa um die Entwicklung von Politikstrategien auf dem Gebiet der Bioenergie zu unterstützen und den Einfluss dieser Strategien zu überwachen. Sie sind daher nur bedingt dazu geeignet, konkrete Projekte zu bewerten. Die meisten der aufgelisteten Indikatoren sind auch bei der Bewertung stofflich genutzter Biomasse relevant (übertragbare Indikatoren sind durch Fettdruck gekennzeichnet). So sind alle Umweltindikatoren übertragbar, da diese sich auf den Biomasseanbau beziehen, unabhängig von einer späteren Nutzung der Biomasse.

Im sozialen und ökonomischen Bereich wurden einige der Indikatoren spezifisch für den Bioenergiebereich entwickelt und sind deshalb nicht übertragbar. Es handelt sich dabei um solche, die sich auf die Nutzung von Holz als Brennmaterial in Entwicklungsländern beziehen. Die anderen Indikatoren sind auch für eine stoffliche Biomassenutzung anwendbar, wenn auch teilweise leichte Anpassungen notwendig sind (z. B. könnte Nr. 22 umbenannt werden in „Rohstoffdiversität“).

internationale Institutionen wie die UN Foundation, die FAO, das UNEP oder die IEA. Das GBEP Sekretariat ist am FAO Hauptquartier in Rom angesiedelt; siehe auch: http://www.globalbioenergy.org/

[35] Die Nutzung des Begriffs „Indikator“ zur Benennung eines Themas wurde im GBEP-Plenum mehrheitlich entschieden. Auf die Nutzung des Begriffs „Kriterium“ wurde gänzlich verzichtet, da GBEP keine „Grenzwerte“ zwischen nachhaltig/nicht-nachhaltig definiert. In den Methodology Sheets wird die Indikator-Messgröße spezifiziert, wobei unter einem Indikatoren-Titel häufig mehrere Messgrößen als Unter-Indikatoren gefasst werden, z. B. bei *Biological diversity* (8):
8.1 Area and percentage of nationally recognized areas of high biodiversity value or critical ecosystems converted to bioenergy production
8.2 Area and percentage of the land used for bioenergy production where nationally recognized invasive species, by risk category, are cultivated
8.3 Area and percentage of the land used for bioenergy production where nationally recognized conservation methods are used

Tabelle 16: Nachhaltigkeitsindikatoren der Global Bioenergy Partnership

Umweltindikatoren	Soziale Indikatoren	Ökonomische Indikatoren
1. Treibhausgasemissionen über den Lebensweg	9. Verteilung und Besitzstruktur von Land	17. Produktivität
2. Bodenqualität	10. Preise und Versorgungssituation von Nahrungsmitteln auf nationaler Ebene	18. Netto-Energie-Bilanz
3. Holzerträge	11. Einkommensveränderungen	19. Bruttowertschöpfung
4. Luftschadstoffemissionen (Nicht-THG)	12. Arbeitsplätze im Bioenergiesektor	20. Veränderung im Verbrauch fossiler Energieträger und traditioneller Bioenergie
5. Wassernutzung und Effizienz	13. unbezahlter Zeitaufwand von Frauen und Kindern für das Sammeln von Biomasse	21. Aus- und Weiterbildung von Arbeitskraft
6. Wasserqualität	14. Für verbesserten Zugang zu moderner Energieversorgung genutzte Bioenergie	22. Energiemix
7. Biodiversität	15. Veränderung der Mortalität und Krankheitsbelastung durch Innenraum-Luftverschmutzung	23. Infrastruktur und Logistik zur Verteilung von Bioenergie
8. Landnutzung und Landnutzungsänderung	16. Aufkommen von arbeitsbedingten Unfällen, Verletzungen, Todesfällen	24. Kapazität und Flexibilität der Nutzung von Bioenergie

(eigene Übersetzung nach GBEP 2011)

6.2.4 Zertifizierungssysteme

Außerhalb der gesetzlichen Regelungen und Standardisierungsprozesse wurden Nachhaltigkeitskriterien unter anderem im Rahmen von Zertifizierungssystemen formuliert. Es werden die Kriterien folgender Systeme beispielhaft analysiert: Roundtable on Sustainable Biofuel (RSB)[36], International Sustainability and Carbon Certification (ISCC)[37] sowie Forest Stewardship Council (FSC)[38]. Neben diesen drei Systemen existieren zahlreiche weitere Systeme sowohl im Bereich Bioenergie, als auch allgemein in der Land- und Forstwirtschaft. Es werden stellvertretend diese drei Systeme analysiert, da sie die gesamte Rohstoffbasis erfassen, die sich potenziell auch zur Herstellung biobasierter Stoffe eignet. RSB und ISCC sind derzeit die beiden umfangreichsten Systeme zur Zertifizierung von Biokraftstoffen und damit von Anbaubiomasse aus der Landwirtschaft. ISCC entwickelt darüber hinaus ein zusätzliches System zur Zertifizierung stofflich genutzter Biomasse (ISCC PLUS). Zusätzlich wird FSC in die Analyse mit aufgenommen, das bereits seit langem auf dem Gebiet der nachhaltigen Forstwirtschaft etabliert ist.

[36] http://rsb.epfl.ch/ (Version 2.0)

[37] http://www.iscc-system.org/ (Version 2.3)

[38] http://www.fsc-deutschland.de/ (Version 4.0)

Es existieren weitere Initiativen und Prozesse, die die Ausdehnung von Nachhaltigkeitskriterien auf andere Bereiche jenseits der Bioenergie thematisieren. So wurde vom WWF in einer Machbarkeitsstudie überprüft, wie Nachhaltigkeitskriterien auf die gesamte Biomasseproduktion ausgeweitet werden können (WWF 2012). Daneben läuft unter der Federführung des BMELV die "Initiative Nachhaltige Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Biomassenutzung" – kurz "INRO". Sie bringt verschiedene Akteure zusammen, um freiwillige Nachhaltigkeitskriterien für die Zertifizierung der stofflichen Biomassenutzung zu erarbeiten.

Tabelle 17 enthält die Zusammenfassung der Nachhaltigkeitskriterien von RSB, ISCC und FSC. Als Vergleich sind in der rechten Spalte die Anforderungen der Erneuerbare Energien-Richtlinie (EE-RL) aufgeführt. Es wird unterschieden zwischen verbindlichen Anforderungen (grüner Punkt) und Berichtspflichten (gelber Punkt). Die Kriterien von ISCC PLUS sind nicht separat in der Tabelle aufgelistet, da sie sich im Wesentlichen mit den allgemeinen ISCC-Kriterien decken. Lediglich bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen finden sich Abweichungen, da der Vergleich mit einem Referenzsystem entfällt.

Tabelle 17: Zusammenfassung der Nachhaltigkeitskriterien in Zertifizierungssystemen und in der EE-RL

	Kriterien[39]	RSB	ISCC	FSC	EE-RL[40]
UMWELT					
Treibhausgase					
THG-Emissionen	Reduzierung der Treibhausgasemissionen (inkl. Berechnungsmethode)	X	X		●
Biodiversität					
Schutz wertvoller Lebensräume	Keine Konversion/Nutzung von Gebieten mit hohem Wert für biologische Vielfalt	X	X	X	●
	Schutz wertvoller und gefährdeter Lebensräume, Tier- und Pflanzenarten	X		X	●
Unterstützung der Agro-Biodiversität	Etablierung von Schutzzonen mit natürlicher Vegetation und ökologischen Korridoren innerhalb des Bewirtschaftungsgebietes	X		X	
	Einrichtung von Pufferzonen um ökologisch wertvolle Flächen	X			
	Standortangepasste Artenauswahl mit Schwerpunkt auf einheimischen Arten und einer möglichst diversen Struktur; Monitoring beim Einsatz von Gastbaumarten			X	
	Vorsichtiger und sachgerechter Einsatz von Agro-Chemikalien	X	X	X	●▯▯
	Standortangepasste Bodenbearbeitung bzw. Waldbewirtschaftung	X	X	X	●▯▯
	Umsichtiger Umgang mit Abfallstoffen (Lagerung, Entsorgung)	X	X	X	
Genveränderte Organismen	Verbot (FSC) bzw. vorsichtiger Einsatz (RSB) von genveränderten Organismen	X		X	●
Boden					
Bodenerosion	Erhalt der Bodenstruktur durch umsichtigen Einsatz von Maschinen	X	X	X	●
	Einsatz erosionsmindernder Anbaumethoden	X	X	X	●▯▯
Bodenqualität	An Nährstoffbedarf angepasster Düngereinsatz		X		●▯▯
	Angemessener Umgang, Lagerung und Entsorgung von Agro-Chemikalien	X	X	X	

[39] Bei der Zusammenfassung der Kriterien mussten diese verallgemeinert und vereinfacht werden. Deshalb weicht der genaue Wortlaut in der Tabelle von dem in den Systemen ab.

[40] Gilt nur für Anbaubiomasse zur Erzeugung von Biokraftstoffen und flüssigen Bioenergieträgern, nicht für Forstwirtschaft; soll nach Empfehlung der KOM(2010)11 auch auf feste Bioenergieträger angewandt werden; grüne Punkte: verbindliche Anforderung, gelbe Punkte: Berichtspflicht

[41] In den Mitgliedsstaaten der EU müssen die Cross Compliance-Anforderungen eingehalten werden; für Länder außerhalb der EU bestehen lediglich Berichtspflichten zum Bodenschutz

	Anpassung der Ernteraten (incl. Reststoffen) an Standortgegebenheiten			X	
	Verbot der Verbrennung als Bewirtschaftungsmethode	X	X		
Wasser					
Verschmutzung von Oberflächen- und Grundwasser	Angemessener Einsatz von Düngemitteln und Pestiziden	X	X	X	
	Bevorzugung von biologischem Pflanzenschutz und organischem Dünger			X	
	Errichtung von Pufferzonen um Wasserflächen	X	X	X	
	Sachgerechter Umgang, Lagerung und Entsorgung von Agro-Chemikalien	X	X	X	
	Kein Einsatz v. ungeklärtem Abwasser zur Bewässerung		X		
Ausbeutung von Wasserressourcen	Nachhaltige Bewirtschaftung von Wasserressourcen (Wassermanagementplan)	X		X	
	Effiziente Nutzung des Wassers	X			
	Berücksichtigung lokaler/indigener Wassernutzungsrechte	X	X	X	
Luft					
Emission von Luftschadstoffen	Verbot der Verbrennung von Abfällen	X	X		
	Verbot des Feuereinsatzes zur Landkonversion	X			
	Identifizierung von Luftschadstoffen während des Produktionsprozesses und deren Verminderung	X			
Ressourcen					
Ressourceneffizienz	Vermeidung und Recycling von Abfällen		X	X	
SOZIO-ÖKONOMIE					
Arbeitsrechte					
Wahrung der Arbeitsrechte	Berücksichtigung der ILO-Standards	X	X	X[42]	
Landnutzungsrechte					
Wahrung der Landnutzungsrechte	Definition und Dokumentation von Landnutzungsrechten; Berücksichtigung traditioneller Landnutzungsrechte	X	X	X	
Lebensbedingungen					
Positiver Beitrag zu Verbesserung der Lebensbedingungen	Förderung der sozialen und ökonomischen Entwicklung der Arbeiter und lokalen Bevölkerung	X	X	X	
	Keine negative Beeinträchtigung der Nahrungsmittelsicherheit	X	X		
Umgang mit Bevölkerung					
Verantwortungs-voller Umgang mit der Bevölkerung	Beteiligung lokaler Stakeholder	X	X	X	
	Einrichtung v. Beschwerde- und Entschädigungsmechanismen	X	X	X	

[42] Die Wahrung der Arbeitsrechte bezieht sich im Haupt-Standard nur auf den Anbauschritt. Für die Zertifizierung von Produktketten wurde ein eigener Standard entwickelt („Chain of Custody"). Er fordert eine Erklärung seitens der verarbeitenden Unternehmen, dass keine der ILO-Kernnormen verletzt wurden sowie den Nachweis über die Einhaltung von Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften.

Übertragbarkeit

Alle drei Zertifizierungssysteme zusammen genommen erfassen einen Großteil der Nachhaltigkeitskriterien, die derzeit auf dem Gebiet der Biomassenutzung als relevant erachtet werden. In einigen Fällen bestehen Deckungsungleichheiten zwischen den Systemen, die sich meist aus ihren unterschiedlichen Anwendungsbereichen ergeben: RSB und ISCC wurden im Kontext der Biokraftstofferzeugung entwickelt und sind dadurch primär auf die Zertifizierung von Anbaubiomasse aus der Landwirtschaft ausgelegt. FSC hingegen ist zur Zertifizierung von Forstsystemen entstanden, unabhängig von der weiteren Verwendung des Holzes. Aus diesem Grund ist bei letzterem auch die Erstellung einer den gesamten Lebensweg abdeckenden Treibhausgasbilanz nicht Teil des Systems.

Den größten Teil der in den Zertifizierungssystemen formulierten Anforderungen bilden flächen- und anbaubezogene Kriterien. Da die zertifizierten Rohstoffe (Anbaubiomasse, Holz) auch stofflich genutzt werden könnten, können die Anforderungen auf eine solche Nutzung übertragen werden. Hinsichtlich der Abdeckung der gesamten Wertschöpfungskette erwähnt lediglich RSB explizit, dass die aufgelisteten Anforderungen auch für die Verarbeitungsstufe der Biomasse, d. h. für die Biokraftstoffproduktion gelten. Die entsprechenden Kriterien (Luft- und Wasserschutz, Arbeitsrechte) sind so allgemeingültig, dass sie auch auf die stoffliche Nutzung der Biomasse übertragen werden können. FSC adressiert die Produktketten über einen separaten Standard („Chain of Custody“).

6.2.5 Leitfaden Nachhaltige Chemikalien

Der „Leitfaden Nachhaltige Chemikalien“ wurde vom Umweltbundesamt (UBA) für die Anwendung in der chemischen Industrie entwickelt und soll Hersteller und dabei unterstützen, Nachhaltigkeitsaspekte bei der Auswahl und dem Einsatz von Chemikalien einzubeziehen (UBA 2010). Dazu formuliert er unter anderem Kriterien zur Bewertung der Nachhaltigkeit. Hierbei wird unterschieden zwischen stoffbezogenen Kriterien, die allein vom Stoff abhängen und anwendungsbezogenen Kriterien, die mit der Art der Verwendung des Stoffs zusammen hängen. Die Kriterien sind in Tabelle 18 aufgelistet.

Tabelle 18: Nachhaltigkeitskriterien der chemischen Industrie

Stoffbezogene Kriterien	Anwendungsbezogene Kriterien
1. Nennung des Stoffs in Problemstofflisten	1. Emissionspotenzial der Verwendung des Stoffs
2. Gefährlichkeit des Stoffs aufgrund physikalisch-chemischer Eigenschaften	2. Anwendergruppen des Stoffs
3. Gefährliche Eigenschaften des Stoffs für den Menschen	3. Anwendungsmengen des Stoffs
4. Problematische Eigenschaften des Stoffes für die Umwelt	4. Abfallphase des Stoffes
5. Mobilität des Stoffs	5. Substituierbarkeit des Stoffs
6. Herkunft des (Roh-)Stoffs	6. Nutzenpotenziale des Stoffs
7. Treibhausgasemissionen, die mit der Herstellung des (Roh-)Stoffs verbunden sind	7. Innovationspotenzial des Stoffs

8. Ressourcenverbrauch, der mit der Herstellung des Stoffs verbunden ist	

Übertragbarkeit

Die aufgelisteten Kriterien lassen sich ohne weiteres auf biobasierte Chemikalien übertragen, die einen signifikanten Anteil an den biobasierten Produkten ausmachen. Insbesondere dort, wo chemische Übereinstimmung herrscht, besteht kein Grund, zwischen der Rohstoffbasis von Chemikalien zu unterschieden. Dies betrifft insbesondere auch die Gefährlichkeit bestimmter Stoffe und die damit verbundenen Vorsichtsmaßnahmen. Sollten aus der Biomassebasis neue Chemikalien entwickelt werden, sind evtl. auftretende Risiken zu untersuchen und entsprechende Maßnahmen abzuleiten.

Einige der Kriterien lassen sich auf die stoffliche Nutzung insgesamt übertragen, diese sind durch fette Schrift markiert. Dies gilt für die Aufteilung in stoff- und anwendungsbezogene Kriterien: erstere entsprechen den flächen- und anbaubezogenen Kriterien, während letztere auf die anschließende Weiterverarbeitung fokussiert sind. Die übertragbaren Kriterien wie die Treibhausgasemissionen oder die Herkunft des Rohstoffes sind mit den im vorhergehenden Kapitel dargestellten Systemen bereits abgedeckt, so dass sich hier keine neuen Aspekte ergeben. Lediglich auf eines der anwendungsbezogenen Kriterien sei an dieser Stelle ein besonderes Augenmerk geworfen: der Anwendungsmenge. Sie kann einige der anderen Kriterien verstärken oder abschwächen. Beispielsweise kann die Relevanz von Treibhausgasemissionen steigen, wenn der entsprechende Stoff in großen Mengen produziert wird. Werden jedoch nur kleine Mengen produziert, fließen Treibhausgasemissionen weniger stark in die Nachhaltigkeitsbewertung mit ein, da nicht zu relevanten Gesamteinsparungen beigetragen werden kann. Bei der großen Menge unterschiedlichster biobasierter Stoffströme sollte dieses Kriterium zunächst sorgfältig geprüft werden, bevor es um die Auswahl der Nachhaltigkeitskriterien geht.

6.2.6 Fazit zur Übertragbarkeit der Kriterien

Die in den vorhergehenden Kapiteln analysierten Systeme enthalten in ihrer Gesamtheit Nachhaltigkeitskriterien, die auch für die Bewertung der stofflichen Nutzung relevant sind und größtenteils auf sie übertragen werden können. Die flächen- und anbaubezogenen Umweltkriterien lassen sich allesamt übertragen, da die stoffliche Nutzung im Wesentlichen die selbe Biomassebasis nutzt, die bereits durch die oben beschriebenen Systeme erfasst ist. Auch die Kriterien im sozio-ökonomischen Bereich lassen sich übertragen.

Bezüglich der Umweltkriterien gilt allerdings die Einschränkung, dass keines der untersuchten Systeme allein alle in Frage kommenden Rohstoffe erfasst und somit entsprechend Lücken hinsichtlich der gesamt möglichen Rohstoffbasis aufweist. Insbesondere besteht hier eine deutliche Trennlinie zwischen Anbaubiomasse aus der Landwirtschaft sowie fester Biomasse aus der Forstproduktion, die derzeit von unterschiedlichen Systemen erfasst werden.

Vor allem ist hier festzuhalten, dass sich die EE-RL als einzige rechtlich verbindliche Regelung nur auf Anbaubiomasse aus der Landwirtschaft bezieht. Sollte eine ähnliche Regelung auch für die stoffliche Nutzung entwickelt werden, wäre eine Erweiterung zur Erfassung von fester Biomasse notwendig, insbesondere hinsichtlich des Schutzes von Wäldern mit großer biologischer Vielfalt sowie der Nachhaltigkeitsanforderungen für die Forstwirtschaft. Des weiteren sind in der EE-RL nur einige der umweltbezogenen Kriterien verbindlich, auch zu sozialen Aspekten muss lediglich berichtet werden. Hier besteht, wie auch in der Biokraftstoffnutzung allgemein, weiterer Verbesserungsbedarf.

Neben der zu erfassenden Rohstoffbasis und dem sich daraus ergebenden Anpassungsbedarf besteht ein solcher auch hinsichtlich der Abdeckung des Lebenswegs. So beschränken sich die

derzeit bestehenden Systeme oft auf den Anbau, d. h. die Produktion von Biomasse. In der stofflichen Nutzung der Biomasse kann jedoch die Anwendung von Nachhaltigkeitskriterien auf den gesamten Lebensweg, d. h. insbesondere auch die Berücksichtigung von Verarbeitung, Nutzung und Entsorgung relevanter werden als bei deren energetischer Nutzung. Je nach Produkt sind zahlreiche Verarbeitungsschritte notwendig, so dass die Produktionsketten um einiges komplexer und mit höherem Inputaufwand verbunden sein können. Daraus können sich weitere Anforderungen beispielsweise an den Luft- oder Gewässerschutz sowie an die Arbeitsbedingungen ergeben.

Der größte Anpassungsbedarf besteht jedoch in der Treibhausgasbilanzierung. Diese ist in der EE-RL verbindlich vorgeschrieben. Bei den Arbeiten innerhalb dieses F+E-Projekts (AP4 „Lebenszyklusanalysen“) wurde die Vielfalt und Komplexität der stofflichen Herstellungspfade sehr deutlich. Eine direkte Übertragung der Treibhausgas-Bilanzierungsmethode analog zur EE-RL ist aufgrund der Komplexität der stofflichen Biomassenutzung nicht möglich.

6.3 Vorschlag eines Systems zur Nachhaltigkeitsbewertung von stofflich zu nutzender Biomasse

Der hier vorgelegte Vorschlag eines Systems zur Nachhaltigkeitsbewertung reflektiert verschiedene existierende Systeme, Standards und Regelungen (siehe Kapitel 6.2). Er nimmt dabei Bezug auf die Themenkomplexe aus der laufenden Diskussion um eine nachhaltige Biomassenutzung. Dabei werden die Aspekte herausgestellt, die für die stoffliche Biomassenutzung von spezifischer Bedeutung sind. Dort, wo eine gleichartige Behandlung gegenüber Bioenergie und eine Übertragung der entsprechenden Kriterien angemessen ist, soll dies auch erfolgen. Dort, wo die stoffliche Nutzung spezielle Herangehensweisen benötigt, werden entsprechende Vorschläge vorgelegt.

Für die Treibhausgasberechnung zeigte sich im Rahmen der Analyse ein besonders großer Anpassungsbedarf. Deswegen wird hierzu in Kapitel 6.3.2 ein Vorschlag zur Anpassung auf die stoffliche Nutzung erarbeitet. Am Ende wird in Kapitel 6.3.3 die schematische Zusammenfassung eines Nachhaltigkeitsbewertungssystems dargestellt.

6.3.1 Relevante Umweltfragen und Themenkomplexe

Im Folgenden werden die für eine nachhaltige Biomassenutzung relevanten Umweltfragen und Themenkomplexe aufgegriffen und mit dem Fokus auf eine stoffliche Nutzung der Biomasse diskutiert. Dabei wird der Frage nachgegangen, ob und wie diese Themen auch bei einer stofflichen Nutzung relevant werden können und wie damit umzugehen wäre.

6.3.1.1 Minderung der Treibhausgasemissionen

Die Berechnung von Treibhausgasemissionen ist im Kontext der Bioenergie gesetzlich reglementiert (siehe Kapitel 6.2.1.1) und ist Bestandteil der Zertifizierung durch die im Rahmen der EE-RL anerkannten Systeme (z. B. RSB, ISCC, siehe Kapitel 6.2.4).

Bei stofflich genutzter Biomasse liegt die Vermutung nahe, dass sie einen Beitrag zur Minderung von Treibhausgasemissionen leistet. Dies nachzuweisen, ist in der Regel jedoch komplexer als bei Bioenergie, da sich die Lebenswege zumeist erheblich komplexer darstellen. Aus diesem Grund sind eine direkte Übertragung der Rechenregeln der EE-RL (Anhang V) und fixe prozentuale Einsparziele als Kriterium (z. B. 35 % gegenüber abiotischer Referenz) nicht sinnvoll. (siehe Kapitel 6.2.1.1). Sollen analog zur Bioenergie Treibhausgasbilanzen erstellt werden, zieht die Einbeziehung des gesamten Lebenswegs sowie des Referenzsystems

gegenüber einer Treibhausgasbilanz für Bioenergie eine erhebliche Komplizierung wie auch eine Ausweitung der Systemgrenze nach sich.

Aus diesem Grund wird das Thema Treibhausgasemissionen in Kapitel 6.3.2 vertiefend analysiert und es wird ein Vorschlag erarbeitet, wie ausgehend von den vorgegebenen Regelgrundlagen für Bioenergie nach der EE-RL ein Methodenkonzept für stofflich genutzte Biomasse gestaltet werden kann – mit Blick auf Ziel und Zweck solcher Berechnungen im Rahmen einer Nachhaltigkeitsbewertung.

6.3.1.2 Erhalt und Schutz der Biodiversität sowie der Böden und der Wasserressourcen

Hier werden drei Umweltschutzgüter zusammengefasst, die von der Fachwelt neben dem Klimaschutz als die zentralen umweltbezogenen Konfliktbereiche für Biomasseerzeugung bewertet werden. Man findet diese Aspekte auch durchgängig in den Kriterien der Zertifizierungssysteme wieder.

Die EE-RL führt jedoch ausschließlich den Schutz der Biodiversität als verbindliches Kriterium auf. Zu negativen Folgen für Boden und Wasser bestehen nach der geltenden Rechtslage ausschließlich Berichtspflichten.

In Fachkreisen besteht großes Einvernehmen, dass der Schutz von Wasser (Qualität wie Quantität) und Boden die essenzielle Anforderung einer nachhaltigen Biomasseproduktion ist. GBEP widmet Wasser gleich zwei der acht Umweltindikatoren und UNEP/OEKO/IEA (2011) stellten eine „unauflösbare Verbindung“ zwischen Bioenergie und Wasser fest. Die gilt für Boden als fundamentales Medium der Landwirtschaft nicht weniger.

Eine weitere Lücke besteht in der EE-RL bei der Abdeckung der Rohstoffbasis. So gilt die EE-RL lediglich für flüssige Bioenergieträger und damit für Anbaubiomasse aus der Landwirtschaft. Feste Biomasse aus der Forstwirtschaft ist hingegen nicht berücksichtigt. Anpassungsbedarf besteht hier insbesondere hinsichtlich des Schutzes von „Wäldern mit großer biologischer Vielfalt“ sowie bei Nachhaltigkeitsanforderungen in der Forstwirtschaft.

Zwischen Biomasse für energetische und stoffliche Nutzung sind hinsichtlich der Anforderungen für den Anbau keine Unterschiede zu begründen. In dem Umfang, in welchem Zertifizierungssysteme den Bereichen Wasser und Boden Nachhaltigkeitskriterien auferlegen, ist es angemessen, deren Erfüllung unabhängig von der Nutzung der Biomasse zu verlangen. Schließlich geht es hier um den Ausschluss von generell „nicht nachhaltigen Praktiken“ (z. B. Rodung von Primärwald). Ein Verstoß gegen solche Kriterien ist durch kein Produktionssystem zu rechtfertigen, so es Anspruch auf Nachhaltigkeit erheben will.

6.3.1.3 Sozialkriterien

Die Bioenergieproduktion kann nur dann als nachhaltig bezeichnet werden, wenn neben den ökologischen auch sozio-ökonomische Nachhaltigkeitskriterien erfüllt werden (z. B. Verbot von Kinderarbeit, gerechte Entlohnung, Versammlungsfreiheit, Sicherstellung von Landrechten usw.). Hier kommt es immer wieder zu Konflikten und Verstößen gegen grundlegende Menschenrechte, etwa wenn für die Anlage von Plantagen die lokale Bevölkerung vertrieben wird (Oxfam 2012). Während viele Zertifizierungssysteme insbesondere soziale Aspekte und Grundsätze fairen Handels im Kern beinhalten, existieren deutliche Widerstände, diese Themen als verbindliche Kriterien in gesetzlichen Regelungen zu übernehmen. In der EE-RL sind soziale Kriterien lediglich berichtspflichtig, da man die verbindliche Durchsetzung als Einmischung in die Souveränität der Erzeugerländer und als angreifbar vor dem Welthandelsrecht befürchtet (Hermann et al. 2009). Insbesondere die NGOs fordern jedoch, Sozialkriterien auch in der EE-RL verbindlich festzuschreiben.

Wie auch für die oben genannten Umweltkriterien gilt hier, dass eine Erfüllung sozialer Kriterien unabhängig von der Nutzung der Biomasse verlangt werden sollte, das heißt, dass diese auch für die stoffliche Nutzung uneingeschränkt gelten muss.

6.3.1.4 Flächenkonkurrenz, Landnutzungsänderung und Flächeneffizienz

Diese Aspekte sind weitaus schwieriger durch Zertifizierungssysteme zu erfassen, die auf Projektebene ansetzen. Die negativen Auswirkungen von Flächenkonkurrenzen und Landnutzungsänderungen werden von Öffentlichkeit und Fachwelt jedoch als die Hauptprobleme beim Ausbau der Biomassenutzung identifiziert. Die Auswirkungen zeigen sich in vielfältiger Weise.

So haben die vermehrte Landnutzung und Landnutzungsänderungen negative Wirkungen in den in Kapitel 6.3.1.2 adressierten Umweltkategorien (Biodiversität, Boden, Wasser). Zusätzlich können Landnutzungsänderungen, vor allem wenn sie in den Tropen stattfinden, mit negativen Wirkungen auf den Klimaschutz sowie die örtliche Bevölkerung verbunden sein.

Auch wenn einige oder gar alle dieser negativen Auswirkungen auf konkreter Projektebene verhindert werden (etwa durch Zertifizierung), können sie durch Leakage-Effekte verlagert werden und somit an anderer Stelle auftreten. Diese durch vermehrte Flächenkonkurrenzen ausgelösten indirekten Landnutzungsänderungen sind gerade in jüngster Zeit Auslöser besonders heftiger Kritik an der Biokraftstoffnutzung.

Die hier beschriebenen Probleme treten vor allem bei der Nutzung von Anbaubiomasse aus der Landwirtschaft auf. Auslöser ist die Begrenztheit der landwirtschaftlichen Flächen und der zunehmende Druck, der durch den Ausbau der Biomassenutzung hervorgerufen wird. Durch zunehmende Flächenkonkurrenzen kommt es zu den beschriebenen Verdrängungseffekten. Da auch die stoffliche Nutzung auf Anbaubiomasse zugreift, besteht die Gefahr einer weiteren Verschärfung der Konkurrenzsituation. Derzeit dürfte die Gefahr unerwünschter indirekter Effekte vernachlässigbar sein, da in Deutschland lediglich auf ca. 3 % der Ackerfläche Industriepflanzen angebaut werden (gegenüber ca. 18 % für Energiepflanzen; FNR 2012). Allerdings muss der Flächenbedarf bei einem künftigen verstärken Ausbau der stofflichen Nutzung im Auge behalten werden, um entsprechende Probleme rechtzeitig abschätzen und Lösungsansätze entwickeln zu können.

6.3.1.5 Genveränderte Organismen

In der Diskussion um genveränderte Organismen (GVO) ist zu unterscheiden zwischen der grünen Gentechnik (Bereich Pflanzenzüchtung) und der weißen Biotechnologie, bei der genveränderte Organismen in der industriellen Produktion zum Einsatz kommen. Je nach Land ist der Umgang mit GVO unterschiedlich geregelt, wobei die grüne Gentechnik außerhalb Europas bereits seit langem in der Futter- und Nahrungsmittelproduktion zum Einsatz kommt. In Europa sind entsprechende Zulassungsverfahren streng geregelt und relativ langwierig und kompliziert. In Deutschland und vielen anderen europäischen Ländern findet aufgrund von Akzeptanzproblemen kein kommerzieller Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen statt, auch Freilandversuche gibt es kaum.

Bezüglich des Einsatzes von GVO in der weißen Biotechnologie bestehen weniger strenge Vorschriften. In Deutschland wurden entsprechende Regelungen in den letzten Jahren mehrfach gelockert. Da die Produktion in einer geschlossenen Produktionsstätte stattfindet, werden die Risiken hier allgemein als gering eingeschätzt, vorausgesetzt, dass entsprechende Sicherheitsmaßnahmen beachtet werden.

In der energetischen Biomassenutzung kommen bereits seit längerem GVO zum Einsatz. Dies ist vor allem im Anbau der Fall, wo der Fokus auf der Verringerung des Inputeinsatzes, (v.a. Pestizide) liegt. So wird beispielsweise in den USA fast ausschließlich genveränderter Mais angebaut, der auch zu Ethanol weiter verarbeitet wird. Bei der Herstellung von Kraftstoffen zweiter Generation kommen ebenfalls GVO zum Einsatz, jedoch in weit geringerem Umfang. Die EE-RL verlangt eine Berichterstattung darüber, ob die Staaten das Cartagena-Protokoll über die biologische Sicherheit unterzeichnet haben, während Zertifizierungssysteme unterschiedlich mit dem Thema umgehen.

Mit dem Ausbau der stofflichen Biomassenutzung ergeben sich neue Einsatzbereiche von GVO, u. a. auch in der grünen Gentechnik. So können Pflanzen dahingehend verändert werden, dass sie bestimmte neuartige Inhaltsstoffe bereitstellen oder anreichern. Entsprechende Versuche sind aus ökonomischer Sicht noch nicht attraktiv, auch aufgrund des langwierigen und komplizierten Zulassungsverfahrens. Diese Entwicklung ist jedoch im Auge zu behalten und es ist zu berücksichtigen, dass die Gefahren und Risiken eventuell erneut bewertet werden müssen, wenn die Modifizierung des Pflanzenmaterials hin zu einer gezielten Anreicherung von Inhaltsstoffen geht.

6.3.1.6 Verzahnung mit globalen Fragen zur Agrarrohstoffnutzung mit nachhaltiger Landnutzung, Ernährungssicherung, Energiepolitik, internationalem Handel

Der weltweite Ausbau der Bioenergieerzeugung hat zu zahlreichen ineinander verzahnten Konflikten geführt. Rohstoffe zur Bioenergieerzeugung, insbesondere landwirtschaftliche Anbaubiomasse für Biokraftstoffe, werden weltweit gehandelt, was zu einer Aus- und Verlagerung von Problemen führt: zusätzliche Rohstoffe werden importiert, deren Produktion andere Erzeugnisse verdrängen kann. Themen wie Landnutzungsänderungen und Ernährungssicherheit führen auch in Deutschland zu einem immer kritischeren Blick auf Biokraftstoffe. Andererseits können mit der Erzeugung von Bioenergie auch positive Entwicklungen verbunden sein, etwa wenn es darum geht, die Abhängigkeit von importierten fossilen Energieträgern zu verringern, bzw. oder v.a. die Überwindung von absoluter Energiearmut in den sogenannten Entwicklungsländern.

Die industrielle stoffliche Nutzung von Biomasse aus der Landwirtschaft ist in Deutschland derzeit noch so wenig ausgebaut (mit Ausnahme Baumwollnutzung), dass der Rohstoffbedarf kaum Auswirkungen im globalen Kontext hat (vgl. GIZ 2011). Sollte sie jedoch massiv ausgebaut werden, besteht die Gefahr, dass die Nachfrage nach global gehandelten Rohstoffen weiter steigt. Dann wird sich auch die stoffliche Nutzung verstärkt der Diskussion um die globalen Probleme stellen müssen.

6.3.2 Vorschlag für ein angepasstes Konzept für die Treibhausgasbilanz stofflich genutzter Biomasse

Wie in Kapitel 6.2.1.1 beschrieben, besteht ein deutlicher Anpassungsbedarf in der Treibhausgasbilanzierung, falls sie zur Bewertung der stofflichen Nutzung in irgendeiner Form standardisiert angewandt werden soll. Die entscheidenden Aspekte sind dabei folgende:

6.3.2.1 Ziel und Zweck der Bewertung

Die maßgebliche Frage bei der Gestaltung der Methodik lautet: Welchem Zweck soll eine Nachhaltigkeitsbewertung für stofflich genutzte Biomasse dienen? Die Beantwortung dieser Frage kann sich auf einer weiten Bandbreite bewegen:

- von einer lieferungsscharfen Bewertung des einzelnen Produkts mit Label und Zertifikat (wie es die EE-RL für Bioenergie vorschreibt),
- über eine fundierte aber generalisierte Bewertung von Produktgruppen
- bis hin zu einer ganzheitlich strategischen Bewertung von Trends und Entwicklungen der Stoffwirtschaft mit den übergeordneten Zielen Effizienz und Synergismen.

Mit der Frage verbunden ist auch der Punkt, *wer* die Nachhaltigkeitsbewertung anzuwenden hat. Ist es der einzelne Produzent, dann geht die Antwort in Richtung des ersten Spiegelstrichs. Insbesondere dann, wenn das „Label" ein Mindestmaß an Glaubwürdigkeit und Rückverfolgbarkeit erfüllen soll. Soll die Bewertung in der Hand der Fachpolitik zur Meinungsbildung und Entscheidungsfindung liegen, dann können die zahllosen Einzelfälle nicht im Fokus liegen, sondern es bedarf der ganzheitlich strategischen Bewertung wie im dritten Spiegelstrich. Dazwischen können verschiedene mittlere Varianten liegen, in welchen sich sowohl Hersteller auf Branchenebene wie auch die Fachpolitik sich eine fundierte Übersicht über Produkte, Produktkonzepte und zusammenhängende Stoffströme verschaffen wollen.

Welche dieser Varianten gewählt wird, beeinflusst den Grad der Vereinfachung, der für eine Bilanzierung der lebenszyklusweiten Treibhausgasemissionen notwendig wird. Die fallbezogene detaillierte Berechnung der Treibhausgasbilanz bedarf eines komplexen Ansatzes. In den folgenden Abschnitten werden hingegen vereinfachende Ansätze skizziert, die für ein Screening, bzw. zur Ableitung von Trendaussagen eingesetzt werden können. Hier muss betont werden, dass eine prozentuale Einsparanforderung analog zur EE-RL aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Referenzsystemen sowie der generell höheren Emissionen nicht umsetzbar ist. Die Ergebnisse müssen vielmehr in absoluten Einheiten, z. B. als (Netto-) Treibhausgaseinsparungen in g CO_2 Äquiv./kg Endprodukt, ausgedrückt werden.

6.3.2.2 Festlegung von Referenzsystemen und entsprechender Komparatoren

Anders als bei der Bioenergie ist die Anzahl an substituierten Referenzprodukten mindestens so groß wie die der biobasierten Stoffe selbst, vor allem dann, wenn ein bio-basierter Stoff verschiedene andere Stoffe ersetzen kann. Das Referenzsystem sollte deshalb zu Beginn festgelegt werden, da es u. a. Einfluss auf die Bilanzgrenzen des Lebenswegs hat. Eine Möglichkeit der Vereinfachung ist die Zusammenfassung mehrerer substituierter Systeme zu groben Kategorien, für die jeweils ein einheitlicher Emissionswert ausgewiesen wird (z. B. einfache Kohlenwasserstoffe als Plattformchemikalien wie Ethen, Propen, Buten, Butadien, alle einheitlich versehen mit einem Herstellungsemissionswert von 3 kg CO_2-Äq./kg). Im weiteren Verlauf des Projektes wird eine entsprechende Liste an Referenzsystemen erarbeitet.

6.3.2.3 Einbeziehung der Nutzungsphase, funktionale Äquivalenz und End-of-Life-Phase

Sind ein biobasierter Stoff und sein Substitutionspartner chemisch identisch (stofflich gleich), kann die Bilanzierung nach der Herstellung dieser Stoffe abgeschlossen und damit verkürzt werden („cradle-to-gate", „building block-Ansatz"). Ein Beispiel wäre bio-basiertes Polyethylen (Bio-PE) gegenüber fossilem PE. Nutzungs- und Nachnutzungsphase (auch als Entsorgungsphase oder End-of-Life-Phase bezeichnet) sind hier gleich anzusetzen. Ist der Vergleichsstoff fossiler Natur, kann zwecks Verkürzung und Vereinfachung der gesamten Nachnutzungsphase dem fossilen Vergleichsprodukt 100 % des Kohlenstoffgehalts auf die Treibhausgasbilanz aufgeschlagen werden. Die zugrunde liegende Logik ist, dass sämtliche Nutzungs- und Nachnutzungsprozesse (inkl. entsprechender Gutschriften) bei beiden Systemen gleich sind. Der Unterschied besteht darin, dass bei der Entsorgung (d. h. Verbrennung) der fossilen Stoffe der

gesamte im Stoff gespeicherte Kohlenstoff emittiert wird, während der biobasierte Stoff in dieser Hinsicht als kohlenstoffneutral zu betrachten ist (der emittierte Kohlenstoff wurde während der Wachstumsphase in die Biomasse aufgenommen).

Sobald die Produkte jedoch nicht chemisch, sondern lediglich funktional identisch sind, sind Unterschiede in der Äquivalenz und der Nachnutzung gegeben, die z.T. erheblichen Einfluss auf das Ergebnis haben können. Die gleiche Funktionalität muss zunächst mit Hilfe eines Äquivalenzfaktors hergestellt werden. In vielen Fällen werden zur Erfüllung der gleichen Funktionalität unterschiedliche Mengen an Material eingesetzt. Der Äquivalenzfaktor wird kann hier durch ein einfaches Massenverhältnis hergestellt werden. Eine Vereinfachung der Nachnutzungsphase ist aufgrund unterschiedlicher Verwertungs- und Beseitigungswege hingegen kaum durchführbar und sollte nur im Falle eines Screenings angewandt werden. Ist der zu substituierende Stoff fossiler Natur, wird der Vorschlag gemacht, als konservativen Schätzwert lediglich 25 % des fossilen C-Gehalts dem fossilen Vergleichssystem aufzuschlagen (anstatt 100 % wie im ersten Fall). Dieser Faktor berücksichtigt die Unterschiede in den Verwertungs- und Beseitigungswegen. Es wird davon ausgegangen, dass für neuartige biobasierte Stoffe weniger optimierte Recycling- und Verwertungsprozesse zur Verfügung stehen. Umgekehrt bedeutet dies, dass der fossile Stoff während dieser Phase besser behandelt wird und somit mehr Gutschriften, d. h. Kohlenstoffeinsparungen zugesprochen bekommt. Diese höheren Einsparungen werden durch die Reduktion des emittierten Kohlenstoffs auf 25 % berücksichtigt. Ein Beispiel wäre Polylactid (PLA) gegenüber einem substituierten Polystyrol (PS). Während für das breit am Markt etablierte PS optimierte Erfassungs-, Separations- und Recyclingverfahren in Anwendung sind, ist dies bei PLA aufgrund der geringen Massenrelevanz auf mittlere bis längere Sicht nicht zu erwarten, selbst wenn es technisch problemlos umzusetzen wäre. Vielmehr muss angenommen werden, dass PLA als geringanteilige Komponente einer großen Restfraktion wie Restabfall entsorgt wird. Da diese Art der Entsorgung jedoch auch mit Energiegewinnung verbunden ist, wäre es nicht korrekt, für das PLA aus der Nachnutzungsphase keinen Nutzen anzurechnen. 25% der fossilen CO_2-Emissionen beim Verbrennen des fossilen Referenzstoffs werden somit als angemessener Ausgleichwert unterstellt.

Liegt keine Nachnutzungsphase vor, weil der Stoff sich im Zuge der Anwendung „verbraucht“ (z. B. Detergenzien, Schmierstoffe), so ist im Rahmen der üblichen zeitlichen Systemgrenze von einem vollständigen Abbau der Stoffe auszugehen (schlussendlich in CO_2) und dem fossilen System die 100 % des C-Gehalts auf die Treibhausgasbilanz aufzuschlagen.

Zusammenfassend wird also eine Anzahl an Regelvorgaben notwendig, wenn die Berechnung auf breiterer Ebene in einer gegenüber der umfassenden Ökobilanz vereinfachten Weise erfolgen soll. Eine solche übersichtsartige Treibhausgasbilanz kann jedoch nur eine grobe Indikation liefern. Sie ersetzt keinesfalls eine detaillierte THG-Bilanz nach ISO 14067 und erst recht keine umfassende Ökobilanz nach ISO 14040/44, welche neben dem Treibhauseffekt noch eine Reihe weiterer Wirkungskategorien betrachtet und die anstelle einer verkürzten Bilanz, bzw. pauschalierten Anrechnung der Nachnutzungsphase der tatsächlichen Komplexität Rechnung trägt. Die vorausgehend beschriebenen Vorschläge sind in grafischer Darstellung in Abbildung 55 zusammengefasst.

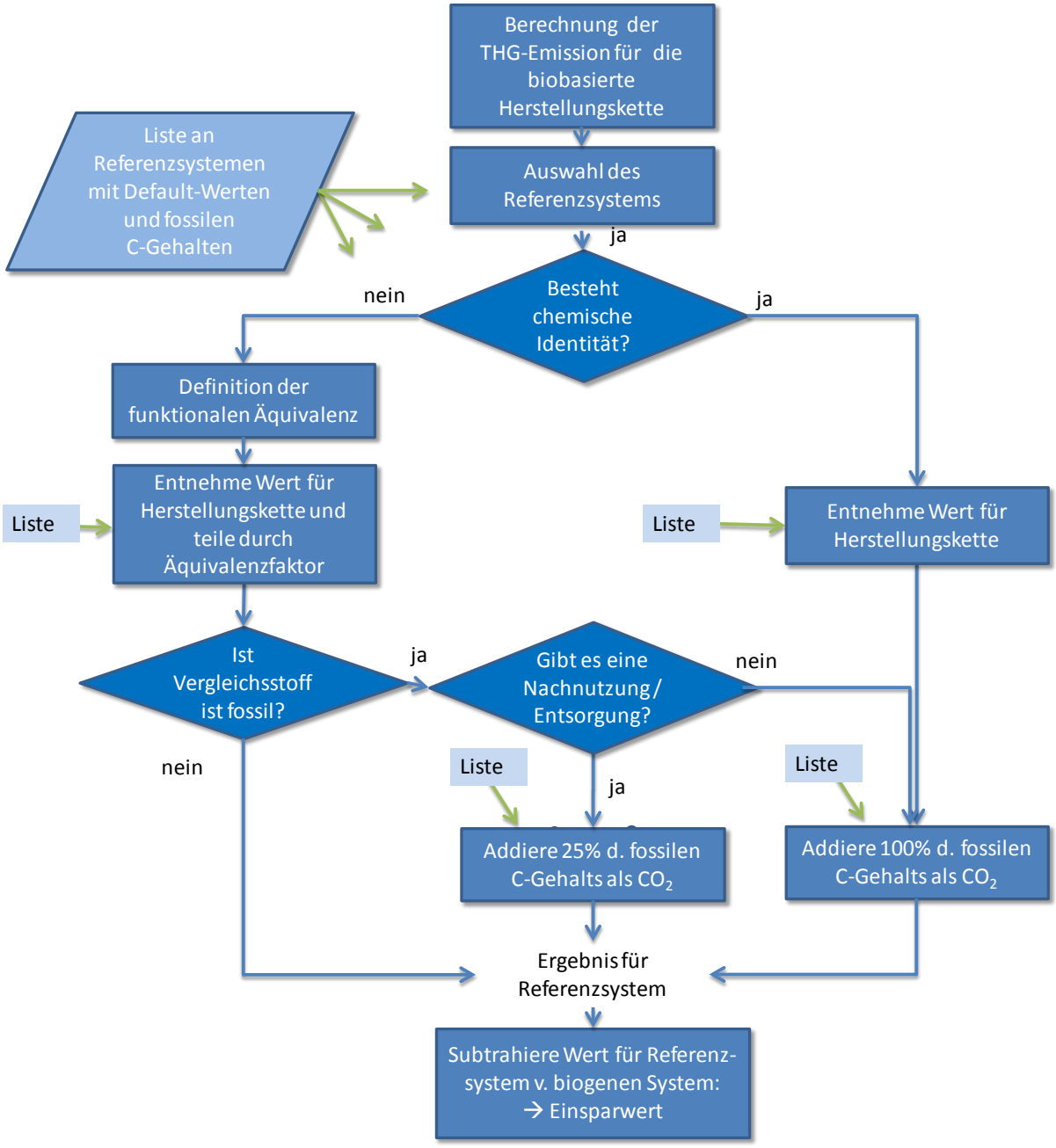
6.3.2.4 Einbeziehung von Veränderungen von Kohlenstoffspeicher

Unter der Kategorie „Landnutzungsänderung“ werden üblicherweise Veränderungen von Kohlenstoffvorräten (ober- und unterirdische Vegetation, Boden) bilanziert. Dies gilt für die stoffliche Biomassenutzung in gleicher Form wie für die Bioenergie. Bedarf zur methodischen Vorgehensweise besteht hier jedoch nach wie vor für:

- Indirekte Landnutzungsänderungen (iLUC)
- Verringerung des Kohlenstoffvorrats im Boden bei Erhöhung der Nachfrage nach forst- und landwirtschaftlichen Reststoffen (Carbon debt)

In beiden Punkten bedarf es einer umfassend anerkannten Vorgehensweise, deren Entwicklung über die Aufgabenstellung dieser Studie hinausgeht. Es sei erwähnt, dass die EU Kommission im Oktober 2012 einen Vorschlag zur Einbeziehung von iLUC für den Regelungsbereich der EE-RL vorlegt hat. Inwieweit dieser Vorschlag für den stofflichen Bereich übertragbar sein wird, ist noch zu prüfen. Ebenso müssen die verschiedenen derzeit in Entwicklung befindlichen Vorschläge für die Bilanzierung des Carbon Debt im Zusammenhang mit der Waldnutzung diskutiert werden.

Abbildung 55: Ablaufschema für die Auswahl und Berechnung der Treibhausgasemissionen des Referenzsystems einer stofflichen Biomassenutzung zur übersichtsartigen Ermittlung (Screening) des (Netto-) Treibhausgaseinsparwerts



IFEU 2013

6.3.3 Zusammenfassung der Vorschläge zu einem Gesamtsystem der Nachhaltigkeitsbewertung für stofflich genutzte Biomasse

Die in den vorangegangenen Kapiteln erarbeiteten Vorschläge zur Nachhaltigkeitsbewertung stofflicher Biomassenutzung sind in Abbildung 56 zu einem Gesamtsystem zusammen gefasst.

Für die Nachhaltigkeitsbewertung einer stofflichen Biomassenutzung und bei der Auswahl von Kriterien und der Ableitung entsprechender Handlungsanweisungen müssen zunächst Ziel und Zweck dieser Bewertung, bzw. der Anwenderkreis der Bewertung klar definiert werden. Sollen einzelne Produkte den Erfüllungsnachweis von Nachhaltigkeitskriterien erbringen, oder soll die

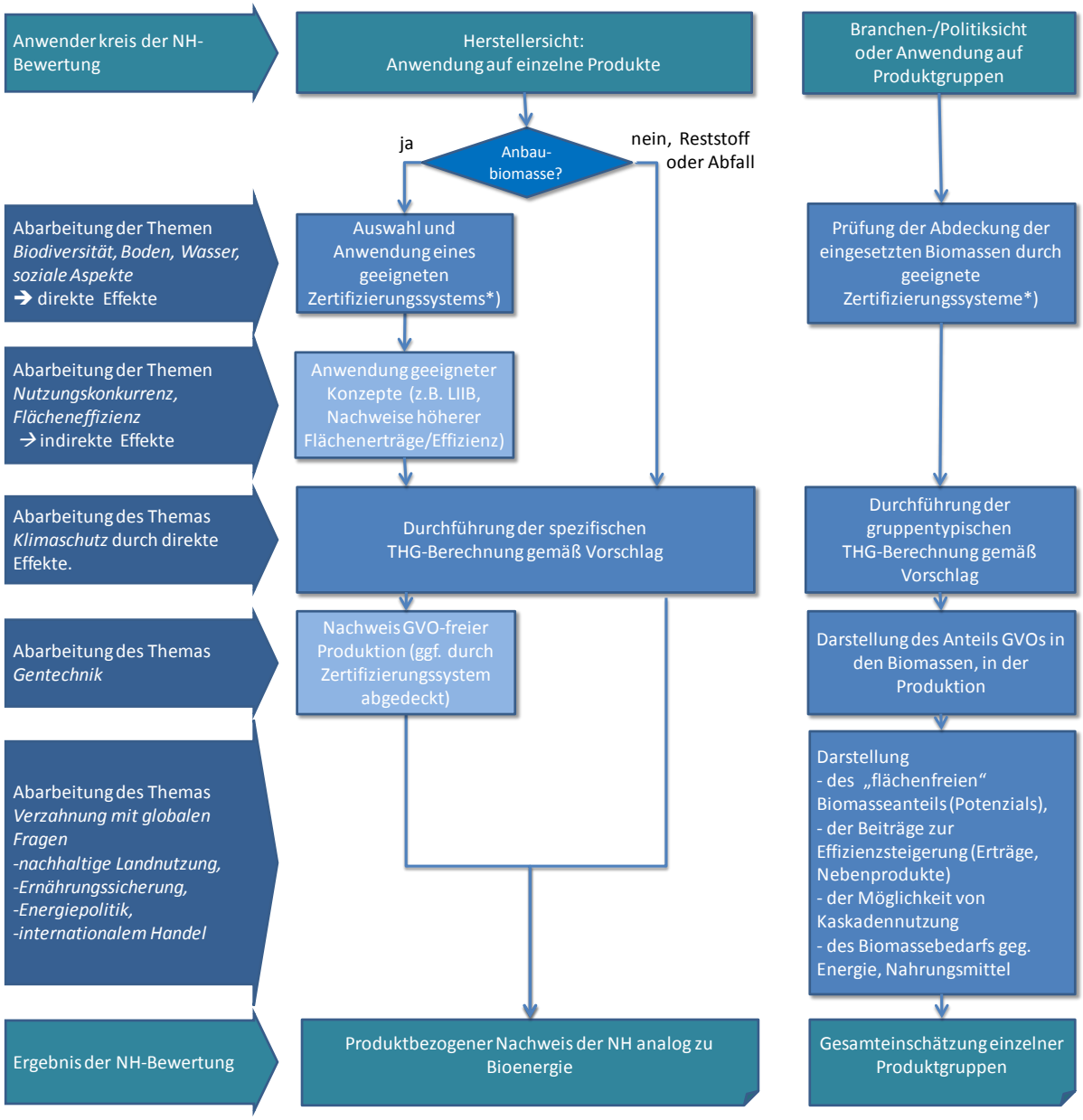
Bewertung von einem übergeordneten Standpunkt auf die gesamte Branche angewandt werden, etwa für die Entwicklung politischer Strategien?

Abhängig von der Antwort dieser Frage wird mit den einzelnen Kriterien in unterschiedlicher Weise umzugehen sein. Die Fachpolitik kann die *strategische* Einschätzung der Nachhaltigkeit von bspw. Bio-Kunststoff nicht davon abhängig machen, dass für jede Charge an Joghurtbechern ein Nachhaltigkeitsnachweis analog zur Gesetzeslage bei Bioenergie vorgelegt wird. Allerdings sollte sie dafür Sorge tragen, dass „harte“ Kriterien (z. B. Primärwaldschutz) generelle Grundvoraussetzung für jegliches als nachhaltig anerkannte Produkt sind.

Das Projekt zielt daher im Schwerpunkt auf die Betrachtung von einem übergeordneten Standpunkt, der in Abbildung 56 der rechten Spalte entspricht. Dort stellt sich weniger die Frage, ob für ein Produkt die Nachhaltigkeitszertifizierung vollständig und korrekt ausgeführt wird, sondern ob solche Zertifizierungen im größeren Umfang möglich sind, ob die Systeme verfügbar sind und ob sie auf die Produkte auch angewendet werden. Für die Treibhausgasberechnung muss dann angesichts der Vielfältigkeit und Komplexität der Produktionswege eine Branchenübersicht mit Erkenntnissen zu den Bandbreiten und den entscheidenden Faktoren für ein gutes Abschneiden im Ergebnis genügen. Ökobilanzen, wie sie im Rahmen des F+E-Projektes durchgeführt wurden, könnten hierzu eine Grundlage darstellen. Auch zu den anderen Aspekten wie GVO oder Flächenkonkurrenz bedarf es hier der übersichtsweisen Analyse: Sind GVO in der Praxis relevant bei stofflicher Nutzung und gibt es Konflikte mit der fachpolitischen Bewertung von GVO? Ist Flächenkonkurrenz angesichts der Massenströme (vgl. mit der Bioenergie) derzeit, bzw. potenziell künftig ein kritisches Thema? Inwieweit setzen sich Produktionswege durch, die keine oder minimierte Landnutzungskonflikte nach sich ziehen: Biomasseanteil ohne Flächeninanspruchnahme (Reststoffe), Kaskadennutzung, Beitrag zu effizienterer Stoffnutzung oder Ertragssteigerungen?

An dieser Stelle sei noch einmal auf die Relevanz der Anwendungsmenge hingewiesen. Die stoffliche Biomassenutzung als Ganzes zeichnet sich durch eine große Produktvielfalt aus. So gibt es eine große Anzahl von Nischenprodukten (z. B. Arzneipflanzen), für die gegebenenfalls gesonderte Kriterien formuliert werden müssen oder für die einzelne Kriterien abgeschwächt werden können.

Abbildung 56: Vorschlag eines Gesamtsystems der Nachhaltigkeitsbewertung stofflich genutzter Biomasse



*) als geeignet angesehen sind alle nach EE-RL anerkannten System, die zusätzlich Kriterien für Boden, Wasser und soziale Aspekte aufweisen und solche, die nicht anerkannt sind (z.B. wegen fehlender THG-Bilanz), aber Kriterien für Boden, Wasser und soziale Aspekte aufweisen (z.B. FSC)

IFEU 2013

NH: Nachhaltigkeit; LIIB: Low Indirect Impact Biofuels[43]

[43] Diese Methode wurde vom Zertifizierungssystem „Roundtable on Sustainable Biofuels" (RSB) zusammen mit WWF International und Ecofys entwickelt (siehe http://rsb.epfl.ch/). Mit ihr sollen Biokraftstoffe und entsprechende Rohstoffe identifiziert werden, die ein geringes Risiko aufweisen, negative indirekte Effekte zu verursachen: Sie soll künftig im Rahmen von Zertifizierungen umgesetzt werden.

6.4 Fazit

Eines der wesentlichen Aufgaben und Ziele des F+E-Projektes ist die Entwicklung eines Systems zur Bewertung der Nachhaltigkeit stofflicher Biomassenutzung. Wie ein solches System zu gestalten sei, hängt wiederum von der Frage nach dem Ziel und Anwendungsbereich eines solchen Systems ab. Aktuell ist die Nachhaltigkeitswertung von Biomasse stark aus Sicht der Bioenergie geprägt. Es liegen hier etablierte und rechtlich verbindliche Systeme vor und es liegt nahe, diese als Ausgangsbasis für die stoffliche Nutzung heranzuziehen. Diese Systeme dienen jedoch einer verbindlichen lieferungsscharfen Nachweisführung, um politische Fördermaßnahmen (Pflichtquote, Steuererleichterung) zu rechtfertigen.

Für die stoffliche Biomassenutzung liegen solche Fördermaßnahmen weder vor, noch sind solche in Sichtweite. Es geht somit in der derzeitigen Diskussion darum, stoffliche Biomassenutzung generell in die Nachhaltigkeitsdiskussion einzubeziehen und eine Anschlussfähigkeit dieser Diskussion an die stoffliche Nutzung herzustellen, soweit sie herstellbar ist.

Die Auswahl an Nachhaltigkeitskriterien basiert folglich auf einer Analyse existierender Kriterienkataloge, die für unterschiedliche Biomassearten hauptsächlich im Rahmen einer energetischen Nutzung entwickelt wurden (Ausnahme FSC). Wie oben erwähnt ist dies naheliegend, weil:

- die stoffliche Nutzung im Großen und Ganzen auf die gleichen Rohstoffe zugreift,
- die potenziell größten Nachhaltigkeitskonflikte bei der Erzeugung der Rohstoffe (Anbau) auftreten.

Die Mehrzahl der Kriterien bezieht sich daher auf den Anbau, bzw. auf die Flächennutzung, bzw. eine mögliche Flächennutzungsänderung. Da es sich dabei um Ausschlusskriterien handelt, deren Nicht-Erfüllung grundsätzlich dem Prinzip der Nachhaltigkeit widerspricht, sind diese Kriterien in gleicher Weise auf Biomasse für die stoffliche Nutzung anzuwenden.

Die EE-RL ist somit als Grundlage und Vorbild auch für die Nachhaltigkeitsbewertung der stofflichen Biomassenutzung geeignet, sie sollte allerdings um weitere bislang nicht verbindliche Kriterien sowie um Kriterien für die Nutzung von fester und gasförmiger Biomasse erweitert werden. Insgesamt umfasst dies die Forderung nach

- weiteren ökologischen Kriterien, die Ressourcen, bzw. Schutzgüter Wasser und Boden betreffend,
- weitergehendem Schutz der biologischen Vielfalt (insbesondere Schutz von Wäldern mit großer biologischer Vielfalt sowie Nachhaltigkeitsanforderungen an die Forstwirtschaft analog zur guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft),
- sozio-ökonomische Kriterien (Landrechte, Arbeitsschutz, Nahrungssicherheit etc.),
- weiterer genauer Beobachtung, eventuell auftretende Risiken bei der weiteren Verarbeitung der Rohstoffe sowie
- intensiver Beobachtung der Entwicklung der Rolle von GVO (Pflanzenbau wie technische Produktion).

Die untersuchten Zertifizierungssysteme decken diese Anforderungen weitgehend ab. Sie sind jedoch nicht auf alle in Frage kommenden Rohstoffe anwendbar, so dass für eine Bewertung – je nach Rohstoffbasis – Kriterien aus unterschiedlichen Systemen herangezogen werden müssen.

Das Kriterium der Einsparung von Treibhausgasemissionen bedarf ebenfalls einer angepassten Vorgehensweise. Unstrittig ist, dass auch eine nachhaltige stoffliche Nutzung zu einer Einsparung an Treibhausgasemissionen führen muss. Nimmt man die methodischen Vorgaben der EE-RL als Grundlage, so müssen aufgrund der großen Vielfalt der Lebenswege stofflicher Nutzung methodische Anpassungen erfolgen. Die Berechnung für jede einzelne Charge (wie es nach EE-RL für Biokraftstoffe grundsätzlich gilt) kann von Seiten der Politik schlechterdings für die stoffliche Biomassenutzung vorgeschrieben werden, da hier die entsprechenden Fördermaßnahmen fehlen. Da aber beispielsweise Hersteller von biobasierten Produkten durchaus Interesse an einer Vereinheitlichung und Standardisierung haben (siehe auch aktuelle Arbeiten auf CEN-Ebene), geht es vielmehr darum, für bestimmte Produktpfade die Berechnung von qualifizierten und systematisch vergleichbaren Bilanzwerten zu standardisieren. Damit können Hersteller auf Branchenebene wie auch die Fachpolitik auf der Ebene von Produkten und Produktkonzepten über deren Klimawirkung in Kenntnis gesetzt werden. Der in dieser Arbeit vorgeschlagene methodische Ansatz ist geeignet, diese Aufgabe zu ermöglichen. Er kann für die Bewertung einzelner konkreter Produkte jedoch keinesfalls eine detaillierte ISO-konforme Ökobilanz ersetzen.

7 Hemmnisse für die stoffliche Nutzung von Biomasse (Arbeitspaket 7)

Leitung: nova

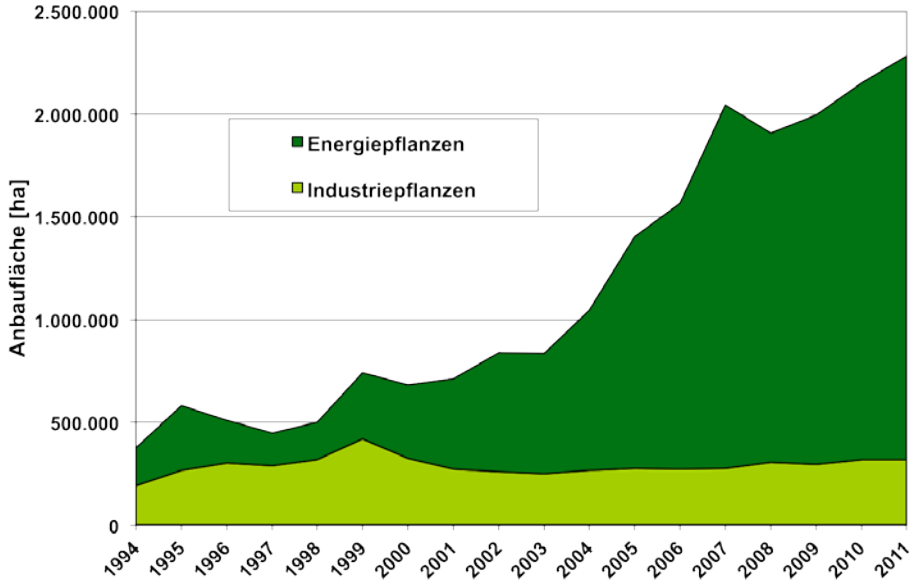
Autoren: Carus, M., Dammer, L., Hermann, A., Thöne, M., Piotrowski, S.

7.1 Ausgangsbasis und Aufgabenstellung des Arbeitspakets

Die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe – sowohl die traditionelle als auch die innovative (biobasierte Chemie und Kunststoffe) – hat sich in den vergangenen 15 Jahren im Vergleich zur energetischen Nutzung (Bioenergie und Biokraftstoffe) volumenmäßig nicht weiterentwickeln können, obwohl ihr ein politischer Vorrang galt (BMELV 2009) und sie sowohl in Bezug auf Ressourcenschutz, Innovation, Wertschöpfung und Arbeitsplätze (bezogen auf Biomasse bzw. Anbaufläche) erheblich stärkere Effekte aufweisen kann als die energetische Nutzung (vgl. Kapitel 7.3).

Abbildung 57 zeigt, wie sich die Flächen für die stoffliche und energetische Nutzung seit 1994 entwickelt haben. Lag anfangs die stoffliche Nutzung noch vor der energetischen, so hat die umfassende Förderkulisse für die energetische Nutzung eine Verzehnfachung[44] der Fläche bewirkt, während die stoffliche Nutzung auf gleichem oder leicht abfallendem Niveau verharrte. Welche Hemmnisse bewirkten, dass die stoffliche Nutzung trotz politischem Vorrang und trotz erheblicher F&E-Förderung keine Ausdehnung realisieren konnte?

Abbildung 57: Kumulierte Anbauflächen für die stoffliche und energetische Nutzung in Deutschland

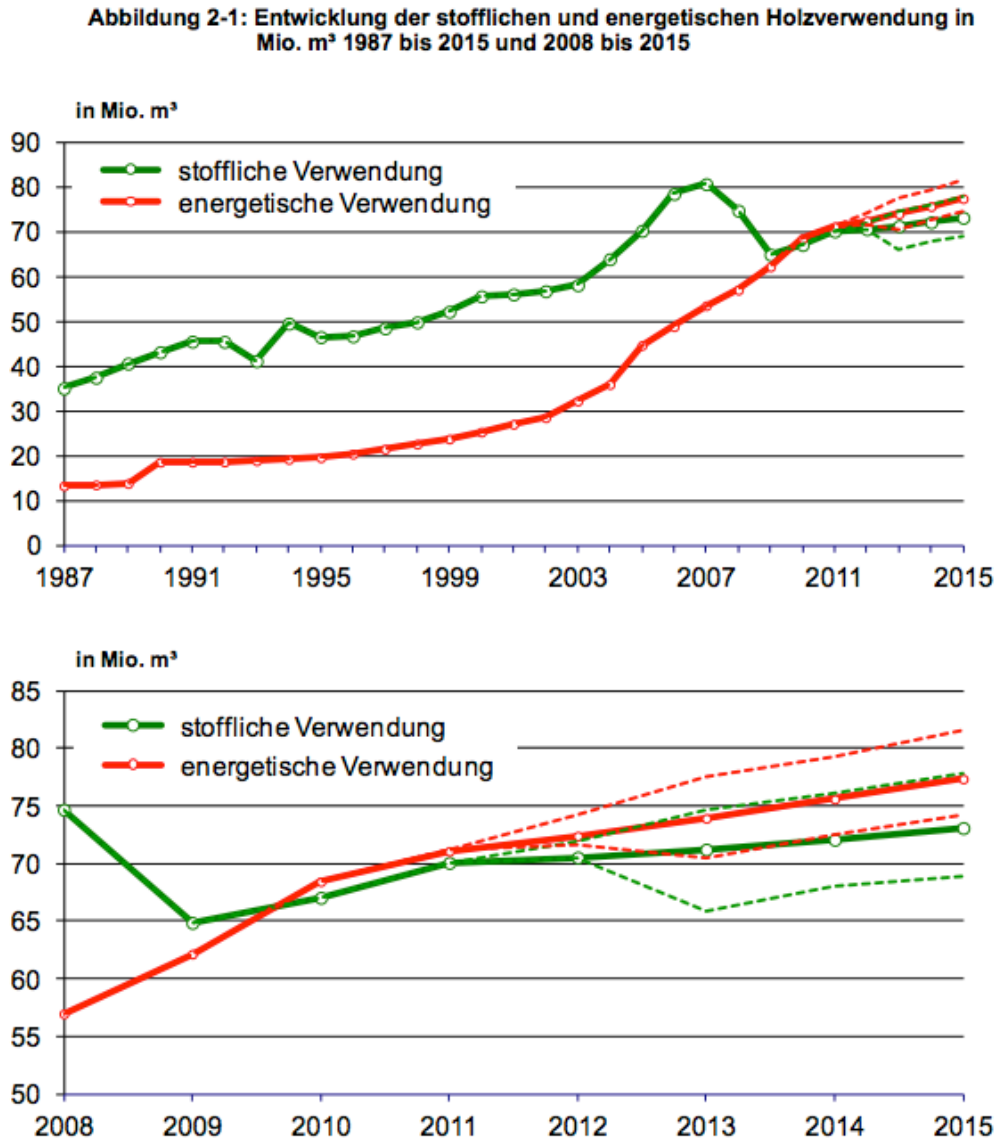


FNR 2012

Abbildung 58 zeigt, dass auch die Holznutzung sich stark zugunsten der energetischen Nutzung verschoben hat. Seit 2010 übertrifft die energetische Verwendung von Holz zum ersten Mal in der Geschichte der Holznutzung in Deutschland die stofflichen Verwendungen.

[44] Als Flächen wurden zunächst Stilllegungsflächen genutzt, später wurden die Flächen auf Kosten des Getreideanbaus, des Kartoffelanbaus (Niedersachsen) oder auch von Nischenkulturen akquiriert und zudem teilweise auch Grünland in Ackerland umgebrochen.

Abbildung 58: Stoffliche und energetische Holznutzung 1987–2015 und 2008–2015



Mantau 2012

7.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Hemmnisanalyse

Die Ursache für die Stagnation der stofflichen Nutzung liegt in einer Vielzahl einzelner Hemmnisse und Barrieren, vor allem aber darin, dass im Gegensatz zu dem umfassend und systematisch geförderten Bioenergie-/-kraftstoffbereich nie eine entsprechende Förderkulisse entwickelt wurde.

Im Gegenteil: Durch die starke und einseitige Förderung der energetischen Nutzung entstehen Marktverzerrungen auf der Rohstoffseite. Die Preise für Biomasse und Boden zeigen einen erheblichen Aufwärtstrend, welcher der nicht geförderten stofflichen Nutzung den nötigen Raum zur Entfaltung nimmt.

Gleichzeitig werden die systemischen Wettbewerbsnachteile gegenüber der petrochemischen Industrie nicht durch geeignete Instrumente überwunden, so dass insgesamt eine doppelte Benachteiligung der stofflichen Nutzung von Biomasse entstand und sich verfestigte – sowohl

gegenüber der energetischen Nutzung von Biomasse (auf Rohstoffebene), als auch gegenüber der petrochemischen Industrie (auf Produktebene).

Hierdurch konnten und können die ökonomischen und ökologischen Potenziale der stofflichen Nutzung von Biomasse, die bei einer Gleichbehandlung eine Chance zur Entfaltung bekommen hätten, nicht auch nur ansatzweise realisiert werden.

Aber auch die zahlreichen Branchen, Verbände und Unternehmen der stofflichen Nutzung sind weit davon entfernt, eine gemeinsame Strategie zu entwickeln. Trotz gleicher Problemlagen fehlt es am Bewusstsein einer Gemeinsamkeit, die anderen Branchen werden ignoriert oder als Konkurrenten wahrgenommen. Und selbst innerhalb einzelner Branchen zeigen sich unter den unterschiedlichen Verbänden und Unternehmen erhebliche Interessenskonflikte, so auch im Bereich der biobasierten Chemie und Kunststoffe. Flügelkämpfe lähmen die gesamte strategische Diskussion und führen zu einer politischen Stagnation.

Eine tabellarische Übersicht aller identifizierten Hemmnisse sowie eine Kurzanalyse zu ihrer Überwindung befinden sich in Kapitel 7.13, eine grafische Übersicht über die Hemmnisse in Abbildung 62 und Abbildung 63.

7.3 Exkurs: Warum soll die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe gefördert werden?

Biomasse wird, wie viele andere Rohstoffe auch, zunehmend ein knappes Gut, das mit hoher Effizienz und möglichst umweltfreundlich genutzt werden sollte. Gleichzeitig bestehen erhebliche Nutzungskonkurrenzen – bei Biomasse vor allem durch Lebens- und Futtermittel, Bioenergie und Biokraftstoffe sowie die stoffliche Nutzung.

Im Folgenden werden sieben Kriterien genannt, die aus Sicht des Ressourcen- und Klimaschutzes und der ökonomischen Entwicklung der Volkswirtschaft für die Priorisierung der Biomassenutzung geeignet sind. Vorrangig ist der Lebensmittelbereich – hier geht es vor allem um die sinnvollste Allokation der Biomasse für die energetische und stoffliche Nutzung.

Biomasse sollte genutzt werden

1. ... mit maximaler Ressourceneffizienz sowie Schonung fossiler Ressourcen
   Das Gebot der möglichst hohen Ressourceneffizienz gilt für alle Rohstoffe nach Progress (siehe BMU 2012[45]), so auch und ganz besonders für Biomasse. Hier kann die stoffliche Nutzung insbesondere aufgrund ihres Potenzials für Recycling („mehrfache stoffliche Nutzung“) und Kaskadennutzung („erst – ggf. mehrfach – stofflich, dann energetisch nutzen“) eindeutig und deutlich gegenüber der energetischen Nutzung punkten. Stoffliche Nutzung klar im Vorteil – vor allem in der Kaskade.
2. ... mit maximaler Vermeidung von Treibhausgasemissionen
   Hier unterscheiden sich energetische und stoffliche Nutzung – jeweils gegenüber ihren fossil-basierten Substituten – aktuell nur wenig. Generelle Aussagen sind auch aufgrund der

[45] BMU 2012: „Ein schonender und gleichzeitig effizienter Umgang mit natürlichen Ressourcen wird eine Schlüsselkompetenz zukunftsfähiger Gesellschaften sein. Deutschland hat die besten Voraussetzungen, beim notwendigen globalen Wandel zu einer ressourceneffizienten Wirtschaftsweise voranzugehen und zu einer der weltweit ressourceneffizientesten Volkswirtschaften zu werden: Innovationskraft, eine moderne Industriestruktur, anspruchsvolle Umweltstandards und ein hohes Nachhaltigkeitsbewusstsein der Bevölkerung tragen dazu bei. Eine Steigerung der Ressourceneffizienz kann so zu einem Markenzeichen Deutschlands werden, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft stärken, neue Arbeitsplätze schaffen und nachhaltig Beschäftigung sichern.“

unzähligen stofflichen Produktlinien und möglichen Substitute schwierig (siehe AP4).
Keine eindeutigen Vorteile für stoffliche oder energetische Nutzung.

3. ... mit maximaler Wertschöpfung in der Prozesskette
Nach Schätzung des nova-Instituts (Carus et al. 2010), überprüft und bestätigt durch FiFo in diesem F+E-Projekt[46], erbringt eine stoffliche Nutzung pro Tonne Biomasse die 4 bis 9-fache Wertschöpfung gegenüber einer energetischen Nutzung. Vor allem aufgrund der erheblich längeren Prozessketten.
Stoffliche Nutzung klar im Vorteil.

4. ... mit maximaler Arbeitsplatzeffekten
Nach Abschätzung des nova-Instituts (Carus et al. 2010), überprüft und bestätigt durch FiFo in diesem F+E-Projekt[47], erbringt eine stoffliche Nutzung pro Tonne Biomasse die 5 bis 10-fachen Arbeitsplatzeffekte gegenüber einer energetischen Nutzung. Vor allem aufgrund der erheblich längeren Prozessketten.
Stoffliche Nutzung ist klar im Vorteil.

5. ... mit maximalen Innovationseffekten
Die komplexe und vielfältige stoffliche Nutzung bietet ein erheblich größeres Feld für Innovationen und Patente als die energetische Nutzung.
Stoffliche Nutzung im Vorteil.

6. Vorrang sollten die industriellen Nutzungen haben, die am schlechtesten durch andere erneuerbare Systeme substituierbar sind.
Biomasse ist die einzige erneuerbaren Kohlenstoffquelle für die Rohstoffversorgung der Industrie (BMELV 2009) und damit praktisch ohne Alternative[48] – im Gegensatz zur energetischen Nutzung von Biomasse, die weitgehend durch andere erneuerbare Energiequellen substituiert werden kann.
Für die vielfältigen Produkte der stofflichen Nutzung in den Bereichen Chemie, Kunststoffe, Holzwerkstoffe und Textilien ist eine Substitution durch andere Ressourcen dagegen schwierig bis kaum vorstellbar. Die stoffliche Nutzung wird daher noch sehr lange auf Biomasse angewiesen sein, wenn sie auf petrochemische Produkte verzichten will.
Stoffliche Nutzung ist noch langfristig auf Biomasse angewiesen.

7. Vorrang sollten diejenigen Nutzungen haben, die am wenigsten staatliche Förderung benötigen, um wettbewerbsfähig zu sein.
Um eine möglichst wirtschaftliche und effiziente Förderung, bzw. Nutzung von Biomasse zu erreichen, sollten solche Nutzungen bevorzugt werden, die eine geringere staatliche Förderung benötigen, um heute und zukünftig wettbewerbsfähig zu sein. Berechnungen des nova-Instituts zufolge, welche eine Förderung der energetischen und stofflichen Endanwendungen derselben Zwischenprodukte (Building Blocks) vergleichen, benötigt die stoffliche Nutzung nur ca. die halbe Förderhöhe der energetischen, um wettbewerbsfähig zu sein.
Stoffliche Nutzung klar im Vorteil.

---

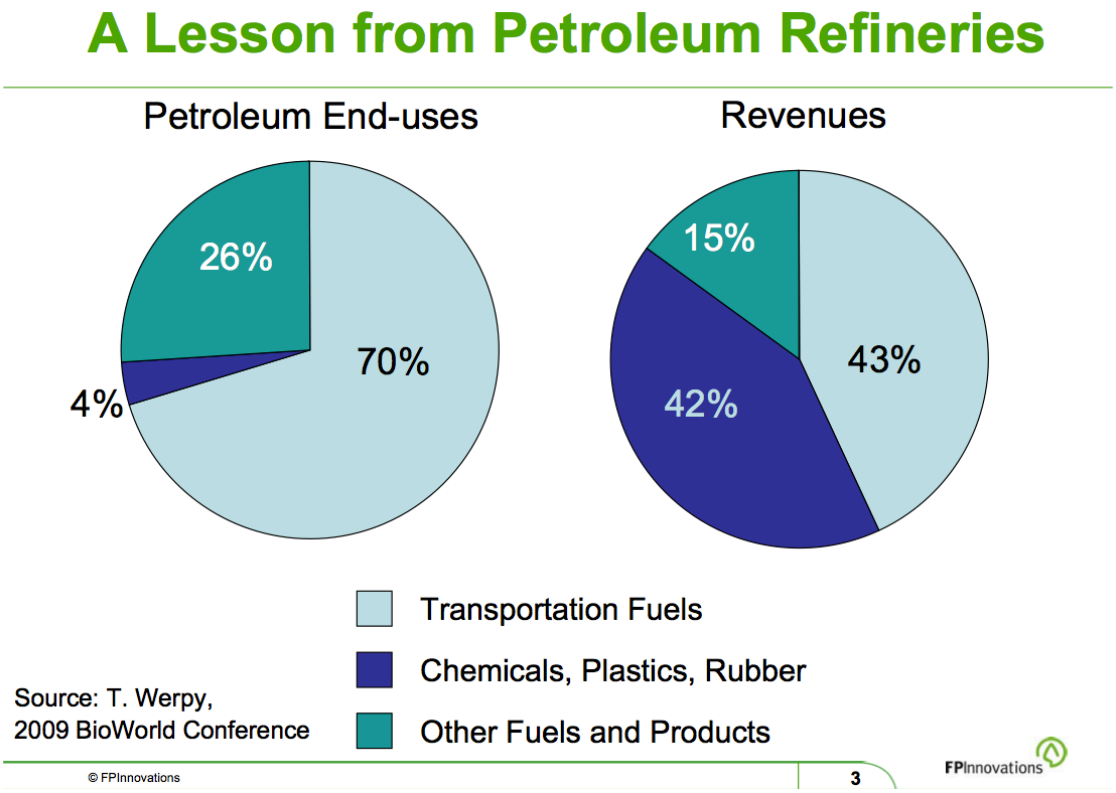
[46] Zu den Berechnungen der Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzeffekte durch FiFo und nova siehe Anhang 9.2: „Volkswirtschaftliche Effekte einer stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe im Vergleich zur energetischen Nutzung: Eine Auswertung von Fallstudien mit Bezug auf Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte“ sowie Kurzfassung in AP9.

[47] siehe vorherige Fußnote.

[48] Grundsätzlich kann auch das CO_2 aus Abgasen oder auch der Atmosphäre mit Hilfe von Solar-/Windstrom, bzw. Wasserstoff als erneuerbare Kohlenstoffquelle für energetische und stoffliche Nutzung genutzt werden. Dies befindet sich jedoch noch in einem vorkommerziellen Stadium.

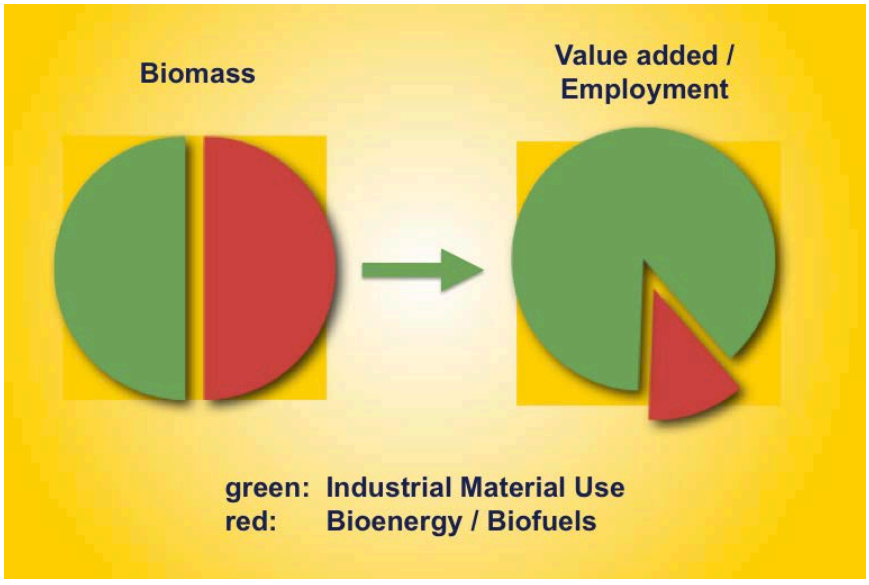
Die folgenden Grafiken veranschaulichen die höhere Wertschöpfung durch die stoffliche Nutzung, sowohl bei Erdöl als auch bei Biomasse. Die Wertschöpfungspyramide zeigt deutlich, wie die Wertschöpfung für Rohstoffe gesteigert werden kann und welche stofflichen Verwertungen an der Spitze der Pyramide zu finden sind. Gerade bei einem begrenzten Gut wie Biomasse sollten möglichst wertschöpfende Verwendungen priorisiert werden.

Abbildung 59: Nutzungsanteile und Umsätze verschiedener petrochemischer Sektoren in Kanada.



Nur 4 % des Erdöls gehen in „Chemicals, Plastics, Rubber". Aus diesen 4 % ergeben sich aber 42 % der Umsätze. (FPInnovations 2011)

Abbildung 60: Biomassenutzung und korrespondierende Wertschöpfung und Arbeitsplätze



nova-Institut 2013

Abbildung 61: Wertschöpfungspyramide für fossile und bio-basierte Rohstoffe außerhalb des Lebens- und Futtermittelbereichs



nova-Institut 2013

Neben den genannten Kriterien, die für eine verstärkte stoffliche Nutzung von Biomasse sprechen, gibt es weitere Motive für eine stoffliche Nutzung:

- Stärkere Unabhängigkeit von fossilen Kohlenstoffträgern, die große Teile der stofflichen Nutzung als Rohstoff dominieren.
- Überwindung des Erdölzeitalters in der Chemie- und Kunststoffindustrie, bzw. frühzeitige Vorbereitung dieses Schrittes.
- Ressourcenschutz durch Reduzierung des Verbrauchs fossiler Ressourcen.

Über die entscheidende Frage, warum die stoffliche Nutzung von Biomasse ausgebaut und gefördert werden sollte, gibt es keine ausreichende Diskussion und entsprechend auch keinen politischen Konsens. Dies stellt sich als erhebliches Hemmnis für die Entwicklung einer politischen Strategie und Öffentlichkeitsarbeit zum Ausbau der stofflichen Nutzung dar: Die Unklarheit bzgl. der Kernmotivation für Ausbau und Förderung der stofflichen Nutzung von Biomasse.

Die stoffliche Nutzung von Biomasse in der Industrie – Chemie, Kunststoffe aber auch Holzwerkstoffe und Textilien – braucht eine neue politische Verankerung und Begründung.

Ist Klimaschutz die Triebfeder? Oder Ressourcenschutz? Oder Wertschöpfung und Arbeitsplätze? Oder die Unabhängigkeit von Erdölimporten? Oder aber die Notwendigkeit, die Chemie- und Kunststoffindustrie weltweit auf eine neue biobasierte Rohstoffbasis zu stellen, die „Dritte Industrielle Revolution“ (Fischler 2012) – die „Rohstoffwende“ – zu beginnen?

Die stoffliche Nutzung von Biomasse verdient aus unterschiedlichen ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten eher eine Priorisierung gegenüber der energetischen Nutzung, dagegen setzt die Politik bislang fast ausschließlich auf Bioenergie und Biokraftstoffe.

Es ist eine Aufgabe für Politik und Gesellschaft, die Bedeutung und den potenziellen Nutzen der stofflichen Nutzung stärker ins öffentliche Bewusstsein zu rücken, hemmende Faktoren zu identifizieren sowie entsprechende Instrumente zu entwickeln und Maßnahmen einzuleiten.

7.4 Wichtigste Hemmnisse: Ungleichbehandlung, Hemmnis-Geflecht und Konkurrenz-Dreieck

In den letzten Jahren wurde ein immer breiterer Konsens erzielt – ob in der Wissenschaft, EU-Kommission oder OECD – dass eine Problematik der Ungleichbehandlung von energetischer vs. stofflicher Nutzung von Biomasse existiert, mit der Folge einer ökonomischen und ökologischen Fehlallokation von Rohstoffen, ohne dass bislang jemand konkrete Wege für eine Neugestaltung der politischen Rahmenbedingung aufzeigen konnte.

> “There is as yet no policy arsenal for bio-based chemicals and bioplastics comparable to that available for biofuels. ... However, bio-based chemicals have not enjoyed the wealth of supportive policy measures liquid biofuels have received. This is equally true of bioplastics, if they are treated as a separate category.” (OECD 2011, S. 101 und 102)

> „Finally, many policies supporting the use of bioenergy explicitly restrict any (financial) benefits to the use of biomass for energy purposes. As energy and materials compete for the same biomass or agricultural land, this puts bio-based materials at a disadvantage. Altogether, these existing policies act as significant barriers to the market penetration of bio-based materials. This may be because they date from a time when bio-based materials were not on the political agenda at all, or may be the result of simply forgetting this area when drafting the policy. Either way, these policies unintentionally but irrefutably penalize the use of biomass for material production. Irrespective of the cause of such disadvantages, it would be crucial to adapt such policies to also encompass material use of biomass.“ (Hermann et al. 2011)

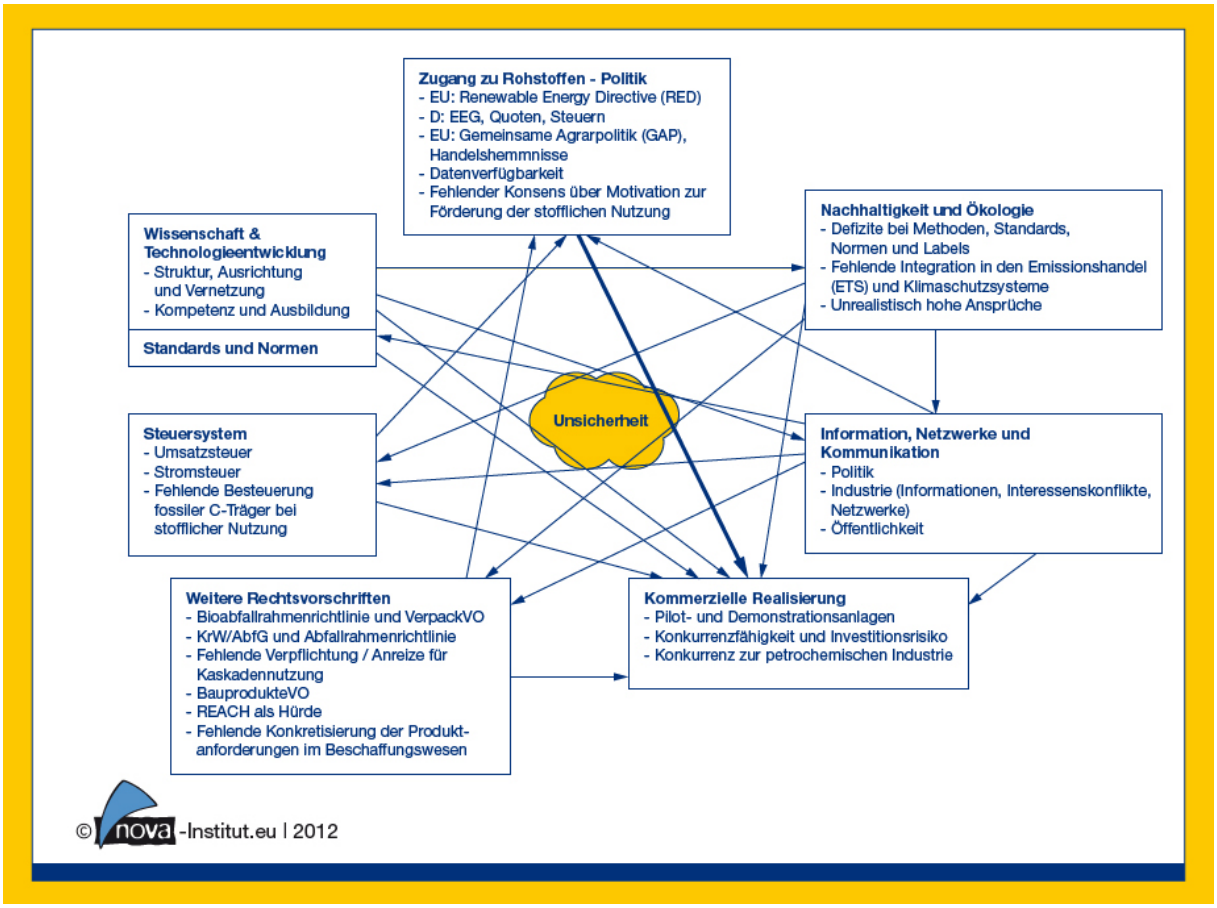
Die EU-Kommission sieht die größten Hemmnisse für eine biobasierte Ökonomie und speziell auch die stoffliche Nutzung von Biomasse in einer fragmentierten und inkohärenten politischen Steuerung sowie einer schlechten Vernetzung der unterschiedlichen Politikbereiche sowie der Akteure. Dabei überwiegen die Hemmnisse auf nationaler vor denen auf europäischer Ebene.

> „Barriers at EU and national levels prevent the efficient development of a European bioeconomy today. Respondents observe that barriers hindering the development of the bioeconomy exist at both EU and national levels (77 %), or mainly at EU level (9 %). The main barriers perceived at both EU and national levels are the insufficient links between decision makers and stakeholders from the bioeconomy (76 %), and the insufficient links between policies related to the bioeconomy (73 %). ... Poor coherence between decision-makers and stakeholders are often at the origin of regulatory failures, as is the lack of coherent approaches between Member States and across sectors. The incompatibility of market regulation with environmental and social regulation can sometimes cause conflicts, such as the European targets on renewable energy that distort the market for biomass. ... According to their findings regulatory and market failures as well as fragmented policies and activities are the main obstacles to the efficient development of

> the bioeconomy, as well as the lack of a coherent policy interaction model.“ (EU Kommission 2012b, S. 10 und 15)

Die Hemmnis-Problematik der stofflichen Nutzung kann nur in dem Geflecht sich gegenseitig verstärkender Barrieren begriffen und gelöst werden. Dabei stellen Unsicherheiten das zentrale Hemmnis dar, indem sie Investition, Markteinführung und -etablierung verhindern: Unsicherheit in Bezug auf die politischen Rahmenbedingungen, die politische und gesellschaftliche Akzeptanz, die ökologische Bewertung, den sicheren Zugang zu einer bezahlbaren Rohstoffbasis, die Reife und Konkurrenzfähigkeit der Technologien und Prozesse sowie der Wettbewerbsfähigkeit auf der Rohstoff- (gegenüber Bioenergie und Biokraftstoffen) und Produktebene (gegenüber der steuerbefreiten Petrochemie).

Abbildung 62: Hemmnisgeflecht



nova-Institut 2013

Abbildung 63 zeigt das Konkurrenz-Dreieck der stofflichen Nutzung, das im Folgenden erklärt werden soll:

Obere Seite: Fossile Energie im Wettbewerb mit Bioenergie/-kraftstoffen

Infolge einer umfassenden Förderkulisse für die energetische Nutzung von Biomasse durch die Renewable Energy Directive (RED) und ihre nationalen Umsetzungen in Form von EEG, Biokraftstoffquote und Steuerreduzierung ist seit Jahren eine günstige Wettbewerbssituation gegenüber den fossilen Energieträgern erzielt worden. Letztere unterliegen zudem einer erheblichen Energiesteuer – sehr günstig gestaltete Wettbewerbsbedingungen für die Bioenergie und Biokraftstoffe, eine durch politische Rahmenbedingungen künstlich geschaffene Konkurrenzfähigkeit.

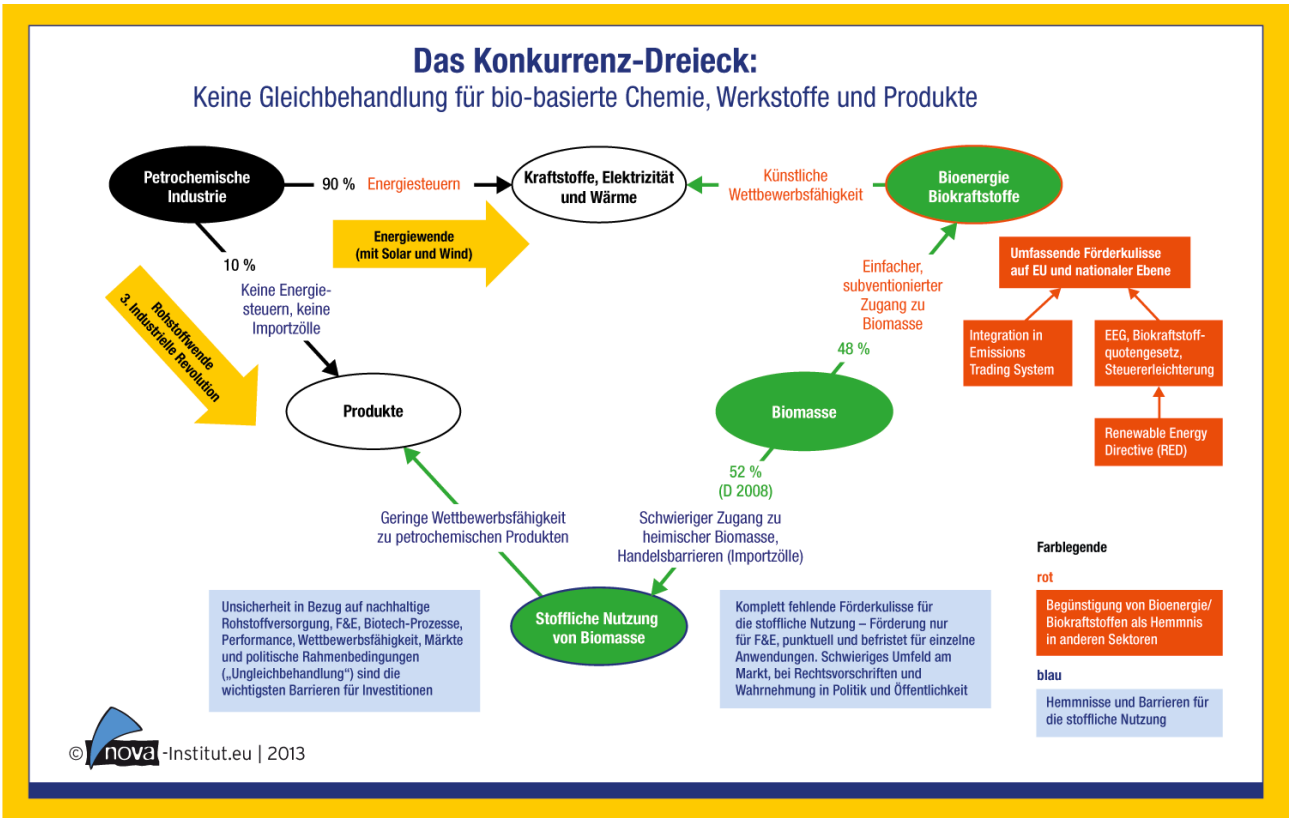
Rechte Seite: Bioenergie/-kraftstoffe und stoffliche Nutzung im Wettbewerb um Biomasse

Mit der Bioenergie steht die stoffliche Nutzung im Wettbewerb um die Biomasse, die nicht für Leben- und Futtermittel benötigt wird. In Folge der umfassenden Förderkulisse für Bioenergie und Biokraftstoffe, letztendlich ausgelöst durch die RED, sind die Preise für Biomasse und Boden deutlich gestiegen, wodurch der Zugriff der stofflichen Nutzung auf Biomasse entsprechend erschwert und verteuert wurde, was nicht durch Förderung kompensiert wird. Eine schwierige und „unfaire“ (im Sinne von: Folge einer Marktverzerrung) Wettbewerbssituation.

Linke Seite: Petrochemische Produkte im Wettbewerb mit biobasierten Produkten

Gegenüber den Produkten der Chemischen Industrie steht die biobasierte Chemie und Kunststoffindustrie in ungeschütztem Wettbewerb, den Gesetzen der Märkte ausgeliefert. Ohne flankierende Maßnahmen sollen neue, biobasierte Industrien aufgebaut werden, die gegenüber etablierten und über Jahrzehnten optimierten Massenproduktionen der Petrochemie konkurrenzfähig sind. Dazu kommen die aufgrund der Förderung der energetischen Nutzung hohen Biomassepreise, denen nicht durch eine Besteuerung von fossilen Kohlenstoffträgern als Rohstoff für die Chemische Industrie entgegengesteuert wird – eine schwierige und kaum zu bewältigende Wettbewerbssituation.

Abbildung 63: Das Konkurrenz-Dreieck: Petrochemie – Bioenergie/-kraftstoffe – Stoffliche Nutzung von Biomasse



nova-Institut 2013

7.5 Politische Rahmenbedingungen – GAP, Renewable Energy Directive (RED), EEG, Quoten, Marktanreizprogramm (MAP) und Steuererleichterungen

Der sichere Zugang zu nachhaltig produzierter Biomasse in ausreichender Menge und zu konkurrenzfähigen Preisen ist eine der Grundvoraussetzungen für die Entwicklung und

Etablierung der stofflichen Biomasse-Nutzung und gerade auch für Investitionen in neue Sektoren wie der biobasierten Chemie und Kunststoffe. Die erhebliche Unsicherheit in Bezug auf einen sicheren Zugriff auf die benötigte Biomasse stellt eines der schwerwiegendsten Hemmnisse überhaupt dar, ist eng verwoben mit anderen Hemmnissen und hat unmittelbare Folgen auf die kommerzielle Realisierung von Projekten. Als eine Hauptursache sehen die Autoren unterschiedlicher Studien die massive und einseitige Förderung der energetischen Biomasse-Nutzung, die eine adäquate Rohstoffversorgung zur stofflichen Nutzung erheblich erschwert. Dies gilt in gleicher Weise für Agrarrohstoffe wie Holz sowie für neue und traditionelle stoffliche Nutzungen.

Auf der Prioritätenliste der LMI[49] Ad-hoc Advisory Group for Bio-based Products (2011) steht nach mehrjähriger Diskussion an oberster Stelle der Empfehlungen:

> „1. Access to feedstock: Legislation and policies (agriculture, rural development, research, industrial and environmental policy, etc.) should be balanced between bio-energy and bio-based products to allow access to sustainable renewable raw materials/feedstock for industrial uses. Legislation and policies should promote the availability of renewable raw materials/feedstock in sufficient quantities at a suitable and guaranteed quality and at competitive prices." (LMI 2011, S. 2)

Die bereits zitierte LMI Ad-hoc Advisory Group for Bio-based Products (DG Enterprise) beschreibt das Hemmnis Biomasse-Zugang besonders umfassend in ihrem „Financing Paper" von Februar 2011:

> "Access to renewable raw material (RRM): giving bio-based chemicals and plastics a competitive chance: The industrial production of bio-based products is in competition for feedstock with bioenergy and biofuels, which not only have higher support in R&D and pilot and demonstration plants, but also receive a strong and ongoing support during commercial production (quotas, tax incentives, green electricity regulations and many more). The recent policy leads to a market distortion on feedstock availability and costs. Hence, in order to develop an attractive investment framework for the industrial production of bio-based products, comparable support measures have to be developed for all sectors of the bio-based economy. Even the biorefineries that are producing energy and chemicals will not be able to truly overcome this problem. If the energy market is more attractive because of related incentives and support, the biorefinery concepts will be focused and tuned to energy as the main output, thus neglecting the huge potential of bio-based products and materials." (LMI 2011b)

Rahmenbedingungen in der EU: Gemeinsame Agrarpolitik (GAP)

Auch in der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU fanden sich lange Ungleichbehandlungen in Bezug auf energetische und stoffliche Nutzung (Energiepflanzenprämie, Bevorzugung energetisch genutzter Dauerkulturen). In der aktuellen gültigen GAP findet sich allerdings immer noch eine Ungleichbehandlung in der zweiten Säule:

> „Während die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe nach den aktuellen Vorschlägen der Kommission unmittelbar durch die Direktzahlungen der „Zweiten Säule" der GAP finanziell unterstützt werden kann, ist dies für die stoffliche Nutzung nur mittelbar möglich, wenn Anbau und Nutzung nachweisbare Vorteile für Klima-, Wasserschutz oder Biodiversität erbringen." (Carus et al. 2010)

[49] „Lead Market Initiative" der Europäischen Kommission

Im aktuell vorliegenden Reformvorschlag der GAP finden sich keine Ungleichbehandlungen dieser Art mehr wieder. Alle Regelungen, die die energetische oder stoffliche Nutzung betreffen, behandeln beide Sektoren erstmalig in gleicher Art und Weise. In der GAP soll die Bereitstellung der Biomasse möglichst unabhängig von späteren Anwendungen geregelt werden, um Marktverzerrungen zu vermeiden.

In anderen Aspekten benachteiligt die GAP die stoffliche Nutzung von Biomasse aber weiterhin. Im Vergleich zur stofflichen Nutzung fossiler Rohstoffe sind die hohen Importzölle für Biomasse ein großes Hindernis für den Zugang zu Rohstoffen (s. auch Kapitel 8, Steuersystem und Importzölle). Dazu kommt, dass die Direktunterstützung für Landwirte den Anbau von Biomasse für die industrielle stoffliche Nutzung nicht im selben Maße fördert wie den Anbau von Lebensmitteln (TNO-HCSS 2011). Letzterer Aspekt ist allerdings unter Gesichtspunkten der Nahrungsmittelsicherheit durchaus wünschenswert. Aus diesem Grund wird im folgenden Arbeitspaket kein Instrument diskutiert, das diesen Umstand ändern soll.

Rahmenbedingungen in der EU: Renewable Energy Directive (RED)

Die RED hat zum ersten Mal einen unionsrechtlichen Rahmen für die Verwendung von erneuerbaren Energien in den drei Energiebereichen Strom, Wärme/Kälte und Verkehr geschaffen. Ihr Ziel ist es, in der EU bis 2020 einen Deckungsanteil von 20 % erneuerbarer Energien am Gesamtenergiebedarf zu erreichen sowie als Unterquote 10 % erneuerbare Energien im Verkehrsbereich. Dazu wird für jeden Mitgliedsstaat ein individueller Anteil an erneuerbaren Energien zur Deckung des Endenergiebedarfs festgesetzt, der von diesem Staat bis 2020 zu erreichen ist. In Deutschland muss ausgehend von 8,5 % in 2005 der Anteil bis 2020 18 % betragen. Es handelt sich um für die Mitgliedsstaaten verbindliche Quoten, bei deren Nichterreichen die EU Sanktionen gegen die betroffenen Mitgliedstaaten verhängen kann.

Die Bioenergie- und Biokraftstoff-Politik der EU mit den festen und ehrgeizigen Ausbauzielen der RED führt zu einer systematischen Allokation von Biomasse zum Nachteil der stofflichen Nutzung: In den Mitgliedsstaaten hat die RED die Entwicklungen von nationalen Aktionsplänen und Förderkulissen für Bioenergie und Biokraftstoffe ausgelöst, die ihrerseits hohe Biomasse- und Pachtpreise verursachen und anderen Sektoren den Zugriff auf Biomasse deutlich erschweren und die Preise verzerren. Da hierdurch auch „höherwertige“[50] stoffliche Nutzungen an ihrer Realisierung gehindert werden, kann man von einer „Fehlallokation“ von Biomasse sprechen.

Dass die Zielvorgaben der RED zu Marktverzerrungen beim Biomasse-Zugang führt, ist der Analyse der EU-Kommission nicht entgangen:

> “The incompatibility of market regulation with environmental and social regulation can sometimes cause conflicts, such as the European targets on renewable energy that distort the market for biomass.“ (EU Kommission 2012b, S. 15)

Eine besonders klare Analyse der Problematik hat das niederländische Rathenau-Institut durchgeführt und die bisherige Politik in Bezug auf Ziele wie hohe Ressourceneffizienz und Wertschöpfung untersucht. Auf Basis dieser umfassenden Politikanalyse wurden Empfehlungen für den Aufbau einer biobasierten Ökonomie für die Regierung in Den Haag entwickelt. In diesem Kontext wurden auch Hemmnisse identifiziert. So sehen die Autoren grundsätzliche Konflikte zwischen der existierenden Biokraftstoff-Politik auf der einen und einer Bio-

[50] „Höherwertig“ soll hier verstanden werden als: hochpreisiger, höher wertschöpfend (pro Tonne Biomasse) und mehr Arbeitsplätze beanspruchend (pro Tonne Biomasse).

Ökonomie-Politik auf der anderen Seite. Dabei führt die heutige Biokraftstoff-Politik zu einer Fehlallokation von Biomasse zum Nachteil der „höherwertigen" stofflichen Nutzungen:

> "The bio-economy policy conflicts with the biofuels policy: The complex interaction between the three lines of policy described above leaves the mandate of the integrated bio-economy concept highly uncertain and weak compared with the established biomass policy[51]. The key aim of the bio-economy policy – to make the most efficient use possible of bio-based feedstocks – is at loggerheads with the biofuels policy. According to the latter, biomass is meant to be used as a biofuel. Using biomass as a source of energy is a low-value application, however, i.e. at the bottom of the value pyramid. Biofuels are part of the bio-economy, in other words – but a low-priority part. The bio-economy concept, on the other hand, requires using biomass for high-value applications first, for example in the chemicals sector." (Asveld et al. 2011)

Deutsche NaWaRo-Politik – EEG, Quoten, Marktanreizprogramm (MAP) und Steuererleichterungen

In Deutschland wurde die RED durch verschiedene gesetzliche Maßnahmen umgesetzt. Im Stromsektor existiert das Einspeisungsmodell des EEG. Im Verkehrssektor wiederum gibt es die sog. Biokraftstoffquote, welche durch das Biokraftstoffquotengesetz[52] in das Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)[53] aufgenommen wurde (§§ 37aff. BImSchG). Danach ist der Anteil des aus erneuerbaren Quellen gewonnenen Biokraftstoffs an den gesamten in den Verkehr gebrachten Kraftstoffen jährlich zu erhöhen. Die Steuererleichterungen für Biokraftstoffe, die zu Beginn der Biokraftstoffförderung das wichtigste Instrument darstellten, laufen bis 2013 für Biodiesel und Pflanzenöl aus, nicht aber für Bioethanol und BtL (Tabelle 21).

Im Wärme/Kälte-Sektor wurde durch das EEWärmeG das gesetzliche Ziel aufgestellt, bis zum Jahr 2020 mindestens 14 % des Wärme- und Kälteenergiebedarfs von Gebäuden durch erneuerbare Energien zu decken (§ 1 Abs. 2 EEWärmeG). Ein Marktanreizprogramm (MAP) für erneuerbare Energien des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle macht es zudem für Verbraucher attraktiv, ihren Wärmebedarf durch Holzverbrennung in Pellet-Öfen o.ä. zu decken. Seit dem 15. August 2012 sind die Konditionen sogar noch attraktiver geworden: Der Zuschuss für Privathaushalte und gewerbliche Objekte, die neue Heizungen auf Basis von Brennholz (Pellets, Hackschnitzel ...) neu installieren oder entsprechend umrüsten, wurde erhöht.

Stoffliche Nutzungen in Deutschland haben es im Vergleich zu anderen Ländern sogar besonders schwer, an ihre Rohstoffe zu kommen: Die im internationalen Vergleich ungewöhnlich hoch subventionierte Nachfrage (Tabelle 19 und Tabelle 21) aus dem Bioenergie- und Biokraftstoffbereich (EEG, Biokraftstoffquote, Steuererleichterungen) verschlechtert ab einem gewissen Anteil der regionalen Agrarfläche erheblich die Verfügbarkeit von Anbauflächen und Biomassen für andere Nutzungen. Dies erhöht den Preis der Biomasse ebenso wie die Pacht- und Bodenpreise (Carus et al. 2010). Besonders deutlich wird dieser Effekt in „Biogas-Regionen" wie in Niedersachsen.

---

[51] The use of biomass by-products to generate electricity and heat seems to clash less with the bio-economy concept, in any event if the by-products are those resulting from the high-value forms of biomass utilisation. (Asveld et al. 2011)

[52] Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften (Biokraftstoffquotengesetz- BioKraftQuG) vom 18.12.2006, BGBl. I Nr. 62 vom 21.12.2006, S. 3180.

[53] Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. September 2002 (BGBl. I S. 3830), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.

Tabelle 19: Förderung von Biodiesel und Bioethanol in verschiedenen Ländern

Summary of existing economic incentives from policy measures for transportation biofuels where incentives are quantified per secondary energy content (GJ) and per unit of carbon dioxide saved.				
	Biodiesel		Bioethanol	
Country	[€/GJe]	[€/t CO_2]	[€/GJ]	[€/t CO_2]
Austria	9	340		
Czech Republic	10	360		
France	10	370	19	650
Germany	14	520	33	1100
Japan			23	760
Spain			17	580
Sweden	12	440	27	880
UK	9	330	15	510
USA	8	290	7–8	230–280
USA*			14	450

Hermann et al. 2011
[a] for fuels derived from cellulose.

Die folgende Tabelle 20 zeigt die in den letzten Jahren verwendeten Förderinstrumente für Biokraftstoffe, Biogas für Stromerzeugung und Holzpellets für Strom oder Heizung. Man erfasst auf den ersten Blick die umfassende Förderkulisse für die energetische Nutzung und das Fehlen einer solchen für die stoffliche Nutzung von Biomasse.

Tabelle 20: Unterschiedliche Förderkulissen bei der energetischen und stofflichen Nutzung in Deutschland seit 2000

Instrumente	Biokraft-stoffe	Biogas für Strom	Holzpellets für Strom oder Heizung	Stoffliche Nutzung, bio-basierte Produkte
Steuerreduzierung	Ja	(Ja)	Ja	Nein
Quoten (Biokraftstoffe, RED)	Ja	Ja	Ja	Nein
EEG (Strom/Wärme)	Ja	Ja	Ja	-
Emissionshandel (ETS)	Ja	Ja	Ja	Nein
Markteinführungs-programme, bzw. Sonderregelungen am Markt	Ja	Ja	Ja	Ja (aber weitgehend ausgelaufen) (für Schmierstoffe, Dämmstoffe und Biokunststoffverpackungen)
Andere (z. B. Programm zur ländlichen Entwicklung)	Ja	Ja	Ja	Nein (GAP-Reformvorschlag 2011: Ja)
Forschung & Entwicklung	Ja	Ja	Ja	Ja

nova-Institut 2013

Tabelle 21 und Tabelle 22 zeigen die konkreten ökonomischen Effekte infolge der ungleichen Fördersituation in der energetischen und stofflichen Nutzung.

Tabelle 21 zeigt die Entwicklung der Höhe der Preisstützung für Bioenergie in den Jahren 2009, 2012 und 2013. Das Jahr 2009 stellte für die meisten erneuerbaren Energien das Jahr mit der relativ höchsten Förderung dar. Mit Ausnahme von Biogas (60 % Mais, 40 % Gülle), gingen die Preisstützungen für alle Biokraftstoffe und auch die Photovoltaik in den Folgejahren zurück. Ein starker Rückgang ist dabei aber nur für die Reinkraftstoffe Biodiesel und Pflanzenöl zu verzeichnen, für welche die Förderung praktisch ausgelaufen ist. Die Preisstützung für Biodiesel und Bioethanol in der Beimischung oder für Bioethanol als Reinkraftstoff (E85 bzw. E100) liegt mit etwa 25 bis 50 % (maximal 70 %) bezogen auf den Marktpreis immer noch recht hoch. Für Biogas (60 % Mais, 40 % Gülle) liegt die Förderung bezogen auf den Umsatz sogar zwischen 60 und 80 %. Interessant ist, dass die Förderung der Photovoltaik mit 55 bis 75 % in derselben Größenordnung liegt.

Tabelle 21: Vergleich des Anteils der Förderung am Umsatz bzw. Höhe der Preisstützung für erneuerbare Energien 2009, 2012 und 2013

	Anteil der Förderung am Umsatz bzw. Höhe der Preisstützung		
	2009	**2012**	**2013**
Biodiesel (Raps)			
Reinkraftstoff (Steuererleichterung)	20–35 %	19–20 %	ca. 2 %
Beimischung (Quote), real	20–60 %	24–41 %	24–41 %
Beimischung (Quote), max.	50–80 %	53–58 %	53–58 %
PÖL-Kraftstoff (Raps)			
Reinkraftstoff (Steuererleichterung)	20–35 %	19–20 %	ca. 2 %
Bioethanol			
aus Getreide-Stärke			
Reinkraftstoff (Steuererleichterung)	ca. 45 %	ca. 42 %	ca. 42 %
Beimischung (Quote), real	50–85 %	39–52 %	39–52 %
Beimischung (Quote), max.	70–90 %	64–70 %	64–70 %
aus Zuckerrüben			
Reinkraftstoff (Steuererleichterung)	ca. 45 %	ca. 42%	ca. 42 %
Beimischung (Quote), real	50–85 %	39–52%	39–52 %
Beimischung (Quote), max.	70–90 %	64–70%	64–70 %
BtL (Steuererleichterung)	n.a.	n.a.	n.a.
Biogas (60% Mais, 40% Gülle) (EEG)	40–80 %	60–80 %	60–80 %
Photovoltaik-Freiflächenanlage (EEG)	70–90 %	58–78 %	54–76 %

Quelle: Piotrowski 2012 – vollständiger Text s. Anhang 7

Tabelle 22 zeigt dem gegenüber die in Deutschland realisierten Förderungen im stofflichen Bereich. Zunächst fällt auf, dass es hier keine umfassende Förderkulisse gab, sondern nur Förderungen für kleine Segmente der stofflichen Nutzung (Hanf und Flachs, Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Biokunststoffverpackungen und Bioschmierstoffe). Zudem waren die Förderungen zeitlich klar begrenzt (4 bis 8 Jahre) und aktuell besteht nur noch die Befreiung der Biokunststoff-Verpackungen von der Rücknahmepflicht gemäß § 16 der Verpackungsverordnung, die Ende des Jahres 2012 ausgelaufen ist. Die Höhe der Preisstützung lag dabei mit 7 bis 30 % deutlich unter den Förderungen für Biokraftstoffe und Bioenergie im

vergleichbaren Zeitraum. Die Erfahrungen mit diesen wenigen Förderungen haben gezeigt, dass Preisstützungen zwischen 15 und 30 % bei der stofflichen Nutzung bereits deutliche Effekte erzielen. (Carus et al. 2010)

Insgesamt zeigt sich, dass es für stoffliche Nutzung zwischen 2001 bis 2012 keine mit der energetischen Nutzung vergleichbare Förderkulisse gegeben hat bzw. gibt.

Tabelle 22: Genutzte Förderinstrumente für stoffliche Produktlinien (2001–2012)

Genutzte Förderinstrumente für stoffliche Produktlinien (2001 bis 2012)							
	Zeitraum der Förderung	Förderung in €/t	Ertrag in t/ha	Förderung in €/ha	CO_2-Einsparung je Hektar (in t CO_2-Äquiv.)	Förderung in € je t eingesparte CO_2-Äquiv.	Anteil der Förderung am Umsatz bzw. Höhe der Preisstützung
EU-Verarbeitungsbeihilfe für Hanf und Flachs	WJ 2001/02 bis WJ 2011/12*	90 (Hanf- und Flachskurzfasern)	ca. 1,5 (Hanffasern)	ca. 135	ca. 10	13,5	ca. 15 %
Befreiung von Biokunststoffen von der Rücknahmepflicht gemäß § 16 der Verpackungsverordnung	1.1.2009 bis 31.12.2012	ca. 720	ca. 2-6 t PLA (aus Weizen, Mais oder Zuckerrüben)	1.440-4.320	ca. 5-10	ca. 144-864	ca. 7-14 %
Markteinführungsprogramm Naturfaserdämmstoffe	2003 bis 2007	998 €/t Fasern bzw. 35 €/m^3 Dämmstoff	ca. 1,5 (Hanffasern)	ca. 1.500	ca. 5-10	150-300	ca. 30 %
Markteinführungsprogramm für Bioschmierstoffe	2001 bis 2008	Förderung der Erstausrüstung und Umrüstung von Maschinen auf biogene Schmierstoffe in Form eines nicht rückzahlbaren Zuschusses; Umrechnung auf Förderung je Stoffstrom oder Hektar nicht ohne weiteres möglich					

Quelle: nova-Institut 2009, (*ein Wirtschaftsjahr (WJ) dauert vom 1.7. bis zum 30.6.)
Carus et al. 2010

Exkurs: Aktuelle Situation bei der Biokraftstoffquote und der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung

Im Juli 2012 wurden die politischen Abstimmungsprozeduren für den Referentenentwurf zur „Verordnung zur Änderung der Verordnung zur Durchführung der Regelungen der Biokraftstoffquote und der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung“ eingeleitet. Es geht dabei vor allem um die konkrete Ausgestaltung der doppelten Gewichtung bestimmter Rohstoffe für die Quote. So sollen z. B. „Altspeisefette [...] künftig anders als bisher als Reststoff im Sinne von § 7 Absatz 1 Satz 1 Nummer 2 in Verbindung mit Absatz 4 Satz 1 ausdrücklich doppelt gewichtet auf die Biokraftstoffquote angerechnet werden.“

Kritisch für die Konkurrenz zum stofflichen Sektor sind vor allem vier biogene Rohstoffe, die teilweise ebenfalls in der Quote doppelt oder sogar vierfach gewichtet werden sollen:

- Rohglycerin: Nach Aufreinigung ist dies ein wichtiger Rohstoff der chemischen Industrie.
- Tallöl: Wird als Grundlage für die Gewinnung von Produkten für die chemische Industrie genutzt (bspw. Arizona Chemicals). Insbesondere die aus dem Tallöl gewonnenen Tallöl-Destillate und –fettsäuren werden auch bei der Herstellung von Klebstoffen und Farben verwendet.
- Stroh: Wichtiger Rohstoff für Bioraffinerien, mit potenziell primär stofflichem Output.
- Tierfette: Seit langem in der Oleochemie verwendeter Rohstoff. Aufgrund der Konkurrenzsituation wurde die Anrechenbarkeit von Tierfetten in der Kraftstoffquote in Deutschland 2012 wieder rückgängig gemacht, in anderen EU-Mitgliedsstaaten besteht diese jedoch weiterhin.

Aus Sicht der stofflichen Nutzung sollten ihr diese biogenen Rohstoffe nicht durch eine vierfache, bzw. doppelte (oder auch schon einfache) Gewichtung in der Biokraftstoffquote entzogen werden.

Exkurs: Aktuelle Situation beim Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Aufgrund der Förderung im EEG/Biomasseverordnung kommt es zu Nutzungskonkurrenzen zwischen der stofflichen und energetischen Nutzung (siehe Tabelle 23). Die Nennungen basieren auf den in der Biomasseverordnung genannten Stoffen der Anlage 2 und 3, für die es jenseits der Grundvergütung für Biomasse eine zusätzliche Einsatzstoffvergütung gibt. Dieser Aufschlag beträgt für Einsatzstoffe der Vergütungsklasse I (§ 27 Abs. 2 EEG iVm. Anlage 2 der BiomasseV) je nach Bemessungsleistung bis zu 5 Megawatt zwischen 4,0 und 6,0 Cent pro Kilowattstunde. Für Strom aus Rinde oder aus Waldrestholz beträgt der Einsatzstoffvergütungsaufschlag jedoch hiervon abweichend bei einer Bemessungsleistung von 500 Kilowatt bis 5 Megawatt nur 2,5 Cent pro Kilowattstunde. Für Einsatzstoffe der Vergütungsklasse II (§ 27 Abs. 3 EEG iVm. Anlage 3 der BiomasseV) beträgt der Aufschlag bis zu einer Bemessungsleistung von 5 Megawatt 6,0 bis 8,0 Cent pro Kilowattstunde.

Tabelle 23: EEG 2012: Vergütungsklassen und potenzielle Konkurrenz zur stofflichen Nutzung von Biomasse

Vergütungsklasse I (Anlage 2 BiomasseV)[54]	Stoffliche Nutzungsbeispiele
Corn-Cob-Mix (CCM)	unklar (ggf. Bioraffinerie)
Futterrübe	unklar (ggf. Bioraffinerie)
Getreide	biobasierte Chemie und Biokunststoffe
Gras einschließlich Ackergras	Gründünger, Grüne Bioraffinerie
Grünroggen (Ganzpflanze)	Gründünger, Grüne Bioraffinerie
Hülsenfrüchte (Ganzpflanze)	Proteine, biobasierte Chemie und Biokunststoffe
Körnermais	biobasierte Chemie und Biokunststoffe
Mais (Ganzpflanze)	unklar (ggf. Bioraffinerie)
Sonnenblume (Ganzpflanze)	Oleochemie
Sorghum	unklar (ggf. Bioraffinerie)
Zuckerrüben	biobasierte Chemie und Biokunststoffe
Miscanthus	Holzwerkstoffindustrie, Papier- und Zellstoffindustrie, Lignocellulose-Bioraffinerie
Rinde	Mulchindustrie
Waldrestholz	Holzwerkstoffindustrie, Papier- und Zellstoffindustrie, Lignocellulose-Bioraffinerie
Vergütungsklasse II (Anlage 3 BiomasseV)[55]	
Durchwachsene Silphie	unklar (ggf. Bioraffinerie)
Kleegras	Gründünger, Grüne Bioraffinerie
Leguminosen-Gemenge	Gründünger, Grüne Bioraffinerie
Lupine	Gründünger, Grüne Bioraffinerie
Luzernegras	Gründünger, Grüne Bioraffinerie

[54] Nach Anlage 2 (zu § 2a Absatz 1 und 2) der Biomasseverordnung: Einsatzstoffe der Einsatzstoffvergütungsklasse I. Es werden nur die Stoffe aufgeführt, bei denen es zu einem Nutzungskonflikt kommen kann.

[55] Anlage 3 (zu § 2a Absatz 1 und 2) der Biomasseverordnung: Einsatzstoffe der Einsatzstoffvergütungsklasse II

Stroh	Lignocellulose-Bioraffinerie, Tiereinstreu, Mulch, Pilzanbau, Baustoffe u. a.
Holz aus Kurzumtriebsplantagen (KUP)	Holzwerkstoffindustrie, Papier- und Zellstoffindustrie, Lignocellulose-Bioraffinerie

Öko-Institut & nova-Institut 2013

Auch nach der Novellierung des EEG, bzw. der Biomasseverordnung, bleibt die Konkurrenz zwischen der stofflichen und energetischen Nutzung von Waldholz bestehen oder wird verschärft. Durch die Einbeziehung von Rinde in das EEG-Vergütungssystem (vgl. § 27 Abs. 2 Nr. 1 lit. d EEG) kommt es zu neuen Konkurrenzen zwischen ihrer stofflichen (z. B. zur Herstellung von Blumenerde) und ihrer energetischen Nutzung.

Durch die erhöhte Vergütung für Einsatzstoffe, welche auch stofflich genutzt werden können, wird der grundsätzliche Nutzungskonflikt zu Lasten der stofflichen Nutzung verschärft. Es bleibt deshalb zu prüfen, ob für diese Stoffe die Einsatzstoffvergütung gestrichen oder reduziert werden sollte. In Betracht kommt, insbesondere wie bei den anderen Stoffen, nur die Grundvergütung für Biomasse nach § 27 Abs. 1 EEG zu gewähren. Hierzu müssten die betroffenen Stoffe „heruntergestuft" werden, d. h. von Anlage 2 und 3 in Anlage 1 überführt werden. Für Stoffe mit der Vergütungsklasse II (Anlage 3) kommt auch als mildere Variante in Betracht, diese in Anlage 2 zu überführen, so dass die Einsatzstoffvergütung gesenkt würde.

> „‚Der Druck auf die stofflich verwertbaren Qualitäten und die nachwachsenden Ressourcen ist daher gewaltig', so Strohmeyer, und weiter: ‚Die Erfolgsgeschichte EEG mit Fokus auf der energetischen Verwendung von Altholz drohte mithin zum Desaster zu werden.' Zwischen den Jahren 2000 und 2006 wurden aufgrund des Vergütungsrahmens des EEG rund 1,6 Milliarden Euro in insgesamt rund 60 Biomasseheizkraftwerke mit fünf und mehr Megawatt Leistung investiert. Schon in den beiden vorigen EEG-Novellen wurde die Förderung zurückgefahren, mit dem EEG 2012 wird sie nun komplett zurückgenommen, was Strohmeyer begrüßt. … ‚Das EEG 2012 hat eine wichtige Richtungsentscheidung getroffen, aber für eine Kaskadennutzung und damit die Verringerung des Nutzdruckes auf stofflich verwertbare Althölzer ist weitere gesetzliche Unterstützung nötig', so Strohmeyer." (Meier 2012)

7.6 Datenverfügbarkeit

Die Datenverfügbarkeit für die stofflich genutzte Biomasse ist in Europa, von einzelnen Sektoren (Holz) und wenigen Ländern wie Deutschland abgesehen, sehr schlecht. Oftmals fehlen bereits entsprechende Zuordnungskategorien in den offiziellen Angaben des Statistischen Bundesamtes, bei EUROSTAT, aber auch bei FAO oder USDA.

Es liegt auf der Hand, dass die sehr begrenzte Datenverfügbarkeit im stofflichen Bereich ein Hemmnis für die weitere Entwicklung und auch für die Entwicklung adäquater Maßnahmen und Instrumente darstellt. Wie soll die Konkurrenzsituation um Biomasse sachgerecht eingeschätzt werden, wenn über den Konkurrenten „Stofflich" keine Daten vorliegen? Dies ist sicher auch ein Grund, warum die stoffliche Nutzung in der Politik und Fachöffentlichkeit oft übersehen wird.

Die aktuelle Datenlage für Deutschland, für das aufgrund einiger Projekte die international besten Daten vorliegen, sowie für Europa und die Welt ist im ersten Arbeitspaket dieses Forschungsprojekts dokumentiert. Dort wird geschlussfolgert:

> „Dass die Zusammenstellung von Basisdaten für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe – für Deutschland, Europa und die Welt – immer noch ein Novum darstellt, erstaunt vor allem deshalb, weil die stoffliche Nutzung eine sehr lange Geschichte hat und in ihrem Volumen zu allen Zeiten die energetische Nutzung übertraf. Letztere trat ihren Siegeszug erst in den letzten zwei Jahrzehnten an, begleitet von detaillierten statistischen Erhebungen. So ist eine umfassende Datenverfügbarkeit für energetisch genutzte Biomasse sowie Biokraftstoffe heute fast selbstverständlich – von regionaler bis zu globaler Ebene. Im Bereich der stofflichen Nutzung sieht die Lage dagegen vollkommen anders aus: Sie wird trotz ihres Volumens in den meisten Statistiken und Biomasse-Szenarien übersehen und ignoriert. Hauptgrund ist dabei die schlechte Datenverfügbarkeit. Selbst in Europa liegen nur für sehr wenige Länder umfassende Daten vor – dank weniger aktueller Studien der letzten Jahre. Aufgrund des wachsenden Interesses an einer möglichst effizienten Biomassenutzung und einer verstärkten Nutzung von Biomasse in Kaskaden („erst stofflich, dann energetisch"), wächst die Notwendigkeit, die Datenverfügbarkeit zur stofflichen Nutzung zu verbessern." (s. AP1)

Luguel et al. 2011 zeigen auf, welche Daten u. a. fehlen:

- „Market trends, biomass-related policy issues, the impact of bioenergy targets, customer expectations, etc.
- Monitoring, including impact assessments of market developments and international and national regulations
- Develop tools to assess appreciation of bio-based products
- Foresight studies and surveys should be undertaken when developing new bio-based products
- Specific market research is needed for bio-based products
- A bottom-up approach could also allow marketing goals to be translated into research priorities"

Im Februar 2013 hat das Joint Research Center (JRC) der EU-Kommission im Rahmen der "Bioeconomy Observatory" den Auftrag erhalten, eine Methodik zur Erfassung wichtiger Kenngrößen in der stofflichen Nutzung zu entwickeln und auf dieser Basis anschließend Daten zu erheben. Das Projekt läuft über drei Jahre, so dass ab 2015 erstmals eine verbesserte Datenbasis zu erwarten ist. (EU Kommission 2013)

7.7 Hemmnisse in weiteren Rechtsvorschriften

Für biobasierte Werkstoffe bestehen insbesondere weitere Hemmnisse im Kreislaufwirtschaftsrecht einschließlich der nachgeordneten Verordnungen, im Bauproduktenrecht sowie bei der öffentlichen Beschaffung:

- Im Kreislaufwirtschaftsrecht (KrWG[56]) ebenso wie in der Abfallrahmenrichtlinie[57] besteht ein Hemmnis für die stoffliche Nutzung von Biomasse darin, dass es an der Konkretisierung von ordnungsrechtlichen Maßnahmen für die Anwendung von

[56] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen vom 24. Februar 2012, BGBl, I S. 212.

[57] Richtlinie 2008/98/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien, ABl. L 312 vom 22.11.2008, S. 3.

Nutzungskaskaden oder der Setzung von Anreizen für eine Kaskadennutzung fehlt. Ohne eine Konkretisierung der Verpflichtungen aus dieser Hierarchie für die stoffliche Biomassenutzung ist eine mehrmalige stoffliche Nutzung bei gleichzeitig hoher Nachfrage für die energetische Verwertung der Biomasse nicht zu erreichen. Zudem sind bestimmte biobasierte Werkstoffe nicht von der Kreislaufwirtschaft erfasst, so dass die Verpflichtungen des Kreislaufwirtschaftsrechts nicht zur Geltung kommen. Die unzureichende Getrennthaltung von Holzabfällen ist ein weiteres Hindernis.

- Als Hemmnis für Verpackungen aus Biokunststoffen ist der eingeschränkte Zugang von Biokunststoffabfällen zur stofflichen Verwertung mittels Bioabfallsammel- und -entsorgungssystemen nach der Verpackungsverordnung (VerpackV)[58] zu benennen. Biobasierte, nicht abbaubare Standardkunststoffe wie biobasiertes PET, PE und PP sind in den letzten Jahren neu auf den Verpackungsmarkt gekommen. Ebenso gibt es einen Trend hin zu neuen Bio-Materialien wie Polymilchsäure (PLA) in nicht-kompostierbaren Verpackungsanwendungen. Diese Materialien profitieren nicht von den Ausnahmeregelungen in der VerpackV und sind – mit den entsprechenden Kosten – bei einem dualen System zu lizensieren.
- Ein Hemmnis für die Verwendung von Holz in Bauprodukten liegt darin, dass in der Bauprodukte-Verordnung (EG) 305/2011[59]Holz nicht als Alternative zu Zement/Beton angesehen wird.
- Schließlich ist im Beschaffungsrecht[60]das weitgehende Fehlen einer rechtssicheren Beschreibung von Produktanforderungen, die auf Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen Bezug nehmen, als Hemmnis für die Förderung der stofflichen Nutzung von Biomasse anzusehen.
- Die Zielsetzungen der zentralen chemikalienrechtlichen Vorschrift der EU „REACH“ ist es, für die registrierten Stoffe und Gemische gefährliche Stoffeigenschaften zu erkennen und ggfs. mit der Zulassung und Beschränkung darauf hinzuwirken, dass gefährliche Stoffe durch weniger gefährliche Stoffe ersetzt werden. In den Anhängen IV und V von REACH sind bestimmte Stoffe von der Registrierung, bzw. von der Anforderung ausgenommen, bestimmte Daten zu erheben; dazu zählen rund 30 biobasierte Stoffe wie z. B. Stärke, Zucker, Zellulose und Zellstoff. Neue biobasierte Stoffe, die nicht bereits unter REACH registriert sind, müssen als Neustoffe mit erheblichen Kosten – aufgrund fehlender Daten im Vergleich zur Petrochemie – registriert werden. Weitere Hürden ergeben sich aus Expertensicht in Folge spezieller Rohstoffe, Prozesse und Verunreinigungen.

[58] Verpackungsverordnung vom 21. August 1998 (BGBl. I S. 2379), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 19 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.

[59] Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG, ABl. L 88 vom 4.4.2011, S. 5.

[60] Richtlinie 2004/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31.3.2004 über die Koordinierung der Verfahren zur Vergabe öffentlicher Bauaufträge, Lieferaufträge und Dienstleistungsaufträge, ABl. EG Nr. L 134/114 v. 30.4.2004; zuletzt geändert durch Verordnung (EG) Nr. 1177/2009 der Kommission vom 30. November 2009 zur Änderung der Richtlinien 2004/17/EG, 2004/18/EG und 2009/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Schwellenwerte für Auftragsvergabeverfahren, ABl. der EG L 314 vom 1.12.2009, S. 64.

7.8 Steuersystem und Importzölle

Derzeit bestehen einige steuerrechtliche Hemmnisse, welche die stoffliche Nutzung von Biomasse gegenüber der energetischen Nutzung oder der fossil basierten stofflichen Nutzung benachteiligen. Als bedeutendste Hemmnisse haben sich die Energiesteuerbefreiung von stofflich genutztem Erdöl und die „Mehrwertsteuerermäßigung von Brennholz“ herausgestellt.

Eine klare Benachteiligung liegt in der ermäßigten Besteuerung von Brennholz, die bei Holz zur anderweitigen, bzw. in der stofflichen Nutzung nicht zur Anwendung kommt. Somit wird die stoffliche Nutzung aufgrund ihres regulären Umsatzsteuersatzes gegenüber der energetischen Nutzung (Brennstoffe auf Basis von Holz) benachteiligt, was ein Steuersystem-immanentes Hemmnis darstellt. Die Variante einer Ausweitung der Ermäßigung auf stofflich genutztes Holz ist aus europarechtlichen Gründen derzeit nicht realistisch. Stattdessen ist „auch (...) der Abbau von Steuervergünstigungen ein guter Weg, die politisch geschaffenen Wettbewerbsnachteile der stofflichen Nutzung partiell wieder zu senken“ (Thöne 2010). Dies hätte den positiven fiskalischen Nebeneffekt, dass sich die entstandene Steuerlücke füllen ließe.

Während es gute Chancen gibt, das Hemmnis „Mehrwertsteuerermäßigung für Brennholz“ zu überwinden, stehen die Chancen zur Überwindung des historisch gewachsenen Hemmnisses der „Energiesteuerbefreiung von Erdöl“ für die chemische Industrie schlecht. Der Grund liegt auf der Hand: Durch eine Besteuerung fossiler Rohstoffe für die chemische Industrie würde sich deren internationale Wettbewerbsfähigkeit unmittelbar verschlechtern. Ausnahmeregeln für Industrien, die dem Wettbewerb besonders ausgesetzt sind – wie es über die Ökosteuerreform in den Jahren seit 1999 praktiziert worden ist (und weiterhin praktiziert wird) – sind in diesem Bereich keine sinnvolle Perspektive, denn die kompletten betroffenen Branchen dürften unter praktikable Ausnahmeregeln fallen. Ein solcher Schritt kann daher nur international erfolgen – für den aktuell aber keine Mehrheiten abzusehen sind.

Die Folge ist, dass Erdöl und andere fossile Energieträger für den Einsatz in der Chemie- und Kunststoffindustrie weiterhin steuerbefreit und damit preiswert bleiben, während die energetische Nutzung von Erdöl der Energiesteuer unterliegt und damit verteuert wird. Damit bleibt die energetische Nutzung von Biomasse attraktiv, wohingegen die stoffliche Nutzung einer ungeschützten, starken Konkurrenz zur petrochemischen Industrie ausgesetzt bleibt.

Tabelle 24 zeigt eine Übersicht über die verschiedenen Steuern, die auf die energetischen und stofflichen Nutzungen von fossilen und biogenen Rohstoffen gezahlt werden müssen. Die Ungleichbehandlung zwischen stofflicher und energetischer Nutzung von Biomasse ergibt sich daraus, dass die petrochemischen Rohstoffe für die energetische Nutzung besteuert werden, wohingegen die biogenen Rohstoffe in der Regel nicht oder geringer besteuert werden. Dieser Wettbewerbsvorteil fehlt der stofflichen Nutzung, bei der es für petrochemische und biogene Rohstoffe keine Steuererleichterung und damit auch keinen Vorteil für Biomasse (wie bei der energetischen Nutzung) gibt.

Tabelle 24: Steuersystem für energetische und stoffliche Nutzung

	Energetische Nutzung			Stoffliche Nutzung		
	Energie-steuer	Umsatz-steuer	sonstige Verbrauch-steuer	„Rohstoff"-Steuer	Umsatz-steuer	sonstige Verbrauch-steuer
Fossile (Roh-)Stoffe						
Benzin	65,45 Ct/l	19 %	--		19 %	--
Gasöl (Diesel-Treibstoff)	47,07 Ct/l	19 %	--		19 %	--
Gasöl (Heizung)	6,14 Ct/l	19 %	--		19 %	--
Erdgas (Heizung)	5,50 €/MWh	19 %	--		19 %	--
Erdgas (Treibstoff)	13,90 €/MWh	19 %	--		19 %	--
Flüssiggas (Treibstoff)	18,03 Ct/kg	19 %	--		19 %	--
Flüssiggas (Heizung)	6,06 Ct/kg	19 %	--		19 %	--
Kohle (Heizung)	33,03 Ct/GJ	19 %	--		19 %	--
Biogene (Roh-)Stoffe						
Biodiesel (rein)	18,60 Ct/l*	19 %	--		19 %	--
Biodiesel (Beimisch.)	47,07 Ct/l**	19 %	--		19 %	--
Bioethanol (rein o. E85)	0 Ct/l	19 %	--		19 %	Branntwein-Steuer: 13,03 €/l Alkohol
Bioethanol (Beimisch.)	65,45 Ct/l**	19 %	--		19 %	--
Biomass to Liquid	0 Ct/l	19 %	--		19 %	--
Biogas	0 Ct/l	19 %	--		19 %	--
Holz	--	7 %	--		19 %	--
andere	--	19 %	--		19 %	--

* Bis 31.12.2012; danach Standardsatz Dieseltreibstoff.
** Biotreibstoff wird gefördert über Beimischungspflicht gemäß Biokraftstoffquotengesetz.

Fifo 2012

Hinzu kommen unterschiedliche Importzölle für petrochemische und biobasierte Rohstoffe, die ein Handelshemmnis für die stoffliche Nutzung von Biomasse darstellen:

> "At the level of material feedstocks, a discrepancy exists between petrochemical and biobased materials: the imports of crude oil and petrochemical feedstocks are duty free and unrestricted in terms of quantities, whereas the imports of agricultur
> for the production of biobased materials are subject to an import duty. The level of the import duty for agricultural crops depends on the country of origin as well as the levels of import and the set EU intervention prices. This leads to a disadvantage for bio-based materials, also when comparing to imports of transportation biofuels. Additionally, crude oil and petrochemicals production are exempt from excise tax in the USA and Europe, providing an economic advantage for petrochemicals production." (Hermann et al. 2011)

Tabelle 25 zeigt eine Aufstellung von durchschnittlichen Zöllen für fossile und biobasierte Rohstoffe beim Import in die Europäische Union (FiFo, eigene Darstellung).[61]

Tabelle 25: Durchschnittliche und maximale EU-Importzölle für Rohstoffe u.ä. (2011)

Produktgruppen	Genutzte Zölle (MFN)		
(Ausschnitt)	Durchschnittszoll (ad valorem)	Maximalzoll (ad valorem)	Zollfrei (am EU-Import)
Tierische Produkte	22,2 %	191,0 %	23,7 %
Milchprodukte	48,3 %	156,0 %	0,0 %
Früchte, Gemüse, Pflanzen	11,1 %	119,0 %	18,8 %
Getreide und dessen Zubereitungen	14,3 %	118,0 %	9,1 %
Ölsaaten, Fette und pflanz. Öle	5,7 %	92,0 %	43,5 %
Zucker	21,6 %	106,0 %	0,0 %
Baumwolle	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Andere landwirtschaftliche Produkte	4,1 %	99,0 %	65,6 %
Mineralien und Metalle	2,0 %	12,0 %	49,9 %
Mineralöle	2,0 %	5,0 %	49,7 %
Chemikalien	4,6 %	13,0 %	21,6 %
Holz, Papier u.ä.	0,9 %	10,0 %	81,2 %
MFN = Most Favoured Nation-Status; WTO ITC UNCTAD: World Tariff Profiles 2011			

Die WTO-Übersicht zu durchschnittlichen und maximalen Importzöllen für Einfuhren aus Staaten, für die das handelsrechtliche Meistbegünstigungsprinzip zu Anwendung kommt, zeigt sehr deutlich, dass fossile Brennstoffe, Mineralien und Chemikalien in aller Regel vergleichsweise niedrig verzollt werden. Durchschnittszölle liegen hier zwischen 2 % und 4,6 % der Importwerte. Fünfzig Prozent der Mineralölimporte sind ganz zollfrei.

Bei den landwirtschaftlichen Produkten sieht das ganz anders aus. Nicht alle der dargestellten Produktgruppen mögen derzeit schon eine große Rolle in der stofflichen Nutzung von Biomasse spielen. Mit zwei Ausnahmen – Holz und Baumwolle – liegen die Durchschnittszölle aber deutlich höher als im fossilen, bzw. mineralischen Bereich.

Diese Unterschiede spiegeln die Akzente wider, die in der europäischen Handelspolitik traditionell gesetzt werden und in denen moderne Erwägungen, wie der Gedanke der Wettbewerbsgleichheit zwischen biobasierten und petrochemischen Rohstoffen, bis dato keine große Rolle spielen. Wie stark und wie schnell hier Änderungen – auch in der Gemeinsamen Agrarpolitik – erreicht werden können, ist mit Blick auf die seit langem stockenden Doha-Verhandlungen und auf den Trend zu regionalen Handelsabkommen nicht absehbar. Aufgrund der Komplexität dieses Sachverhalts und der sehr geringen Aussichten auf Erfolg

[61] Durchschnittszoll/Maximalzoll/Zollfrei: Nach Maßgabe des Marrakesch-Protokolls (1994) zum GATT bestätigen alle WTO-Mitglieder die Einhaltung des Verbotes nicht-tarifärer Handelshemmnisse und benennen zudem individuell, für welche Güter und Warengruppen sie welche verbindlichen Höchstzölle nicht überschreiten werden. In den entwickelten Ländern bleiben die effektiv verwendeten Durchschnittszölle häufig unter diesen festgelegten Maximalzöllen. Zudem kann selbstverständlich jedes Land darauf verzichten, Importzölle für bestimmte Güter und Warengruppen zu erheben. Da innerhalb der WTO immer das Prinzip der most-favoured nation (MFN-Status) angewandt wird, muss jedoch bilaterale Zollfreiheit immer auf alle WTO-Mitglieder erweitert werden.

wird im folgenden Arbeitspaket kein Instrument vorgeschlagen, mittels dessen die Importzölle verändert werden sollen.

7.9 Wissenschaft & Technologieentwicklung

Die Hemmnisse in Forschung & Entwicklung waren Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Studien der letzten Jahre. Insgesamt zeigen sich vor allem folgende Defizite und Hemmnisse im Bereich Forschung und Technologieentwicklung (Wydra et al. 2010 und 2012, BMELV 2009, Treffenfeldt et al. 2010, Carrez et al. 2010, Erickson et al. 2011, EU Kommission 2012):

- Fehlende Benennung von Prioritäten und Posterioritäten in der Biomassenutzung mit Blick auf Ressourcenschonung (inkl. Ernährungssicherung), Schließen von (über)regionalen Stoffkreisläufen, Reduktion und Vermeidung von Umweltrisiken und –belastungen sowie in Bezug auf die Substitution fossiler Kohlenstoffträger.
- Fehlen einer umfassenden technologischen und ökonomischen Forschungsstrategie[62].
- Keine ausreichende Berücksichtigung vollständiger Wertschöpfungsketten.
- Zu kurz angesetzte Forschungsprozesse bei innovativen Technologien.
- Unzureichende Zusammenarbeit und Vernetzung zwischen unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen und Ländern.
- Zu hohe finanzielle Hürden für die Beteiligung von KMU.
- Zu geringer Anteil an angewandter Forschung, ungenügende Abstimmung und Kooperation zwischen Industrie und Forschung, Politik und Öffentlichkeit.
- Fehlende Kompetenz und Ausbildung
- Beim Upscalen der neuen Technologien in einen kommerziellen Produktionsmaßstab Engpässe bei der Realisierung von Pilot- und Demonstrationsanlagen.

Hinzu kommt, dass die stoffliche Nutzung mit einer Vielzahl an Produktlinien sowie Anwendungen, die jeweils eigene Forschung, Entwicklung und Prozessintegration erfordern, systemisch mehr Förderung benötigt, als der eng überschaubare energetische Bereich mit seiner geringen Anzahl an Prozessketten. (Carus et al. 2010)

Das Fehlen von Standards, Normen und Kennzeichnungen für biobasierte Produkte bedeutet ein erhebliches Hemmnis für die Prozessintegration und Markteinführung bzw. –etablierung. Seit 2008 sind hier zwar einige Fortschritte erzielt worden und weitere Aktivitäten aktuell im Gange. Es wird aber noch etliche Jahre dauern, bis das etablierte Niveau anderer Sektoren erreicht sein wird.

7.10 Kommerzielle Realisierung – Pilot- und Demonstrationsanlagen, Konkurrenz zur Petrochemie

Pilot- und Demonstrationsanlagen

Pilotanlagen und Demonstrationsvorhaben, welche die technologische Anwendung neuer Verfahren im vorindustriellen Maßstab prüfen sowie verbessern sollen und daher wesentliche

[62] Auch der 2009 publizierte „Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“, die 2010 publizierte „Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ des BMBF sowie die „Roadmap Bioraffinerie“ der Bundesregierung aus dem Jahr 2012 können dieses Manko nur teilweise überwinden.

Bausteine für die Entwicklung und Markteinführung von neuen innovativen Produkten sind, werden zu selten realisiert (Oxford Research 2011, S.35).

Neu entwickelte Prozesse zur Produktion biobasierter Chemikalien, Polymere und Kunststoffe sind gegenüber etablierten Produkten der petrochemischen Industrie in vielen Fällen (noch) nicht konkurrenzfähig. Dies hat eine Vielzahl von Gründen wie

- Komplexe und noch nicht ausgereifte Verfahrenstechnik mit teilweise noch erheblichen technologischen Risiken (z. B. Bioraffinerie).
- Grundsätzlich schwierige Konkurrenzsituation neuer, noch nicht optimierter Prozesse gegenüber etablierten Prozessen der petrochemischen Industrie und ihren abgeschriebenen Anlagen.
- Vergleichsweise geringe Produktionsvolumina (schwierige Realisierung von Skaleneffekten).
- Ungünstige politische Rahmenbedingungen, deren Folge ein unsicherer Zugang zu biogenen Rohstoffen ist, die zusätzlich erheblichen Preisschwankungen unterliegen. Dies gefährdet auch Neuinvestitionen in traditionelle stoffliche Nutzungen wie die Holzwerkstoffindustrie.
- Hohe Investitionen erforderlich, da die gesamte Wertschöpfungs- und Prozess-Infrastruktur noch aufgebaut werden muss.
- Die genannten Unsicherheiten stellen ein sehr schwieriges Umfeld für Investitionen dar – gerade auch für kleine und mittlere Unternehmen.

In verschiedenen Papieren der Industrie, Forschungsinstituten sowie DG Enterprise and Industry wird die unzureichende Finanzierung von Pilot- und Demonstrationsanlagen als Hemmnis benannt. Eine in der LMI Ad-hoc Advisory Group for Bio-based Products (DG Enterprise and Industry) abgestimmte Position zeigen die folgenden Zitate:

> "In order to turn research into products, a crucial step is to establish a proof of concept and test it under industrial conditions. Because often full-scale manufacturing facilities or even pilot plants are not accessible to researchers, the concepts developed in R&D are not immediately applicable nor necessarily economically feasible on large scale. It is therefore necessary to have access to scale-up and pilot infrastructures during the research and development stage to develop and test industrial processes, thus reducing both lead time and investment. This can also facilitate the establishment of stronger cooperation between the academia and the industry, in order to facilitate the translation of research to industrial innovation through the prototype phase. ...
>
> Lessons learnt from existing biorefineries teach us that the construction of demonstration activities is a crucial step towards developing a fully fledged biorefinery industry. Demonstrations activities are able to close a critical gap between scientific feasibility and industrial application. They enable us to measure actual operating costs, and specific strengths and weaknesses of technological processes before costly, large-scale facilities are built. They dramatically reduce the risk of introducing new technology on an industrial scale and therefore make a biorefinery venture much less risky for investors. Stimulating the construction of demonstrators via public-private partnerships is therefore one of the most important measures that can be taken in the development of the bio-economy." (LMI 2011b)

Konkurrenz zur petrochemischen Industrie

Biobasierte Chemikalien und Kunststoffe stehen in unmittelbarer Konkurrenz zur etablierten, petrochemischen Industrie:

> „In developing the value chains of a biobased economy, industrial biotechnology must compete with mature technologies and entrenched infrastructure of fossil fuels. The challenges of reaching sufficient scale to compete are well documented, but not insurmountable.“ (Erickson et al. 2011, S. 1)

Gegenüber den Produkten der Chemischen Industrie steht die biobasierte Chemie und Kunststoffindustrie in ungeschütztem Wettbewerb, den Gesetzen der Märkte ausgeliefert. Wie sollen ohne flankierende Maßnahmen neue, biobasierte Industrien aufgebaut werden, die gegenüber etablierten und über Jahrzehnten optimierten Massenproduktionen der Petrochemie konkurrenzfähig sind? Dazu kommen die durch die Förderung der energetischen Nutzung hohen Biomassepreise und das Fehlen einer Besteuerung von fossilen Kohlenstoffträgern als Rohstoff für die Chemische Industrie. Eine schwierige und kaum zu bewältigende Wettbewerbssituation.

Hinzu kommen weltweit hohe Subventionen für Erdöl und die petrochemische Industrie: Verschiedenen Studien nach werden jedes Jahr weltweit zwischen 300 und 600 Mrd. USD an Subventionen an die Erdölindustrie ausgeschüttet[63]. Während im Bereich der Bioenergie und Biokraftstoffe diese Subventionen durch eine umfassende Förderkulisse ausgeglichen werden, fehlt im stofflichen Bereich jegliche Kompensation.

Insgesamt führt dies zu einem doppelten Wettbewerbsnachteil der stofflichen Biomassenutzung: Zum einen der Wettbewerbsnachteil gegenüber Bioenergie und Biokraftstoffen in Bezug auf den Zugriff auf Biomasse und gleichzeitig ungeschützter Wettbewerb gegenüber petrochemischen Produkten, die übers Erdöl subventioniert sind und ihren Rohstoff steuerfrei (siehe Kapitel 8) beziehen.

7.11 Information, Netzwerke und Kommunikation

> “Zunächst muss festgestellt werden, dass der Begriff „stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ in Industrie und Öffentlichkeit kaum bekannt ist und auch in der Politik nur in Fachkreisen Verwendung findet. Dies wundert wenig, da der Begriff über eine Vielzahl von Branchen hinweg eine Art „künstliche Klammer“ aus Rohstoffsicht darstellt.” (Carus et al. 2010)

Politik & Öffentlichkeit

So gut Ressourceneffizienz und Kaskadennutzung in den Zielformulierungen verschiedener Ministerien verankert sind, die konkrete Umsetzung im Biomassesektor erweist sich als kompliziert, schwer zu vermitteln und undankbar. Man kann mit der Förderung der stofflichen Nutzung wenig punkten, keine Stimmen gewinnen.

Da auch das öffentliche Bewusstsein in diesem Bereich schwach entwickelt ist, bietet der Sektor für die Politik kein politisches Umfeld für Erfolgsmeldungen. Erschwerend kommt hinzu, dass es keine einfachen Rezepte gibt, die stoffliche Nutzung zielführend zu fördern. Die starke Energielobby beobachtet Veränderungen in der Förderlandschaft kritisch und fürchtet eine

[63] Quellen: OECD 2011 (312 Milliarden „Fossil fuel subsidies“ in 2009), http://news.mongabay.com/2010/0422-hance_subsidies.html (500 Milliarden USD for yearly “subsidizing fossil fuel industries”) und Interview mit Achim Steiner, Exekutivdirektor des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) (600 Milliarden für fossile Brennstoffe) (taz vom 2012-06-16/17).

verschärfte Konkurrenz um Biomasse, sollte die stoffliche Nutzung mit der energetischen gleichgestellt werden.

Es gibt weitere Gründe, warum sich die Politik mit dem Sektor stoffliche Nutzung schwer tut. Da ist die Sorge vor Wettbewerbsverzerrungen: Im stofflichen Bereich mit „weitgehend unregulierten Märkten mit hohem globalen Wettbewerbsdruck“ (Carus et al. 2010) führen Förderungen in der kommerziellen Produktionsphase schnell zu – auch rechtlich relevanten – Wettbewerbsverzerrungen. Anders der Energiebereich:

> „Der Energiebereich ist durch stark regulierte Märkte mit hoher Nachfrage nach standardisierten Produkten (Strom, Wärme, Kraftstoffe) gekennzeichnet, die vor allem politisch beeinflusst werden können.“ (Carus et al. 2010)

Weiterhin findet die Politik nur schwer die richtigen Ansprechpartner bei den unzähligen Verbänden. Industrie und Verbände haben keine gemeinsame Strategie für die biobasierte Ökonomie. Vielmehr bestehen erhebliche Interessenkonflikte unterschiedlicher Akteure in Bezug auf staatliche Eingriffe, bzw. geeignete politische Rahmenbedingungen (s.u. *Fehlende Strategieentwicklung*).

Ein wichtiges Hindernis für eine schnellere Markteinführung und -etablierung biobasierter Produkte ist auch das fehlende öffentliche Bewusstsein sowie die fehlende öffentliche Wahrnehmung des gesamten Sektors. Die Öffentlichkeit hat wenig Kenntnis und Bewusstsein von der stofflichen Nutzung – von Bioraffinerien, biobasierter Chemie oder Kunststoffen – sie nimmt diese höchstens punktuell als z. B. Biokunststofftüte wahr. Auch das bislang eher positive Image solcher Produkte ist seit 2011 aufgrund von Aktivitäten von Umweltverbänden und NGOs ins Wanken geraten. Dass aber in der Industrie ein Wandel der Rohstoffbasis im Gange ist, eine so genannte „dritte industrielle Revolution“ (Fischler 2012), ist nur den wenigsten bekannt.

Schließlich hat eine über lange Jahre fokussierte Sichtweise auf den Bioenergiebereich viele stoffliche Optionen versanden lassen. Warum sollte man Technologien entwickeln, die dann später keine Aussicht auf Förderung, bzw. Realisierung haben werden? Auch die Politik muss sich im Bereich der stofflichen Nutzung erst noch ihre Kompetenznetzwerke neu aufbauen.

> „... [the] challenge for the industrial biotech sector is increasing public awareness and support for industrial biotech processes and products. Broad support has been established for advanced biofuels, but recent criticism of first-generation biofuels has undermined the confidence of policymakers, investors, and the broader public in biofuels generally. Awareness of renewable chemicals among policymakers and the public significantly lags that of biofuels, complicating the case for policy support.“ (Erickson et al. 2011, S. 2)

Industrie

Die größten Hemmnisse auf Seiten der Industrie werden gesehen im:

- Informationsmangel in Bezug auf Produktionsprozesse und Performance biobasierter Produkte, ökologische Einschätzung, Effektivitäts- und Kostenkennzahlen, Marktdaten usw.
- Dementsprechend bestehen oftmals erhebliche Unsicherheiten in Bezug auf Rohstoffverfügbarkeit, Qualitätsstandards, Preisentwicklung, zukünftige politische Rahmenbedingungen, Kosten-Nutzen-Verhältnis und Risikoanalyse.
- Auch den (meisten) Unternehmen fehlt das Bewusstsein, dass wir uns bereits in einem Prozess von der petrochemischen zur biobasierten Ökonomie befinden.

- Keine einheitliche Strategie der beteiligten Branchen – eher Interessenskonflikte zwischen Akteuren (s.u.).

Biotechnologie: Hohes Investitionsrisiko bei hohen Investitionskosten und gleichzeitig sich schnell entwickelnder Technologie

Speziell für die Industrielle Biotechnologie (IB) ist ein wichtiges Hemmnis, dass sie sich einerseits in einer noch sehr frühen Phase ihrer Entwicklung befindet, und andererseits so schnell und dynamisch entwickelt. Dies stellt vor allem ein weiteres Investitionsrisiko dar. Die Amortisationszeit neuer IB-Anlagen, die vergleichsweise viel Kapital benötigen, beträgt etwa ca. zehn Jahre. Es kann sich aber bereits nach drei bis fünf Jahren herausstellen, dass ein neuer IB-Prozess deutlich kostengünstiger arbeitet. Entsprechend sollten erste kommerzielle Anlagen eine spezielle Unterstützung erhalten, um das erhöhte Investitionsrisiko abzufedern (Luguel 2013).

Fehlende Strategieentwicklung

Die zahlreichen Branchen, Verbände und Unternehmen der stofflichen Nutzung sind weit davon entfernt, eine gemeinsame Strategie zu entwickeln. Trotz gleicher Problemlagen fehlt es am Bewusstsein einer Gemeinsamkeit, die anderen Branchen werden ignoriert oder als Konkurrenten wahrgenommen. Und selbst innerhalb einzelner Branchen zeigen die unterschiedlichen Verbände und Unternehmen erhebliche Interessenkonflikte, so auch der Bereich der biobasierten Chemie und Kunststoffe. Flügelkämpfe lähmen die gesamte strategische Diskussion, führen zu einer politischen Stagnation und können die Politik kaum für neue Instrumente begeistern. Gerade Vorschläge für die Nutzung stärkerer Instrumente werden umgehend vom anderen Flügel torpediert.

Positionen des Flügels, der starke Instrumente ablehnt

- Freier und nicht reglementierter Zugang zu Rohstoffen; jede Einschränkung gefährdet die Konkurrenzfähigkeit der global agierenden chemischen Unternehmen.
- Daher keine Verbote/Gebote, keine Quoten, keine Steuereingriffe und keine direkten finanziellen Förderungen der kommerziellen Produktion.
- Die Förderung der Bioenergie/Biokraftstoffe wird als Fehler angesehen, den man für biobasierte Produkte nicht wiederholen möchte.
- Kein Kampf um einen nachhaltigen Zugang zu Biomasse in der EU – die Chancen gegen den Energiesektor werden als gering eingeschätzt.
- Als Instrumente werden die Entwicklung von Standards, Normen und Label favorisiert, ebenso wie Informationskampagnen und der verstärkte öffentliche Einkauf von biobasierten Produkten.
- Zudem wird ein großer Schwerpunkt auf Forschung & Entwicklung gelegt.
- Viele Unternehmen, die diesen Standpunkt vertreten, sehen die EU nicht als Fokus ihrer Investitionen, sondern eher Nordamerika, Asien und Südamerika.

Die skizzierte Position wird auch explizit vom VCI vertreten, so z. B. in seinem Positionspapier vom Oktober 2010:

> „For market-economic and methodological reasons, the chemical industry rejects the determination of quantitative targets or quotas for the material use of renewable raw materials and for bio-based products. This applies both at national and European levels. It is arguable whether such targets or quotas would result in an increased use of renewable raw materials. Rather, possibly accompanying political measures for

> enforcing such targets or quotas could threaten the international competitiveness of the chemical industry.“ (VCI 2010)

Verschiedene Autoren weisen zudem darauf hin, dass die großen Akteure der chemischen Industrie noch nicht auf eine biobasierte Industrie eingeschwungen sind, sondern sich eher in einem Beobachterstatus befinden, aus dem man nur vorsichtig agiert:

> „Die Chemische Industrie sieht sich in der Frage der Bioraffinerien in einer eher neutralen Rolle. Sie versteht sich nicht primär als Betreiber von Bioraffinerien, sondern eher als Kunde. Dieser Kunde nimmt die Produkte der Bioraffinerien folglich dann – und nur dann – ab, wenn es für ihn wirtschaftlich interessant ist. In dieser Eigenschaft sieht die Chemische Industrie die Entwicklung der Bioraffinerie auch als staatliche Aufgabe der Forschungsförderung und stellt die Forderung auf, dass die gesamte Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung über die Prozess-, Technologie- und Produktentwicklung gefördert werden sollte.
>
> Diese distanzierte Grundhaltung ist Teil des heutigen Problems, dass wichtige Zukunftschancen nicht ausreichend wahrgenommen werden. Wenn man einmal einbezieht, mit welchem hohen Engagement die BASF über ihre Tochter Wintershall ins Erdgasgeschäft eingestiegen ist (Ostseepipeline), um sich diesen «feedstock» zu sichern, wird deutlich, wie hier mit unterschiedlichem Maß gemessen wird.“ (Lahl et al. 2011, S. 62)
>
> „There is now more awareness in the chemical industry with regard to the importance of biomass than just a few years ago and it is essential that this awareness will continue to grow. Currently many chemical companies are still in the „monitoring phase“; making strategies and roadmaps on renewable raw materials rather than heavily investing in R&D or production of biobased chemical products.“ (Scott et al. 2010)

Positionen des Flügels, der sich starke Instrumente vorstellen kann und wünscht

- Starke Instrumente wie Verbote/Gebote, Quoten, Steuereingriffe und direkte finanzielle Förderung der kommerziellen Produktion (wie bei Bioenergie/Biokraftstoffen) werden ernsthaft diskutiert und gewünscht.
- Grund ist der Wunsch nach Sicherung des Zugangs zu ökonomisch und ökologisch nachhaltiger Biomasse in der Region und in der EU in Konkurrenz zur energetischen Nutzung.
- Die Gleichbehandlung und Chancengleichheit beider Sektoren steht ganz oben auf der Agenda.
- Als zusätzliches Instrument wird die Entwicklung von Standards, Normen und Labels favorisiert, ebenso wie Informationskampagnen und der verstärkte öffentliche Einkauf von biobasierten Produkten. Forschung & Entwicklung wird ebenso als essenziell betrachtet.
- Viele Unternehmen, die diesen Standpunkt vertreten, sind mittelständisch und/oder agrarnah; viele haben bereits relevante Anteile ihrer Produktion auf Biomassebasis umgestellt und möchten ihre Produktionsstätten in der EU ausweiten.

Zwischen diesen beiden Flügeln eine überzeugende und schlagkräftige, gemeinsame Strategie zu entwickeln, bleibt eine Sisyphusarbeit.

Hinzu kommen weitere Konfliktfelder, so z. B. mit der Recyclingindustrie, die ihre bewährten Recyclingprozesse für wenige ausgewählte Massenkunststoffe nicht durch neue kleinvolumige,

biobasierte Kunststoffe aufweichen lassen möchte und diesen neuen Polymeren skeptisch gegenüber steht. Ähnliches gilt für NGOs und Umweltgruppen, welche die neuen biobasierten Produkte kritisch betrachten und mit hohen Anforderungen konfrontieren. Diese Reaktion beruht vor allem auf der Folgenübertragung der als gescheitert angesehenen Biokraftstoffpolitik auf die stoffliche Nutzung, ohne die erheblichen Unterschiede im Hintergrund der beiden Sektoren zu berücksichtigen.

Weitere Konflikte bestehen zwischen unterschiedlichen Branchen der stofflichen Nutzung. So konkurrieren die neuen biobasierten Aktivitäten der Chemie- und Kunststoffindustrie nicht nur mit den Energiebranchen, sondern auch mit der traditionellen Holzwerkstoff- und Zellstoffindustrie um den sich verknappenden Rohstoff Holz. Dabei machen sich diese logischerweise nur zögerlich für den Abbau der Subventionen im Bioenergiebereich stark, da sie starke Nutznießer des EEG sind (energetische Verwertung ihrer Nebenströme).

7.12 Nachhaltigkeit und Ökologie

Ökobilanzen und Nachhaltigkeitszertifizierungen

Für die ökologische Bewertung stofflich genutzter Produkte und Produktlinien ist die Ökobilanz-Methodik noch nicht so weit entwickelt und international abgestimmt wie für die Bioenergie und Biokraftstoffe. Viele Detailfragen zur sachgerechten Behandlung der stofflichen Nutzung in Ökobilanzen müssen noch geklärt (siehe auch AP4), Standards sowie Labels entwickelt werden. Entsprechend sind auch die Datenqualität und das abgedeckte Anwendungsspektrum vorliegender Ökobilanz-Studien geringer als im energetischen Bereich. Ebenso gibt es bis heute keine verbindlichen Nachhaltigkeitszertifizierungen für die stoffliche Nutzung (Fritsche et al. 2010, S. 39), die etwa nicht-nachhaltig produzierte Biomasse aus der EU fernhalten könnte. Dies würde nicht nur dem Schutz der EU-Biomasseproduktion dienen, sondern vor allem einen möglichen Imageschaden für die stoffliche Nutzung vermeiden. Eine Änderung der Situation ist erst zu erwarten, wenn auch eine entsprechende Förderkulisse für die stoffliche Nutzung realisiert ist, die – wie im Bioenergiebereich – eine Zertifizierung der Biomasse zwingend voraussetzt und dafür mit Förderung belohnt.

Die jetzige Situation wirkt als ein Hemmnis, da weder Wissenschaft, noch Politik und NGO eine klare und abgestimmte Bewertungsbasis der Ökologie und Nachhaltigkeit für die stoffliche Nutzung haben. Dies dürfte die Unterstützung dieses Bereiches auch so schwierig machen.

> „Unfortunately the lack of a widely-accepted scheme to assess and confirm sustainability is an important barrier to consumer and government confidence." (Carrez 2010)
>
> „Standards are perceived as key for the removal of barriers for the uptake of bio-based products by industrial downstream users and on consumer and public procurement markets. They include the development of industry standards, developing a common methodology for Life Cycle Assessment, labeling and information to consumers and a methodology for information about the sustainability of biomass production." (Oxford Research 2011)
>
> „An important path for policy measures would be the increasing use of sustainability criteria. This could increase the justification and acceptance of measures favoring biobased products. However, the lack of harmonization among sustainability criteria is a major issue. Some steps have been taken to standardize such assessments. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) has provided a ''Draft OECD Recommendation on Assessing the Sustainability of Bio-based Products'' for public consultation. The European Commission services (DG Environment, DG Enterprise, and

> DG Research) and the Joint Research Centre have developed a guidance handbook for good practice, entitled International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook." (Wydra 2012)

Klimaschutzregime und Emissionshandel

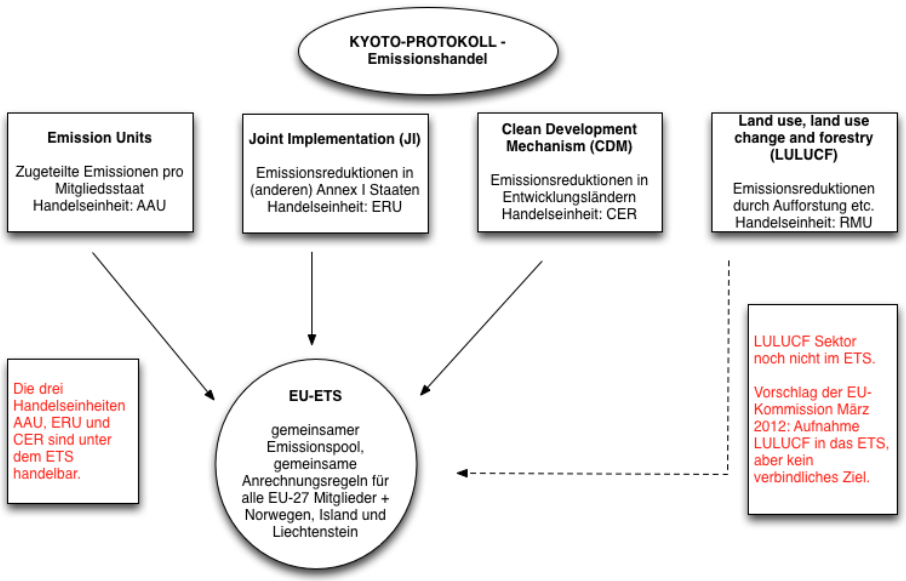
Die stoffliche Nutzung von Biomasse mit ihrem erheblichen Potenzial im Klimaschutz (Substitution petrochemischer Materialien mit höherem CO_2-Ausstoß, Substitution fossiler Energieträger als end-of-life-Option sowie Speicherung von CO_2) ist nur ungenügend und unvollständig in den Europäischen Emissionshandel (EU-ETS – EU Emissions Trading System) sowie CDM (Clean Development Mechanism), JI (Joint Implementation), ESD (Effort Sharing Decision) und im Post-Kyoto Prozess verankert. Dementsprechend werden die Treibhausgas-Emissionsminderungen durch die stoffliche Nutzung nur teilweise in Wert gesetzt. Dies wäre prinzipiell an zwei Stellen möglich, die hier kurz erläutert werden sollen:

Da die Systeme die Emissionen, die am Ende des Lebenszyklus eines Produkts durch Verbrennung entstehen, nicht berücksichtigen, entsteht kein Druck, über die Materialwahl fossile CO_2-Emissionen zu reduzieren:

> „In relation to materials, this means that carbon which is stored in (petrochemical) materials during use but which will release as CO_2 when they are incinerated, is not part of the ETS and is therefore also not priced. As a consequence, there is no incentive from the ETS to reduce material carbon emissions and limited support for the bio-based material industry." (Hermann 2010)

In diesem Bereich wird sich voraussichtlich in der näheren Zukunft nichts ändern. Für die neue Anrechnungsperiode ab 2013 sind z. B. weiterhin keine Müllverbrennungsanlagen in das ETS einbezogen. An einer anderen Stelle ist allerdings Bewegung erkennbar: Seit längerem wird diskutiert, ob die Kohlenstoffspeicherung von Holzprodukten im Rahmen der Klimaschutzinstrumente unter dem Kyoto-Protokoll anrechenbar sein soll. Dies ist nun seit den Änderungen für den Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft" (Land use, land use change and forestry – LULUCF), die auf der Konferenz in Durham 2011 beschlossen wurden, prinzipiell möglich. Allerdings berücksichtigen ETS sowie ESD den LULUCF-Sektor nicht. Zumindest für das ETS wird nun diskutiert, ob die Speicherleistung des Waldes und von Holzprodukten in den Kohlenstoffhandel innerhalb der EU mit einbezogen werden soll, allerdings ohne verbindliche Ziele. Die EU-Kommission hat im März 2012 einen entsprechenden Vorschlag eingereicht.

Abbildung 64: Klimaschutzinstrumente unter dem Kyoto-Protokoll und dem ETS



nova-Institut 2013

Hinzu kommt, dass der Zugriff der stofflichen Nutzung auf Biomasse durch die nächste Stufe des Emissionszertifikatehandels sogar verstärkt unter Druck zu kommen droht:

> „[Da] die CO_2-Emissionsrechte für die Stromerzeugung ab dem Jahr 2013 vollständig ersteigert werden müssen, prüfen Energiekonzerne derzeit den Einsatz von holzartiger Biomasse zur Mitverbrennung (Co-Firing) in Kohlekraftwerken, denn für die eingesetzte Biomasse müssen keine Emissionszertifikate erworben werden, ... Studien – etwa von der Dena [dena 2011] – kommen zum Ergebnis, dass perspektivisch bis zu 50% der Kohle ersetzt werden könnte. ... ‚Das in Deutschland verfügbare Holzaufkommen wird bereits vollständig durch stoffliche und energetische Holzverbraucher verwertet', sagt Denny Ohnesorge von der AGR[64]. ‚Die Politik sollte daher nicht auch noch Anreize für eine Mitverbrennung von Holz in Kohlekraftwerken schaffen.'" (HZB 2012-06-15)

Auch der Bundesverband der Altholzaufbereiter und -verwerter sieht zunehmende Konkurrenz um Biomasse aufgrund der nächsten Stufe des Emissionszertifikatehandels (Meier 2012). Mittlerweile hat sich ein breites Bündnis aus Holzindustrie und Umweltschutz gegen die Pläne der Ko-Feuerung gebildet, zu dem u. a. auch die AGR, das Forum Umwelt und Entwicklung und der Deutsche Naturschutzring gehören. Sie kritisieren, dass eine solche Verwendung von Holz ineffizient, auf lange Sicht klimaschädlich und nicht nachhaltig sei (EU-Recycling 08/2012). Zudem würden Stromerzeuger so nicht nur die Kosten für die CO_2-Zertifikate sparen, sondern über die Einspeisevergütung aus dem EEG eine zusätzliche Doppelförderung erhalten.

Hohe Anforderungen in Bezug auf ihre ökologische Vorteilhaftigkeit und Nachhaltigkeit

Biobasierte Chemikalien und Materialien – „Biowerkstoffe" und insbesondere auch biobasierte Kunststoffe – sehen sich von Seiten der Umweltverbände und -organisationen, der NGOs und auch Teilen der Politik sehr hohen Anforderungen und Erwartungen in Bezug auf ihre ökologische Vorteilhaftigkeit und Nachhaltigkeit ausgesetzt, die sie als junge, startende

[64] AGR: Arbeitsgemeinschaft Rohholzverbraucher.

Industrie nur schwer erfüllen können – bislang sind weder die optimalen Rohstoffe noch Prozesswege identifiziert und diese können erst in der Praxis unter technischen, ökonomischen und ökologischen Kriterien ermittelt werden.

> „Avoid the mistakes oft the past in the bioenergy sector, let us do right now from day one“ (Harrison 2012)

Die Anforderungen erweisen sich daher aktuell als Hemmnis, unabhängig davon, ob man diese Forderungen für gerechtfertigt hält oder nicht. Setzt man die Hürden aber am Anfang zu hoch, bleibt die „Rohstoffwende“ stecken und suboptimale Lösungen in Bezug auf petrochemischen Produkte und energetische Biomassenutzungen bleiben unverändert der Stand der Dinge. Aus Umweltsicht werden an jegliche Art der Biomassenutzung die gleiche Art von Anforderungen gestellt.

Naturwald oder stoffliche Holznutzung?

In diesen Kontext gehören auch der Konflikt zwischen Natur- und Waldschutz auf der einen, und der vermehrten stofflichen Nutzung von Holz auf der anderen Seite: Was ist besser fürs Klima? Mehr Wälder aus der Nutzung zu nehmen und damit weniger Holz für Produkte zu nutzen, die bei ihrer Produktion CO_2 einsparen und während ihrer Nutzung speichern – oder aber Holz verstärkt stofflich zu nutzen? Diese Frage wird seit Jahren zwischen Ministerien, Umweltgruppen und der Holzindustrie kontrovers diskutiert. Die Forderung der Umweltgruppen werden hier von der Industrie als Hemmnis wahrgenommen und in Folge eine weitere Verknappung des Holzangebots befürchtet.

Es ist nicht möglich, diese Frage im Rahmen der Hemmnisanalyse abschließend zu beantworten; exemplarisch soll hier eine größere Studie zitiert werden. In der Schweiz wurden die CO_2-Effekte von Holzprodukten umfassend untersucht und positiv bewertet. Das Schweizer Klimaschutzgesetz greift diese Ergebnisse inzwischen auf. Das wichtigste Ergebnis der Studie ist, dass eine stärkere nachhaltige stoffliche Holznutzung, insbesondere mit Kaskadennutzung, dem Klimaschutz mehr dienen kann, als den Wald aus der Nutzung zu nehmen – was mittel- und langfristig zu höheren CO_2-Emissionen führt.

> „Sowohl aus ökologischer wie auch aus klimapolitischer Sicht ist es zweckmässig, einerseits die Vorräte im Wald in dem Masse zu erhöhen, wie es gemäss Kyoto-Protokoll anrechenbar ist, und andererseits das darüber hinaus zuwachsende Holz in Kaskadennutzung zuerst für langlebige Holzprodukte und anschliessend energetisch zu verwerten.“ (Hofer et al. 2007, S. 7-12)

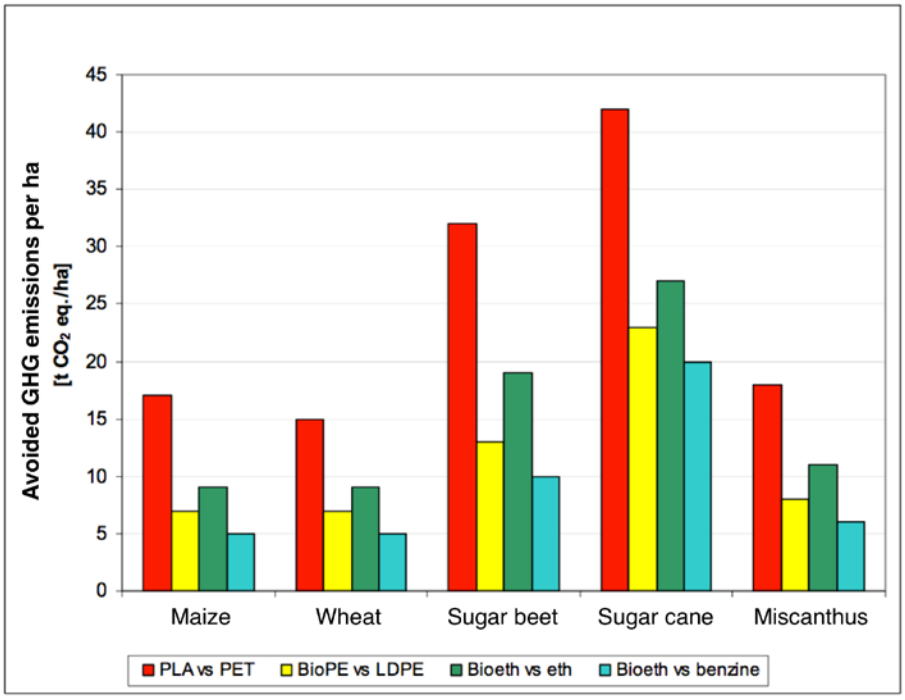
Auch Köhl et al. 2011 kommen zu dem Ergebnis, dass Waldbewirtschaftung und Holznutzung eine deutliche bessere CO_2-Bilanz aufweisen als Nutzungsverzicht. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen weist in seinem Gutachten von 2012 allerdings darauf hin, dass bei solchen Berechnungen methodisch Vorsicht geboten ist und relativiert die positiven Klimabilanzen für die stoffliche Holznutzung zu einem gewissen Maß (SRU 2012).

Non-Food-Pflanzen als Tabu für die industrielle Nutzung?

Auch die Forderung, nur „Non-food crops“ für die stoffliche Nutzung einzusetzen, stellt ein erhebliches Hemmnis dar. Dies aus verschiedenen Gründen. Zunächst geht es in der Konkurrenz zwischen den verschiedenen Nutzungen weniger darum, ob man die Biomasse auch als Lebens- oder Futtermittel nutzen kann, sondern um die Konkurrenz um die Anbauflächen für die unterschiedlichen Nutzungen für Lebens- und Futtermittel sowie Materialen und Energie. Eine umfassende Analyse dieser Thematik findet sich in Carus und Dammer 2013 – einige Kernargumente, die zur Orientierung dienen können:

- Es ist wissenschaftlich bislang nur ungenügend überprüft, ob Non-food-Pflanzen wie Pappel, Weide oder Miscanthus tatsächlich flächeneffizienter sind als z. B. die Zuckerrübe. Aktuelle Studien weisen darauf hin, dass die „Second Generation“ mehr Land für den Klimaschutz benötigt als Zuckerrohr und Zuckerrübe (Bos et al. 2011), vgl. Abbildung 65).
- Stärke und gerade auch Zucker sind am Weltmarkt gut verfügbar und bei evtl. auftretenden Engpässen können Zucker und Stärke als Food-Reserve dienen, d. h. sie können auch kurzfristig der industriellen Nutzung entzogen und dem Lebensmittelmarkt zur Verfügung gestellt werden (wie dies z. B. in Brasilien 2011 mit der Absenkung der Bioethanolquote auch schon real praktiziert wurde).
- Die Forderung „Non-food only“ stammt ursprünglich aus dem Energiebereich, der erheblich höhere Volumina nachfragt und in seiner Rohstoffauswahl weniger gebunden ist. Eine unmittelbare Übertragung auf den stofflichen Bereich in seiner frühen Phase ist nicht adäquat und ein großes Hemmnis.
- Aktuell basieren über 95 % der Prozessketten in der biobasierten Chemie und Kunststoffindustrie auf Stärke und Zucker; der Umstieg auf Lignocellulose – sofern er wirklich sinnvoll ist – ist ein Kraftakt für Wissenschaft, Technik, Ökonomie und Märkte mit ungewissem Ausgang.
- Die Forderung, Food-crops ausschließlich für Lebens- und Futtermittel zu verwenden, hat einen sehr populistischen Anstrich und ist leicht zu kommunizieren. Dies sollte aber nicht die Basis für die Entwicklung und Rohstoff-Ausrichtung einer neuen Industrie sein.

Abbildung 65: Vermeidung von Treibhausgasemissionen pro Fläche für unterschiedliche biogene Rohstoffe (Mais, Weizen, Zuckerrübe, Zuckerrohr und Miscanthus) und Produkte (PLA, Bio-PE und Biothanol) im Vergleich zu petrochemischen Substituten.



Bos et al. 2011

7.13 Zusammenfassung der identifizierten Hemmnisse

Tabelle 26: Tabellarische Übersicht aller identifizierten Hemmnisse

Kapitel	Hemmnis	Gegenüber welchem Sektor?	Auswirkungen für stofflichen Sektor	Wie können die bestehenden Hemmnisse überwunden werden?	D/EU/USA/Welt
3	Unklarheit bzgl. der Motivation für Ausbau und Förderung der stofflichen Nutzung von Biomasse	Bioenergie und allgemein im politisch-öffentlichen Raum	Probleme bei der Entwicklungen einer politischen Strategie und Öffentlichkeitsarbeit	Könnte vom BMU aus angestoßen werden	D/EU
4+5+6	Zugang zu Rohstoffen – politisch-wirtschaftliche Rahmenbedingungen				
4	Erhebliche Unsicherheit in Bezug auf nachhaltigen Zugriff auf Biomasse infolge politischer Rahmenbedingungen & Konkurrenz zur geförderten energetischen Nutzung - fehlende Förderkulisse für stoffliche Nutzung	Bioenergie & Biokraftstoffe können durch massive und einseitige Förderung höhere Preise für Biomasse und Land zahlen	Ungünstige wirtschafts-politische Rahmenbedingungen, kaum realisierbare Wirtschaftlichkeit, kein Wachstum, wenig Investment	Nur durch starke Instrumente für die stoffliche Nutzung oder Reduzierung der Förderung der energetischen Nutzung (Gleichbehandlung der Bereiche, Förderung Kaskadennutzung)	D/EU/USA/Welt
5	GAP: Energiepflanzenanbau auf Stilllegungsflächen (bis 2008)	Bioenergie & Biokraftstoffe	Stoffliche Nutzung hat erschwerten Zugang zu Stilllegungsflächen	ist überwunden	EU
5	GAP: Energiepflanzenprämie (bis 2008)	Bioenergie & Biokraftstoffe	Hohe Rohstoff- und hohe Flächen-/Pachtpreise	ist überwunden	EU
5	GAP: Direktzahlungen in der "Zweiten Säule" nur für Energiepflanzen einfach	Bioenergie & Biokraftstoffe	Erschwerte regionale Projekte für die stoffliche Nutzung	im aktuellen GAP-Vorschlag überwunden, Gleichbehandlung stofflicher und energetischer Nutzung	EU
5	GAP: Zollschranken beim Import von Biomasse (s. auch Kap. 8)	Petrochemischer Industrie	Erschwert Zugang zu Rohstoffen	schwierig, komplizierte Verhandlungen über Handelsbarrieren & Agrarprotektionismus	EU
5	Renewable Energy Directive (RED)	Bioenergie & Biokraftstoffe	Entwicklungen von nationalen Aktionsplänen und Förderkulissen für Bioenergie & Biokraftstoffe; hohe Rohstoff- und hohe Flächen-/Pachtpreise	evtl. Herabsetzen der Ziele oder Zeithorizonte	EU
5	EEG (Green Feed-In-Tariffs)	vor allem gegenüber Biogas und Holz(pellets)-HKWs	Hohe Rohstoff- und hohe Flächen-/Pachtpreise	in kleinen Schritten können stofflich wichtige Rohstoffe ausgenommen werden, die auch stofflich genutzt werden können (wie 2012 tierische Fette und Öle)	D (EU)
5	Marktanreizprogramm (MAP)	Holzpellet-Heizungen	Erhöhte Holzpreise durch erhöhte Nachfrage	schrittweiser Abbau der Förderung für Privathaushalte und gewerbliche Objekte, die Holzpellet-Heizungen nutzen	D
5	Biokraftstoffquotengesetz	Biokraftstoffe	Hohe Rohstoff- und hohe Flächen-/Pachtpreise	schwierig (wegen RED)	D
5	Energiesteuererleichterung	Biokraftstoffe	Hohe Rohstoff- und hohe Flächen-/Pachtpreise	schrittweise Abbau der reduzierten Besteuerung von Biokraftstoffen	D

6	Schlechte Datenverfügbarkeit	im Gegensatz zu Bioenergie und Petrochemie	Schwierigkeit für sachgerechte Einschätzung des stofflichen Sektors und entsprechend die Entwicklung geeigneter Instrumente und Rahmenbedingungen	Ja, durch Schaffung neuer Kategorien in den Statistiken und Marktforschungs-Projekten	D/EU/USA/Welt
7	Hemmnisse in weiteren Rechtsvorschriften				
7	KrWG und Abfallrahmenrichtlinie - Fehlende Getrennthaltung von Holz	Holz	Kleinere Holzgegenstände können nicht recycelt werden, da keine Stoffreinheit vorliegt	Aufnahme von Holz in die geplante Wertstofftonne im Rahmen des Erlasses des Wertstoffgesetzes	D
7	KrWG und Abfallrahmenrichtlinie - Fehlende Verpflichtung bzw. Anreize für Kaskadennutzung von Holz	Holz	Keine ausreichende Verfügbarkeit von Altholz	Erlass einer Rechtsverordnung auf Basis von § 8 iVm. § 68 KrWG	D
7	KrWG und Abfallrahmenrichtlinie - Keine Geltung der abfallrechtlichen Pflichten für bestimmte Abfälle aus nachwachsenden Rohstoffen	Stroh und andere natürliche land- oder forstwirtschaftliche Materialien	Stroh und andere natürliche land- oder forstwirtschaftliche Materialien stehen nicht zur Verfügung	Änderung des § 2 Abs. 2 Nr. 4 KrWG	D
7	Bioabfall- und Verpackungsverordnung - Probleme mit der Entsorgung von biologisch abbaubaren Kunststoffen	Biologisch abbaubaren Kunststoffe	Hemmnisse für Markteinführung und Kaskadennutzung	Schaffung eines Zugangs für Biokunststoffabfälle zur stofflichen Verwertung mittels Bioabfallsammel- und -entsorgungssystemen	D
7	Bauprodukte Verordnung - Fehlende Konkretisierung der Anforderungen an die nachhaltige Nutzung	Nachwachsende Bauprodukte, insb. Holz	Holz wird nicht als Alternative zu Zement/Beton betrachtet	Weitere Ausgestaltung und Konkretisierung	EU
7	REACH - Spezielle Hürden für biobasierte Chemikalien (Prozesse, Rohstoffbasis, Verunreinigungen ...) im Vergleich zur Petrochemie	Insb. Stärke, Zucker, Zellulose und Zellstoff	Hemmnis für Markteinführung, hohe zusätzliche Kosten	An einigen Stellen sicherlich (müssen z. B. Chemikalien mit Food-Zulassung tatsächlich neu bewertet werden?)	D/EU
7	Beschaffungswesen - Fehlende Konkretisierungen für "umweltfreundliche Beschaffung"	Alle Sektoren	Kaum Anwendungen in der Praxis	Ja, Vorbild USA (BioPreferred® Catalog)	D/EU
8	Steuersystem und Importzölle				
8	Reduzierte Umsatzsteuer für Brennholz, nicht für stofflich genutztes Holz	Energetischer Nutzung von Holz	Höhere preisliche Attraktivität, Holz energetisch zu nutzen	Mit entsprechendem politischen Willen leicht zu ändern	D
8	Stofflich genutztes Erdöl ist von der Energiebesteuerung ausgenommen	Petrochemischer Industrie und Bioenergie (energetisch genutztes Erdöl unterliegt der Energiebesteuerung)	Wettbewerbsnachteil gegenüber petrochemischen Produkten (dagegen sind Biokraftstoffe durch geringere Steuer geschützt)	Kaum durchzusetzen; Wettbewerbsnachteil für Chemische Industrie befürchtet	D/EU/USA/Welt
8	Zollschranken beim Import von Biomasse	im Gegensatz zum Import von petrochemischen Rohstoffen	Unsicherheiten in der Rohstoffbeschaffung	schwierig, evtl. einfacher mit Nachhaltigkeits-zertifizierung	EU
9	Wissenschaft und Technologie-Entwicklung				
9	Fehlen einer umfassenden Forschungsstrategie	bei Bioenergie/Biokraft-stoffen besser umgesetzt	Verzettelung der Forschung, Parallelforschung	teilweise ja	D/EU

9	Zeitlich zu kurz angesetzte Projekte und unvollständige Wertschöpfungsketten	trifft vor allem komplexe bio-basierte Prozesse und Bioraffinerien	langsame Etablierung neuer Prozesse in der industriellen Biotechnologie / Bioraffinerien	teilweise ja	D/EU
9	Unzureichende Zusammenarbeit	bei Bioenergie/Biokraft-stoffen besser umgesetzt	Verzettelung der Forschung, Parallelforschung	teilweise ja	D/EU
9	Zu hohe Hürden für KMUs	trifft vor allem komplexe biobasierte Prozesse und Bioraffinerien	langsame Etablierung neuer Prozesse in der industriellen Biotechnologie / Bioraffinerien	teilweise ja	D/EU
9	Zu geringer Teil angewandter Forschung	trifft vor allem komplexe biobasierte Prozesse und Bioraffinerien	langsame Etablierung neuer Prozesse in der industriellen Biotechnologie / Bioraffinerien	teilweise ja	D/EU
9	Schwächen bei Kompetenz und Ausbildung	trifft vor allem komplexe biobasierte Prozesse und Bioraffinerien	langsame Etablierung neuer Prozesse in der industriellen Biotechnologie / Bioraffinerien	teilweise ja	D/EU
9	Fehlende Standards und Normen	vor allem für biobasierte Chemikalien und Produkte	Hürden für Markteinführung	hier wurden bereits viele Aktivitäten gestartet (vor allem auf EU-Ebene)	D/EU
10	Kommerzielle Realisierung				
10	Zu geringe Förderung von Pilot- und Demonstrationsanlagen	trifft vor allem komplexe biobasierte Prozesse und Bioraffinerien	langsame Etablierung neuer Prozesse in der industriellen Biotechnologie / Bioraffinerien	Mit entsprechendem politischen Willen leicht zu ändern	D/EU
10	Konkurrenzfähigkeit und Investitionsrisiko	sowohl gegenüber der hoch geförderten Bio-energie/Biokraftstoffe (Biomasse) als auch der Petrochemie (Prozesse, Produkte)	langsame Etablierung neuer Prozesse in der industriellen Biotechnologie / Bioraffinerien	Vor allem durch verbesserte wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen, siehe 4+5	D/EU/USA/Welt
11	Information, Netzwerke und Kommunikation				
11	Politik: Kompliziert, schwer zu vermitteln & undankbar	Bei Bioenergie erheblich einfacher und dankbarer (gerade auch regional)	Stofflicher Sektor wird politisch übersehen und ignoriert, Optionen nicht genutzt	schrittweise	D/EU
11	Politik: Keine Bewusstsein für 3. Industrielle Revolution (Rohstoffwende)	Im Energiebereich bereits sehr viel mehr Bewusstsein	Stofflicher Sektor wird politisch übersehen und ignoriert, Optionen nicht genutzt	schrittweise	D/EU
11	Politik: Sorge vor Wettbewerbsverzerrungen	In stark regulierten Energiemärkten geringere Problematik	Stofflicher Sektor wird politisch übersehen und ignoriert, Optionen nicht genutzt	schrittweise	D/EU
11	Industrie: Informationsmangel & fehlendes Bewusstsein	Im Energiebereich bereits sehr viel mehr Information & Bewusstsein	Optionen werden nicht genutzt	ja, mit Informations-kampagnen (B2B)	D/EU
11	Industrie: Interessenkonflikte statt gemeinsamer Strategie	internes Problem	Flügelkämpfe innerhalb der stofflichen Branche, keine gemeinsame Strategie und politische Stagnation	sehr schwierig, da tatsächliche Interessenkonflikte	D/EU
11	Industrie: Schlecht ausgebildete Netze	internes Problem	Optionen werden nicht genutzt	ja, mit Informations- und Netzwerk-Kampagnen (B2B)	D/EU

11	Öffentlichkeit: Schwierige Wahrnehmung des Sektors - behindernde Rolle der NGOs	Im Energiebereich bereits sehr viel mehr Bewusstsein	Stofflicher Sektor wird politisch übersehen und ignoriert, Optionen nicht genutzt	ja, durch Strategieentwicklung und Informationskampagnen	D/EU
12	Nachhaltigkeit und Ökologie				
12	Defizite bei Ökobilanz-Methodik und Nachhaltigkeitszertifizierung	Im Bioenergie- und Biokraftstoff-Bereich erheblich weiter entwickelt	Verzögerte Markteinführung, Unsicherheiten für Marktteilnehmer	schrittweise	D/EU/USA/Welt
12	Klimaschutzregime und Emissionshandel - fehlende Integration in Emissionshandel (ETS, ESD u. a.)	Der Bioenergie- und Biokraftstoff-Bereich ist hier weit integriert, Nachteile gegenüber Bioenergie/Biokraftstoffe und petrochemischer Industrie	Großes Hemmnis bei der Markteinführung, Klimaschutz durch stoffliche Nutzung wird nicht in Wert gesetzt; gleichzeitig verstärkte Konkurrenzsituation durch Bevorzugung der energetischen Biomassenutzung	ja, aber methodisch schwierig	D/EU/USA/Welt
12	Sehr hohe Anforderungen an ökologische Vorteilhaftigkeit und Nachhaltigkeit in früher Phase	ungleiche Situation gegenüber weit entwickelten Bioenergiebereich und jahrzehntelang optimierte Petrochemie	wenig Investitionen, Stagnation -> Investitionen vor allem in Nordamerika und Asien	schwierig durch kurzsichtige und wenig flexible Positionen NGOs und Politik	D/EU
12	Naturwald oder stoffliche Nutzung. Was ist besser für's Klima?	Natur- und Waldschutz	Verknappung der Rohstoffbasis	ja, durch Strategieentwicklung und Informationskampagnen	D/EU
12	Food-Pflanzen als Tabu für die industrielle Nutzung	Lebens- und Futtermittel	Verknappung der Rohstoffbasis bei gleichzeitiger Gefahr der Fehlallokation von Boden und Biomasse	ja, durch Strategieentwicklung und Informationskampagnen	D/EU

nova-Institut 2013

8 Instrumente und Maßnahmen zur Überwindung identifizierter Hindernisse und Gleichbehandlung der stofflichen Nutzung (Arbeitspaket 8)

Leitung: nova-Institut

Autoren: Carus, M., Dammer, L., Hermann, A., Thöne, M.

8.1 Einleitung

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über alle potenziellen Instrumente, welche die Gleichbehandlung der stofflichen Nutzung von Biomasse fördern könnten, die im Laufe des Projekts entwickelt wurden. Ihre Gliederung orientiert sich danach, ob sie I) Wettbewerbsverzerrungen, die durch die Förderkulisse für die energetische Nutzung von Biomasse entstehen, entschärfen und rückgängig machen sollen, II) für eine Gleichbehandlung von stofflichen und energetischen Nutzungen in Förderregelungen einstehen, oder III) Sonderregelungen vorschlagen, welche die Benachteiligung der stofflichen Nutzung ausgleichen sollen.

In zwei Experten-Workshops wurden die Instrumente ausführlich diskutiert und priorisiert. Dabei hat sich eine Gliederung in vier Ebenen für die Umsetzung herauskristallisiert, die in der dritten Spalte der Tabelle 1 für die einzelnen Instrumente zu finden ist.

- Ebene 1: Drei Instrumente wurden von der Mehrheit der Experten favorisiert und werden gesondert und besonders ausführlich erläutert.
- Ebene 2: In einem zweiten Abschnitt werden diejenigen „kleinen“ Maßnahmen zusammengestellt, die – politischer Wille vorausgesetzt – als relativ schnell und mit wenig Aufwand umsetzbar eingeschätzt werden.
- Ebene 3: Darauf folgen Instrumente, die zielführend sind, deren Umsetzung aber vermutlich nur mittelfristig realisiert werden kann.
- Ebene 4: Und in einem letzten Abschnitt werden kurz die Maßnahmen erwähnt, die aus verschiedenen Gründen als nicht umsetzbar gelten.

In der dritten Spalte findet sich zudem eine Einordnung der Instrumente in Bezug auf „market push“ bzw. „market pull“. Darunter soll Folgendes verstanden werden:

- „market push“: Instrumente zur Stärkung der Angebotsseite.
- „market pull“: Instrumente zur Stärkung der Nachfrageseite.

Der folgende Text präsentiert Erläuterungen, Hintergrundinformationen und Einschätzungen zur Umsetzbarkeit dieser Maßnahmen. Die Nomenklatur der Instrumente (I.1 bis III.7) orientiert sich an der Struktur der Tabelle. Die Struktur des Textes orientiert sich an den vier Ebenen für die Umsetzbarkeit der Instrumente.

Tabelle 27: Übersicht über alle diskutierten Instrumente zur Förderung der Gleichbehandlung der stofflichen Nutzung

Instrumente und Maßnahmen zur Förderung der Gleichbehandlung der Stofflichen Nutzung	Hemmnis (Kapitelnr.)	Ebene und „market push/market pull“
I. Änderungen von Rahmenbedingungen für die energetische Nutzung zu Reduzierung von Wettbewerbsverzerrungen und Fehlallokationen von Biomasse		
I.1 EU/RED: Begrenzung des Biomasseanteils (länderspezifisch), Einbeziehung und doppelte Gewichtung von Kraftstoffen aus CO_2, differenzierte Gewichtungen (halb, einfach, doppelt, vierfach) zur genaueren Steuerung und Vermeidung von Konkurrenzsituationen, Anrechnung NEUER stofflicher Produktlinien in die Quote.	(7.4), 7.5	Ebene 1 – market pull
I.1.1 D/Nationale Umsetzung der RED: EEG: Zur Vermeidung von Wettbewerbsverzerrungen Rohstoffe ausschließen, die auch stofflich genutzt werden können, Bevorzugung der Kaskadennutzung. Konkret: Bestimmte Stoffe, die auch stofflich genutzt werden, erhalten nur eine Grundvergütung oder nur eine reduzierte Einsatzstoffvergütung.	(7.4), 7.5	Ebene 1 – market pull
I.1.2 D/Nationale Umsetzung der RED: Biokraftstoffquotengesetz: Neugestaltung der „Doppelten Gewichtung bestimmter Biokraftstoffe“ sowie Ausschluss von Rohstoffen, die auch stofflich genutzt werden können. Doppelte Gewichtung für Kaskaden-Rohstoffe.	(7.4), 7.5	Ebene 1 – market pull
I.2 EU/Emissionshandel: Vermeidung von negativen Nebeneffekten des Emissionshandels (Ko-Feuerung von Holz in Kohlekraftwerken)	(7.4), 7.12	Ebene 3 – market push
I.3 D/MAP (Marktanreizprogramm): Abbau der Förderung von Holzöfen zur Reduzierung der Wettbewerbsverzerrung im Holzbereich	(7.4), 7.5	Ebene 2 – market push
I.4 D/Reduzierte Umsatzsteuer für Brennholz: Abbau der reduzierten Umsatzsteuer für die energetische Nutzung von Holz	7.8	Ebene 2 – market push
II Ziel vollständige Gleichbehandlung der stofflichen und energetischen Nutzung		
II.1 EU/D: Subventionslösungen auf der Wertschöpfungsstufe der Erstverarbeitung/Basisförderung über Produktionskostenerstattung auf Basis vermiedener CO_2-Emissionen (Finanzierung über modifiziertes EEG?)	7.4	Ebene 4 – market push
II.2 EU/D: Förderung auf Ebene der Zwischenprodukte ("Building Blocks"), bevor sich die konkrete Nutzung als Kraftstoff oder Chemikalie o.ä. entscheidet.	7.4	Ebene 1 – market push

II.3 EU/GAP erste und zweite Säule, Gleichstellung der energetischen und stofflichen Nutzung. Neue Rahmenbedingungen für Zuckerrübe (Quote, Mindestpreis, Out-of-Quota) zur leichteren industriellen Nutzung.	(7.4), 7.5	Ebene 3 – market push
II.4 EU/D: Öffnen sämtlicher Regularien, Programme und Fördersysteme der energetischen Nutzung für die stoffliche Nutzung.	7.4	Ebene 2 – market pull
II.5 EU/Emissionshandel: Vollständige Integration der stofflichen Nutzung in den Emissionshandel	7.12	Ebene 3 – market pull
II.6 EU/D: Investitionsbeihilfen/Direkte finanzielle Unterstützung/einfache Verfügbarkeit von Kapitaldarlehen für Neuinvestitionen	0	Ebene 3 – market push
II.7 EU/D: Förderung F&E – inkl. Daten zu Produktion und Märkten	7.6, 7.9	Ebene 3 – market push
III Sonderregelungen für stoffliche Produktlinien		
III.1 Steuerpolitische Instrumente		
- III.1.a Verpackungssteuer: Staffelung der Steuern nach CO_2-Last des Verpackungsmaterials	7.8	Ebene 4 – market push
- III.1.b Lenkungssteuern auf fossile Kohlenstoffträger, die stofflich genutzt werden	7.8	Ebene 4 – market pull
- III.1.c Umsatzsteuer: Niedrigere Umsatzsteuer für stofflich genutzte NaWaRo und Produkte ab einem bestimmten biogenen Mindestanteil	7.8	Ebene 3 – market pull
- III.1.d Deponiesteuer	7.8	Ebene 4 – market pull
III.2 Zielvorgaben/Quoten – konzeptionell sind starre und flexible Quoten möglich, die sehr unterschiedliche Markteffekte zeigen	7.4	Ebene 4 – market pull
III.3 Markteinführungsprogramme	7.4	Ebene 2 – market pull
III.4 Förderung Information & Kommunikation (Kampagnen und Labeling für die Öffentlichkeit, Normung und Standardisierung für die Industrie, Marktforschung, Kommunale Beratung, Produktlisten etc.)	7.6, 7.11, 7.12	Ebene 1 – market pull
III.5 Überarbeitung von nationalen und EU-weiten Rechtsvorschriften zur Überwindung von spezifischen Hemmnissen, bzw. zur Förderung des Einsatzes (z. B. EU-Altautorichtlinie, Abfallrahmenrichtlinie, VerpackV, Öffentlicher Einkauf, Besserstellung der Kaskadennutzung)	7.7	Ebene 2 – market pull
III.6 Gebote & Verbote (z. B. zur Förderung von biologisch abbaubaren Einkaufstüten, Bioschmierstoffen, Kaskadennutzung)	7.4	Ebene 2 – market pull
III.7 Freiwillige Selbstverpflichtungen	7.4	Ebene 4 – market pull

8.2 Instrumente

8.2.1 Drei favorisierte Instrumente – die Umsetzung sollte gezielt und mit politischem Willen verfolgt werden

Die drei Instrumente, die nach unserer Analyse basierend auf den identifizierten Hemmnissen (AP7) und den Experten-Workshops in Köln und Brüssel als besonders wünschenswert und sinnvoll eingeschätzt wurden, sind Veränderungen an der RED und ihren nationalen Umsetzungen (I.1, I.1.1 und I.1.2), Förderung auf Ebene der Zwischenprodukte (II.2) und Information & Kommunikation (III.4). Sie werden im Folgenden im Detail erläutert.

I.1 EU/RED: Vorschläge zur Reform der Renewable Energy Directive (RED) sowie des EEG und des Biokraftstoffquotengesetzes. Von der Reduzierung der Wettbewerbsverzerrungen und Flächenkonkurrenz bis hin zur Öffnung der RED für die stoffliche Nutzung

Die Renewable Energy Directive (RED) hat zum ersten Mal einen unionsrechtlichen Rahmen für die Verwendung von erneuerbaren Energien in den drei Energiebereichen Strom, Wärme/Kälte und Verkehr geschaffen. Ihr Ziel ist es, in der EU bis 2020 einen Deckungsanteil von 20 % erneuerbarer Energien am Gesamtenergiebedarf zu erreichen sowie als Unterquote 10 % erneuerbare Energien im Verkehrsbereich. Dazu wird für jeden Mitgliedsstaat ein individueller Anteil an erneuerbaren Energien zur Deckung des Endenergiebedarfs festgesetzt, der von diesem Staat bis 2020 zu erreichen ist. In Deutschland muss ausgehend von 8,5 % in 2005 der Anteil bis 2020 18 % betragen. Es handelt sich um für die Mitgliedsstaaten verbindliche Quoten, bei deren Nichterreichen die EU Sanktionen gegen die betroffenen Mitgliedstaaten verhängen kann.

Die Bioenergie- und Biokraftstoff-Politik der EU mit den festen und ehrgeizigen Ausbauzielen der RED führt zu einer systematischen Allokation von Biomasse zum Nachteil der stofflichen Nutzung: In den Mitgliedsstaaten hat die RED die Entwicklungen von nationalen Aktionsplänen und Förderkulissen für Bioenergie und Biokraftstoffe ausgelöst, die ihrerseits hohe Biomasse- und Pachtpreise verursachen und anderen Sektoren den Zugriff auf Biomasse deutlich erschweren und die Preise verzerren. Da hierdurch auch „höherwertige“[65] stoffliche Nutzungen an ihrer Realisierung gehindert werden, kann man von einer „Fehlallokation“ von Biomasse sprechen. Die konkrete Ausgestaltung der RED hat damit einen ganz erheblichen Einfluss auf die zukünftige Verfügbarkeit von Biomasse für den stofflichen Sektor.

Die umfassende Hemmnisanalyse in AP7 hat ergeben, dass die RED (zukünftig im Biokraftstoffbereich zusammen mit der FQD (Fuel Quality Directive 9870)) eine der wichtigsten Ursachen[66] für die seit Jahren bestehende systematische Ungleichbehandlung von stofflicher und energetischer Nutzung darstellt[67]. Die RED ist ein wesentlicher Hemmschuh für die Entwicklung der stofflichen Nutzung und damit der eigentlichen biobasierten Ökonomie. Die unvorteilhaften Rahmenbedingungen verbunden mit hohen Biomassepreisen und unsicherer

[65] „Höherwertig“ soll hier verstanden werden als: höherpreisig, höher wertschöpfend (pro Tonne Biomasse) und mehr Arbeitsplätze schaffend (pro Tonne Biomasse).

[66] Vor allem ist die RED eine der wichtigsten Ursachen, die man politisch vergleichsweise leicht reformieren kann. Die fehlende Besteuerung der stofflichen Nutzung fossiler Energieträger ist ebenso ein schweres Hemmnis, das jedoch nur auf weltweiter Ebene überwunden werden kann, da ansonsten schwere Marktverzerrungen entstünden.

[67] Die RED gibt es zwar erst seit 2009, aber die quasi nationalen Vorläufer bereits erheblich länger: das EEG seit 2000 (das Strom-Einspeisegesetz als dessen Vorläufer bereits seit 1991) und das Biokraftstoffquotengesetz seit 2006.

Versorgung mit Biomasse schrecken Investoren ab, in biobasierte Chemie und Kunststoffe zu investieren – obwohl diese eigentlich zu einer höheren Wertschöpfung und Ressourceneffizienz führen. Dies wurde von Seiten der betroffenen Verbände und Unternehmen auf zwei Workshops im Herbst 2012 in Köln und Brüssel ausdrücklich bekräftigt.

Die Entwicklung und Ausgestaltung von Reformvorschlägen für die RED – und damit in Deutschland auch für EEG und Biokraftstoffquotengesetz – stehen damit im Fokus des folgenden Textes.

Im Herbst 2012 befand sich die RED in einer Revision, die infolge der im Sommer deutlich gewordenen weltweiten Verknappung und Verteuerung von Lebensmitteln vor allem mit der Begrenzung der Nutzung von „Food-crops" für Biokraftstoffe der sog. ersten Generation befasst, deren Anteil nun auf maximal 5 % begrenzt werden soll.[68] Da diese Neuregelung laut Stellungnahmen der Biokraftstoffverbände zu einem starken Rückgang bis zum vollkommenen Stopp weiterer Investitionen in Biokraftstoffanlagen auf Basis der ersten Generation führen wird, kann tendenziell eine Entspannung bei der zukünftigen Flächenkonkurrenz erwartet werden. Dies würde sowohl der Lebens- und Futtermittelindustrie, aber auch der stofflichen Nutzung zu Gute kommen und könnte Investitionen in den Bereich der biobasierten Chemie und Kunststoffindustrie zu einem gewissen Auftrieb verhelfen.[69]

Mit der neuen Regelung entsteht, auch wenn das nicht die Absicht war, eine Gleichbehandlung für neue Produktionsanlagen der ersten Generation von Biokraftstoffen und von stofflichen Linien: Beide werden nun im Rahmen der RED nicht mehr bzw. weiterhin nicht gefördert. Die Stellungnahmen der Biokraftstoffverbände zeigen daher vor allem, dass Biokraftstoffe aufgrund ihrer geringeren Wertschöpfung auf eine erhebliche stärkere Förderung angewiesen sind als biobasierte Chemikalien und Kunststoffe. Für letztere wäre schon ein sicherer Zugang zu Biomasse zu Marktpreisen, die nicht durch Förderung verzerrt werden, ein großer Schritt hin zur Konkurrenzfähigkeit. Weitere flankierende politische Maßnahmen wären nur in einem vergleichsweise geringen Maße erforderlich – wie z. B. die Förderung von Erstanlagen.

Biokraftstoffe können durchaus zum Wegbereiter für biobasierte Chemikalien werden, indem sie Technologieentwicklungen und Volumeneffekte auslösen. Gelingen kann dies aber nur dann, wenn parallel die politischen Rahmenbedingungen entsprechend geändert werden.

Reform der RED zur Reduzierung von Flächenkonkurrenzen, Wettbewerbsverzerrungen, und Fehlallokation von Biomasse sowie für verbesserte Flächeneffizienz

Dieser erste Reformansatz zielt darauf, die RED so zu verändern, dass die Wettbewerbsverzerrungen zwischen stofflicher und energetischer Nutzung reduziert und zukünftig Fehlallokationen verhindert werden. Wenn die Marktverzerrungen und Fehlallokationen auch den gesamten Bereich der Biomasse betreffen, so wurden die Marktverzerrungen in den letzten Jahren in drei Fällen besonders deutlich: Die Aufnahme der Tierfette, des Tallöls (Nebenprodukt der Zellstoffproduktion) und der Rinde ins EEG, bzw. die RED mit „double counting" entzog der „höher wertschöpfenden", stofflichen Nutzung ihre Rohstoffe.

Tierfette wurden seit vielen Jahrzehnten von der Oleochemie als Rohstoff für zahlreiche Anwendungen im Pharma- und Kosmetikbereich eingesetzt. Durch die Aufnahme der Tierfette in

[68] European Commission: Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, (COM(2012) 595 final), Brussels, 17.10.2012.

[69] Wie die Verwendung von Food-crops für die stoffliche Nutzung grundsätzlich zu bewerten ist, siehe Ende des Textes.

die RED bzw. das Biokraftstoffquotengesetz wurden diese der Oleochemie entzogen und primär zur Herstellung von Biodiesel verwendet – die Biokraftstoffbranche konnte infolge der günstigen Rahmenbedingungen einfach höhere Preise zahlen. Die Oleochemie musste auf importiertes Palmöl ausweichen. Zum 1.1.2012 wurde in Deutschland die Anrechenbarkeit im Biokraftstoffquotengesetz nach zwei Jahren wieder beendet. Dies wurde damit begründet, dass es keinen Sinn ergebe, Tierfette mittels einer Förderung der Oleochemie zu entziehen und in den Biodieselsektor zu verschieben. Andere Mitgliedsstaaten haben diese Änderung allerdings nicht umgesetzt. Deshalb besteht die Marktverzerrung weiter fort, solange in anderen EU-Mitgliedsstaaten die Doppeltanrechnung in der Quote weiter gilt und so in Deutschland produzierter Biodiesel auf Basis von Tierfetten z. B. nach Großbritannien exportiert werden kann.

Eine ähnliche Situation findet sich bei Tallöl, das vor allem in Skandinavien als Nebenprodukt der Zellstoffproduktion anfällt. In den letzten Jahren gab es umfassende Investitionen in die hochwertige Nutzung von Tallöl im Chemiebereich. Durch die Aufnahme von Tallöl mit teilweise doppelter Gewichtung in die nationalen Umsetzungen der RED ist nun die Rohstoffversorgung der Chemieunternehmen gefährdet, da die Biodieselproduzenten einen höheren Preis zahlen können. Einige der betroffenen Unternehmen sind deswegen im Jahr 2012 in Brüssel und den betroffenen Mitgliedsländern vorstellig geworden.

Ein anderes Beispiel ist die seit dem Jahr 2012 im EEG als vergütungsfähige Biomasse im Sinne der Biomasseverordnung anerkannte Rinde., Da die Humusindustrie sich verpflichtet hatte, zukünftig anstelle von Torf bevorzugt Rinde einzusetzen, fehlt diese nun als Rohstoff. Inzwischen wird die Rinde vor allem zur Biomasse-Stromerzeugung genutzt, und somit kann diese Selbstverpflichtung kaum mehr einzuhalten sein.

Als weitere Biomasse-Fehlallokation sind die Holzpellet-Exporte aus USA und Kanada nach Europa – sogar in holzreiche Mitgliedsstaaten – anzusehen, die ausschließlich auf den hohen Einspeisevergütungen für „grünen“ Strom basieren.

Generell lässt sich feststellen: Sobald ein biogener Rohstoff von der Bioenergieförderung erfasst wird, ist er für andere – meist höherwertige Nutzungen – nicht mehr verfügbar bzw. bezahlbar (s. Arbeitspaket 7 für eine ausführliche Analyse). Eine Reform sollte also zu Reduzierung dieser Wettbewerbsverzerrungen beitragen.

In den folgenden Abschnitten geht es daher darum, mit welchen Reformen diese Problematik entschärft werden könnte, da die Bioenergieförderung ein wesentlicher Faktor für die Allokation nachwachsender Rohstoffe ist.

Ein weiteres wichtiges Kriterium der Anreizgestaltung sollte die Ressourcen- und insbesondere die Flächeneffizienz darstellen. Schließlich ist der eigentliche Engpass für Biomasse die verfügbare landwirtschaftliche Fläche. Technologien, welche die Fläche besonders effizient nutzen (Nettoenergieertrag pro Fläche), bzw. die besten Umwelteffekte pro Fläche (z. B. CO_2-Einsparung pro Fläche) zeigen, sollten durch die RED, EEG, bzw. Biokraftstoffquotengesetz bevorzugt werden. Dies würde generell zu einer Entspannung der Nutzungskonkurrenzen um landwirtschaftliche Flächen führen – zum Vorteil der Lebens- und Futtermittelindustrie wie auch der stofflichen Nutzung.

Die folgenden Vorschläge resultieren aus den beiden bereits genannten Motiven

- der Erhöhung der Flächeneffizienz sowie
- der Reduzierung von Wettbewerbsverzerrungen gegenüber der stofflichen Nutzung, die ja ihrerseits zur besseren Flächeneffizienz beitragen kann.

Die Vorschläge sind zum Teil alternativ zueinander, zum Teil komplementär zu verstehen.

1. Einbeziehung von CO2-Kraftstoffen in die Quote: CO_2-basierte Kraftstoffe („Solar Fuels", „Power-to-gas", „Power-to-liquid") stehen zwar noch am Anfang, werden jedoch nach Einschätzungen von Experten schon vor dem Jahr 2020 kommerziell verfügbar sein.[70] Eine rasche Aufnahme in eine EE-Kraftstoffquote (statt der bisherigen nationalen Biokraftstoffquote) würde erstens dieser neuen Technologie zum schnelleren Durchbruch helfen und zweitens den Druck auf Biomasse und Fläche reduzieren. Daher sollten CO_2-basierte Kraftstoffe, die unter Nutzung von Strom aus erneuerbaren Quellen hergestellt werden,[71] in die EE-Kraftstoffquote einbezogen und mindestens doppelt gewichtet werden. CO_2-basierte Kraftstoffe könnten sogar in die Kategorie „renewable liquid and gaseous fuels of non-biological origin" fallen und wären damit gemäß des Vorschlags der Kommission sogar vierfach anrechenbar.
   Über die Fläche für den erneuerbaren Strom hinaus benötigen CO_2-Kraftstoffe praktisch keine zusätzliche Fläche und sind damit sehr flächeneffizient. Auch sie tragen daher dazu bei, den Druck von der Fläche zu nehmen.

2. Steigerung der Ressourceneffizienz durch Kaskadennutzung: Die RED und das EEG sollten die Kaskadennutzung deutlich attraktiver stellen als die direkte Nutzung frischer Biomasse. Für Biomasse, die eine Nutzungskaskade durchlaufen hat, aus Recyclingprozessen oder aus Nebenströmen stammt, sollte es eine höhere (mindestens doppelte) Gewichtung in den Anrechnungsregeln für die Verkehrsquote der RED geben als für Anbaubiomasse. Siehe hierzu auch Punkt 6 und 7.

3. Anhörung von Vertretern der stofflichen Nutzung: Bei jeder Revision der RED, bzw. von EEG und Biokraftstoffquotengesetz sollten nicht nur die Verbände der Bioenergie- und Biokraftstoffwirtschaft gehört werden, sondern generell auch Verbände und Vertreter der stofflichen Nutzung, um negative Nebeneffekte der Neuregelungen, wie insbesondere zusätzliche Wettbewerbsverzerrungen zu Ungunsten der stofflichen Nutzung, zu vermeiden. So hätte man die unerwünschten Folgen bei Tierfetten und Tallöl schon im Vorfeld erkennen können und beide Rohstoffe nicht in die Liste neuer in der RED (doppelt) anrechenbarer Biomasse aufnehmen dürfen.
   Die Anhörungen sollten dabei nicht nur – wie in der Vergangenheit üblich – zum ersten Entwurf, sondern auch zum endgültigen Entwurf abgehalten werden.

4. Begrenzung des Bioenergieanteils in den RED-Quoten: Es wird erwartet, dass bis 2020 etwa 60 % der Gesamtquote[72] und etwa 90 % der Transportquote mit Bioenergie, bzw. Biokraftstoffen realisiert werden. Würde man den Bioenergieanteil in der Gesamtquote auf z. B. maximal 40 oder 50 % begrenzen und in der Transportquote auf z. B. maximal 80 %, könnte erheblicher Nutzungsdruck von der Biomasse genommen werden.[73] Die Quoten müssten dann verstärkt mit Sonnen- und Windenergie und anderen erneuerbaren Energien erfüllt werden. Im Verkehrssektor muss die Begrenzung des Biokraftstoffanteils derzeit allerdings geringer ausfallen, da Alternativen wie Elektroauto oder CO_2-Kraftstoffe noch

---

[70] In Island beträgt der Anteil CO2-basierter und mit Hilfe von Geothermie-Strom produzierter Kraftstoffe bereits 5 %. Dieser wurde bereits mit dem ISCC-PLUS-Siegel zertifiziert (CRI 2013). Audi investierte 2011 in Deutschland in die Produktion von Solar Fuels aus überschüssigem Windstrom (SolarFuel 2011).

[71] Dabei ist eine Doppelzählung bei erneuerbarem Strom und CO2-basiertem Kraftstoff zu vermeiden.

[72] Vgl. den JRC Newsletter, EU Kommission, März 2012, herunterzuladen unter: http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm?id=1410&obj_id=14460&dt_code=NWS&lang=en (so am 15.2.2013).

[73] Aus Sicht der Autor/innen wäre eine solche Regelung sinnvoller als eine Begrenzung des Anteils von erster Generation Biokraftstoffen.

nicht ausreichend am Markt verfügbar sind. Sobald dies der Fall ist, sollte auch hier der Biomasseanteil entsprechend stark begrenzt werden. Andererseits könnte eine frühere Begrenzung des Biomasseanteils Elektroautos und CO_2-Kraftstoffen zu einem schnelleren Durchbruch verhelfen.

5. Ausdifferenzierung der Gewichtungen zur Optimierung der Biomasse-Allokation: Bisher dient die unterschiedliche Gewichtung verschiedener Treibstoffe in der Quote („counting") nur der Technologiesteuerung, vor allem um neue Technologien auf Basis von Lignocellulose und Algen zu unterstützen (doppelte und vierfache Gewichtung für sog. zweite und dritte Generation). Die Gewichtung könnte aber weiter ausdifferenziert werden (halb, einfach, doppelt, vierfach) und so gestaltet werden, dass gezielt Marktverzerrungen zu Ungunsten stofflicher Nutzungen vermieden werden. Der neue Ansatz würde die Gewichtung dafür einsetzen, Biomasse möglichst sinnvoll den Sektoren Energie, Kraftstoffe, bzw. stoffliche Nutzung zu allokieren – d. h. möglichst ressourceneffizient, umweltschonend und mit hoher Wertschöpfung. Der Zeitpunkt ist günstig, da im Zusammenhang mit ILUC die Doppelanrechnungen sowieso neu austariert werden sollen. Konkret könnte das z. B. bedeuten:

6. Beispiele für neue Gewichtungen: Biogene Rohstoffe (frische Anbaubiomasse, Rest- und Abfallstoffe), welche stofflich hochwertiger genutzt werden können (wie die genannten Tierfette, Tallöl und Rinde), sollten entweder grundsätzlich nicht in die RED-Quote einbezogen werden, oder nur mit einer neu eingeführten „halben" Gewichtung. Des Weiteren sollten biogene Rohstoffe aus Kaskadennutzung, Recyclingprozessen oder Nebenströmen mindestens doppelt gewichtet und energetisch genutztes Holz aus Kurzumtriebsplantagen auf Agrarflächen nur einfach gewichtet werden.

Die vorgeschlagenen Änderungen würden dann entsprechend in die nationale Gesetzgebung der Mitgliedsstaaten Eingang finden. Die erheblichen nationalen Spielräume sollten darüber hinaus genutzt werden, um die genannten Vorschläge umfassend und länderspezifisch umzusetzen.

Eine solche Reform der RED als ein erster Schritt in Richtung Gleichbehandlung energetischer und stofflicher Nutzung von Biomasse könnte zumindest offensichtliche Fehlallokationen von Biomasse vermeiden sowie den Nachfragedruck auf Biomasse und Fläche reduzieren.

Vollständige Gleichbehandlung der stofflichen und energetischen Nutzung, Erweiterung der RED zur „Renewable Energy and Material Directive (REMD)" mit Einbeziehung neuer biobasierter stofflicher Nutzung in die bestehenden RED-Quoten

Die Grundidee ist die Einbeziehung NEUER stofflicher Produktlinien[74] in die RED-Gesamtquote und auch EE-Kraftstoffquote, insbesondere neue Anlagen für biobasierte Chemikalien und Kunststoffe. Eine solche Öffnung der RED-Quote für neue stoffliche Produktlinien ist technisch gesehen relativ einfach (s.u.).

Dies würde eine Weiterentwicklung der RED zu einer „Renewable Energy and Material Directive (REMD)" bedeuten. Hiermit würde der ursprünglichen Idee der RED, Treibhausgasemissionen zu reduzieren, Rechnung getragen. Denn stoffliche Nutzungen von Biomasse führen ebenso zu Treibhausgasreduktionen wie Biokraftstoffe – und zwar in einer (mindestens) vergleichbaren Größenordnung (s. AP4).

[74] Die Anrechnung bestehender stofflicher Prozessketten würde keine Marktimpulse für neue Investitionen und auch keine weiteren Treibhausgaseinsparungen auslösen; deshalb die Beschränkung auf neue Anlagen.

Wie aber könnte die Einbeziehung konkret aussehen? Neue Chemikalien und Kunststoffe auf Basis von Bioethanol, dessen Ausgangsbiomasse ein Nachhaltigkeitszertifikat besitzt (wie von der EU-Kommission für Biokraftstoffe zugelassen), sollen in der Quote in gleicher Weise gezählt werden wie für Bioethanol als Treibstoff (einfache Gewichtung für erste, doppelte für zweite und vierfache für dritte Generation).

Alle anderen biobasierten Chemikalien, wie z. B. Bernstein- oder Milchsäure, können auf Basis ihres Brennwerts in Bioethanol-Äquivalente umgerechnet und dann ebenso wie Bioethanol in der Quote angerechnet werden. Dies wäre der einfachste und pragmatischste Weg einer Anrechnung. Umweltpolitisch wäre eine Anrechnung auf Basis vermiedener THG-Emissionen vorzuziehen, die allerdings schwerer rechtssicher zu gestalten ist als eine Anrechnung auf Basis von Brennwerten.

Dabei ist allerdings jeweils darauf zu achten, dass es in der langen Wertschöpfungskette vom z. B. „Building Block"/Monomer, Polymer bis zum Kunststoff zu keinen Doppelanrechnungen kommt.

Eine solche Weiterentwicklung der RED zur REMD würde den Mitgliedsstaaten die Option eröffnen, ihre vorgegebenen Zielquoten auch mit biobasierten Chemikalien und Kunststoffen zu erfüllen und hierzu entsprechende Rahmenbedingungen für ihre Chemie- und Kunststoffindustrien zu schaffen. Für einige Mitgliedsstaaten könnte dies von erheblichem Interesse sein, gerade um mit den entsprechenden Maßnahmen die Innovationskraft ihrer Industrien zu stärken.

Ob die Mitgliedsländer diese Option nutzen und wie sie diese konkret ausgestalten, bleibt Sache der Mitgliedsländer. Es ist dabei weniger an Quoten wie im Biokraftstoffbereich gedacht, als viel mehr an die Reduzierung der Investitionsrisiken durch die Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsanlagen, oder auch die Unterstützung erster kommerzieller Anlagen auf Basis neuer Technologien.

Anmerkungen:

Die REMD sollte neben biobasierten ebenso CO_2-basierte Chemikalien und Kunststoffe mit einbeziehen. Es sollte bei den politischen Rahmenbedingungen einer CO_2-Ökonomie unbedingt der Fehler einer einseitigen Förderung von Kraftstoffen vermieden werden, wie er bei Biomasse geschehen ist. Hier sollte von Anfang an eine Gleichstellung der energetischen und stofflichen Nutzung von CO_2 realisiert werden.

Bei der Weiterentwicklung der RED[75] zur „REMD" ist zu prüfen, ob von der bestehenden Gesetzgebungskompetenz für den Erlass der RED 2009/28/EC auch Regelungen zur stofflichen Nutzung von Biomasse (z. B. ihre Einbeziehung in die RED-Gesamtquote) erfasst wären.

Wie bei vielen energiepolitische Rechtsakten vor dem Inkrafttreten des Vertrags von Lissabon basiert die RED 2009/28/EC auf Art. 95 EGV (Binnenmarktpolitik) und auf Art. 175 EGV (Umweltpolitik).[76] Nach Art. 192 Abs. 1 (ex-Art. 175 EGV) in Verbindung mit Art. 191 des Vertrages über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV)[77] steht der Union die Gesetzgebungskompetenz zum Schutz der Umwelt zu. Von den Zielen, welche die Union beim

[75] Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG, Amtsblatt der EU L 140 vom 5.6.2009, S. 16.

[76] Siehe die Ausführungen zur Rechtsgrundlage in Richtlinie 2009/28/EG (Fundstelle in FN 11).

[77] Konsolidierte Fassung des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union, Amtsblatt der Europäischen Union C 115 vom 9.5.2008, S. 49.

Schutz der Umwelt nach Art. 191 Abs. 1 AEUV verfolgen soll, kommen für die Regelung der stofflichen Nutzung von Biomasse insbesondere der 1. Spiegelstrich „Erhaltung und Schutz der Umwelt sowie Verbesserung ihrer Qualität“ sowie der 3. Spiegelstrich „umsichtige und rationelle Verwendung der natürlichen Ressourcen“ in Betracht. Die Kaskadennutzung der Biomasse (zunächst stoffliche dann erst energetische Nutzung) trägt zu einer rationellen Verwendung der natürlichen Ressource Biomasse bei, da vor einen „Verlust“ des Rohstoffs durch Verbrennung seine stoffliche Nutzung gestellt wird. Die Union besitzt demnach aufgrund des 3. Spiegelstrichs in Art. 191 Abs. 1 i.V.m. Art. 192 AUEV die Gesetzgebungskompetenz zur Regulierung einer entsprechenden stofflichen Nutzung von Biomasse. Da die RED auf Art. 192 (ex-Art. 175EGV) AEUV basiert, ist eine entsprechende Regelung zur Biomassenutzung in der bestehenden RED möglich. Auch die Einbeziehung der stofflichen Nutzung von Biomasse in die RED-Quote ist von Umweltschutzkompetenz in Art. 192 i.V.m. Art. 191 AEUV erfasst. Ebenso wie bei der energetischen Nutzung von Biomasse können bei stofflichen Nutzungen von Biomasse Treibhausgasemissionen reduziert werden; entsprechend der ursprünglichen Idee der RED. Die Reduktion von Treibhausgasen hat den Klimaschutz und damit letztlich den Umweltschutz zum Ziel, wie er im 1. Spiegelstrich „Erhaltung und Schutz der Umwelt sowie Verbesserung ihrer Qualität“ adressiert wird. Aufgrund der vorangegangen Ausführungen können deshalb Regelungen zur stofflichen Biomassenutzung auch in die bereits bestehende RED aufgenommen werden, ohne dass es einer Änderung der Rechtsgrundlage für eine „REMD“ bedarf.

I.1.1 D/Nationale Umsetzung der RED: EEG: Zur Vermeidung von Wettbewerbsverzerrungen Rohstoffe ausschließen, die auch stofflich genutzt werden können, Bevorzugung der Kaskadennutzung. Ziel: Reduzierung der Flächenkonkurrenz zwischen stofflich und energetisch.

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) fördert den Ausbau von Strom- und Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen, indem es den Betreibern der zu fördernden Anlagen über einen bestimmten Zeitraum einen festen Vergütungssatz für den erzeugten Strom gewährt, um so einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen zu ermöglichen. Diese Subventionen machen es attraktiv, die Biomasse der energetischen statt der stofflichen Nutzung zuzuführen. Dies führt zu Konkurrenz um Holz (Pellet-Heizungen) und Agraranbauflächen (Mais für Biogas). Außerdem macht das EEG die Kaskadennutzung unattraktiv, da frische Biomasse einen NaWaRo-Bonus erhält, wenn sie in Energie umgewandelt wird, Biomasse aus Neben- und Kaskadenströmen hingegen nicht.

Änderungen am EEG könnten den Zugang zu Biomasse für die stoffliche Nutzung erheblich vereinfachen, wenn die Konkurrenz um Biomasse entschärft und die Kaskadennutzung gefördert wird. Für Biomasse, die auch stofflich genutzt werden kann, sollten die Subventionen für die energetische Nutzung gestrichen werden, wie es durch die letzte Novellierung des EEG 2012 schon teilweise geschehen ist (flüssige Biomasse, Altholz). Anstelle eines NaWaRo-Bonus sollte ein Kaskaden-Bonus eingeführt werden.

Im aktuellen EEG sollte konkret geprüft werden, ob für bestimmte Stoffe, die auch stofflich genutzt werden können, die Einsatzstoffvergütung gestrichen oder reduziert werden sollte. In Betracht kommt insbesondere, wie bei den anderen – nicht in Anlage 2 und 3 aufgeführten – Stoffen, nur die Grundvergütung für Biomasse nach § 27 Abs. 1 EEG zu gewähren. Hierzu müssten die betroffenen Stoffe „heruntergestuft“ werden, d. h. von Anlage 2 und 3 in Anlage 1 überführt werden. Für Stoffe mit der Vergütungsklasse II (Anlage 3) kommt auch als mildere Variante in Betracht, diese in Anlage 2 zu überführen, so dass die Einsatzstoffvergütung gesenkt würde.

Ganz im Gegenteil fordern die Verbände der Bioenergiewirtschaft aktuell die Ausweitung des EEG auf weitere Rohstoffe und Energieformen (Speicherung, Gaseinspeisung); hier sollten zusätzliche Wettbewerbsverzerrungen zu stofflichen Nutzung evaluiert und vermieden werden.

Über die hier beschriebenen Punkte hinaus, haben die in I.1 EU/RED diskutierten Reformvorschläge unmittelbaren Einfluss auf die Ausgestaltung des EEG.

I.1.2 D/Nationale Umsetzung der RED: Biokraftstoffquotengesetz: Neugestaltung der "Doppelten Gewichtung bestimmter Biokraftstoffe" sowie Ausschluss von Rohstoffen, die auch stofflich genutzt werden können, um Rohstoffkonkurrenzen zu entschärfen. Doppelte Gewichtung für Kaskaden-Rohstoffe.

Das Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) fördert den Einsatz von Biokraftstoffen über eine Quotenregelung: bis 2015 soll die Beimischungsquote bei 8 % Biokraftstoff liegen. Zudem bestehen Steuerbefreiungen für bestimmte Biokraftstoffe. Aufgrund der Flächenkonkurrenz zwischen der stofflichen Nutzung und der Nutzung als Biokraftstoffe entsteht hier ein Nachteil für die stoffliche Nutzung. Bestimmte Biomasse wie Abfälle, Reststoffe, cellulosehaltiges Non-Food-Material oder lignocellulosehaltiges Material sollten für die Erfüllung der Biokraftstoffquote sogar doppelt angerechnet werden.

Gesetzliche Änderungen könnten die direkte Konkurrenz um Biorohstoffe erheblich entschärfen. Ein erster Schritt wäre die Abschaffung der doppelten Gewichtung für die stofflich nutzbare Biomasse, bzw. das komplette Herausnehmen solcher Rohstoffe aus der Anrechnung, wenn eine starke Wettbewerbsverzerrung zu befürchten sind. Seit dem 1. Januar 2012 ist dies bereits für Biokraftstoffe aus tierischen Ölen und Fetten eingetreten (siehe § 37b S. 13 BImSchG).

Dafür sollte Biomasse aus der Kaskadennutzung doppelt angerechnet werden.

Über die hier beschriebenen Punkte hinaus haben die in I.1 EU/RED diskutierten Reformvorschläge unmittelbaren Einfluss auf die Ausgestaltung des Biokraftstoffquotengesetzes.

II.2 EU/D: Förderung auf Ebene der Zwischenprodukte („Building Blocks"), bevor sich die konkrete Nutzung als Kraftstoff oder Chemikalie o.ä. entscheidet.

Ein neuer Ansatzpunkt für Förderungen läge genau zwischen den Rohstoffen und dem Endprodukt (hier setzten die Förderinstrumente für Bioenergie und Biokraftstoffe an) – auf Ebene der Zwischenprodukte (in der Chemie sog. „Building Blocks“), bevor die Entscheidung gefallen ist, ob das Zwischenprodukt schließlich stofflich oder energetisch genutzt wird. Hierdurch würde eine vollständige Gleichbehandlung der Sektoren erzielt: Welche Branche die preisreduzierten Building Blocks (z. B. Bioethanol) tatsächlich nutzt, wird dann von der Technologieentwicklung und den Märkten bestimmt.

Das Ziel ist nicht die Einführung neuer Förderkulissen, sondern die Reduzierung der Marktverzerrung durch die einseitige Förderung von Bioenergie und Biokraftstoffen durch eine sog. „Marktverzerrungs-Kompensation“ („Market Distortion Compensation“), die Unternehmen der stofflichen Branchen beantragen können. Die Kompensationszahlung soll zu gleichen Teilen an Lieferanten und Abnehmer der biobasierten Bausteine gehen, Antragsteller sind beide gemeinsam. Der Abnehmer hat nachzuweisen, dass der Building Block in seiner Produktion für biobasierte stoffliche Produkte eingesetzt wurde.

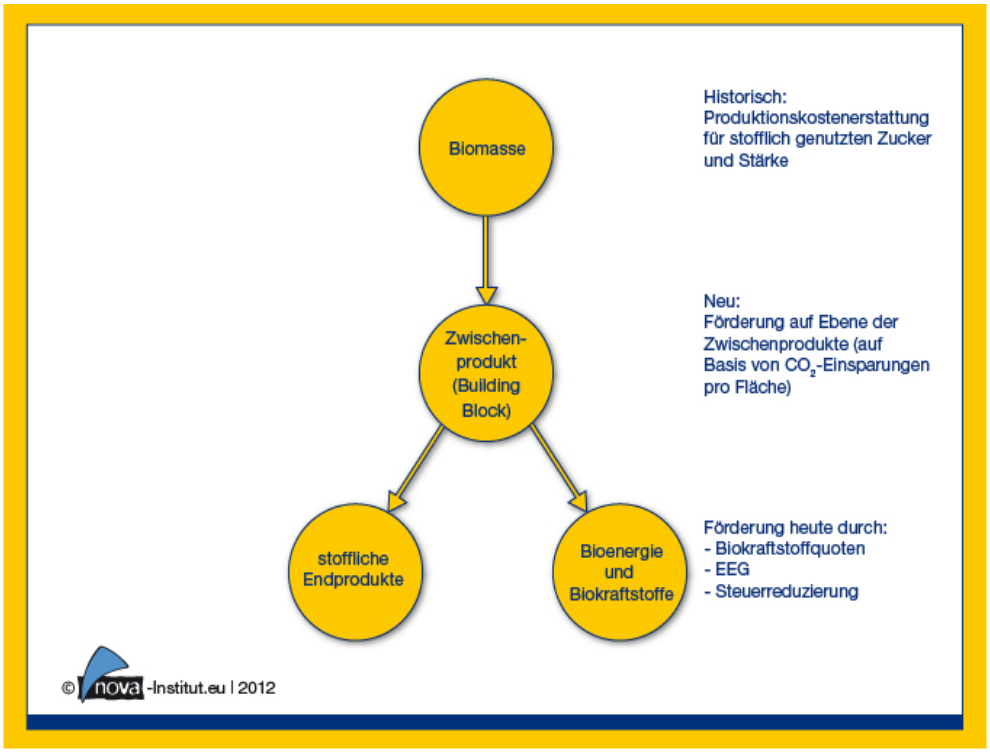
Abbildung 66 bis Abbildung 69 zeigen das Konzept am Beispiel von Bioethanol. Alle anderen biobasierten Chemikalien wie z. B. Bernstern- oder Milchsäure, können auf Basis ihres Brennwerts in Bioethanol-Äquivalente umgerechnet und dann ebenso finanziell unterstützt

werden. Dies wäre der einfachste und pragmatischste Weg einer Umrechnung. Umweltpolitisch wäre eine Berechnung auf Basis vermiedener THG-Emissionen vorzuziehen, die allerdings komplizierter rechtssicher zu gestalten ist als eine Umrechnung auf Basis von Brennwerten.

Erste Präsentationen dieses neuen Konzepts stießen auf sehr positive Resonanz. Eine Ausarbeitung des Konzepts hat gezeigt, dass eine Preisstützung für die stoffliche Nutzung in gleicher Höhe wie die Förderung der energetischen Nutzung zu groß wäre und den Building Block für einen zu niedrigen Preis zur Verfügung stellen würde. Deshalb wird vorgeschlagen, stofflich genutzte Building Blocks mit der Hälfte der Preisstützung zu fördern, welche die energetischen Nutzungen momentan erhalten.

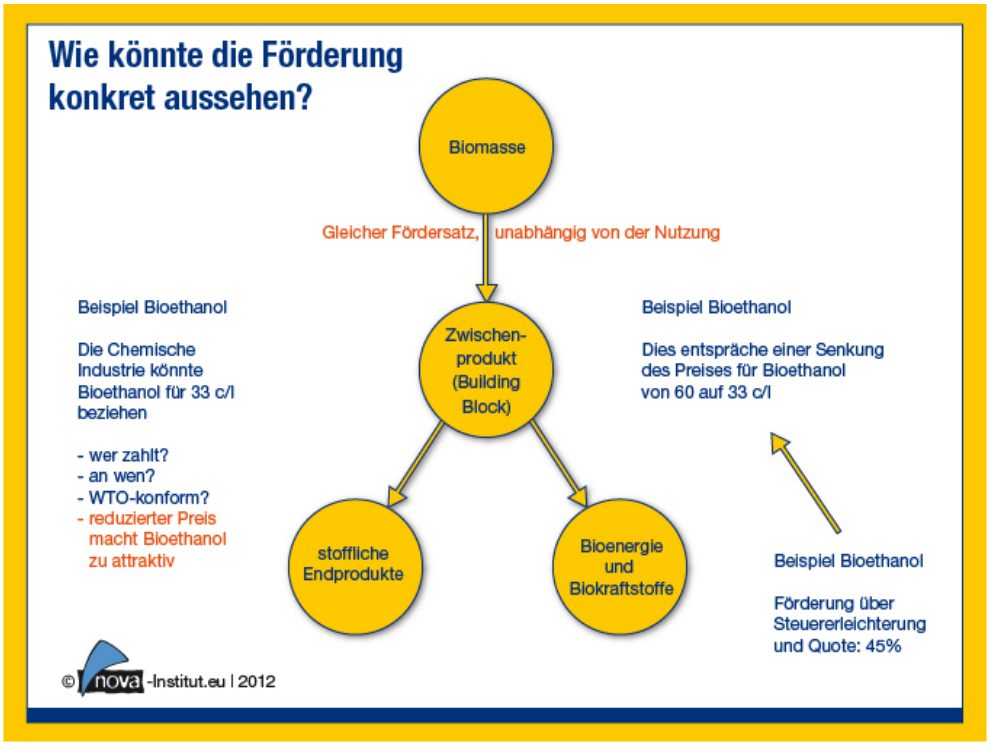
Die folgenden Grafiken und zugehörigen Beschreibungen erläutern das Konzept näher.

Abbildung 66: Förderungsmöglichkeiten auf verschiedenen Ebenen der Produktverarbeitung.



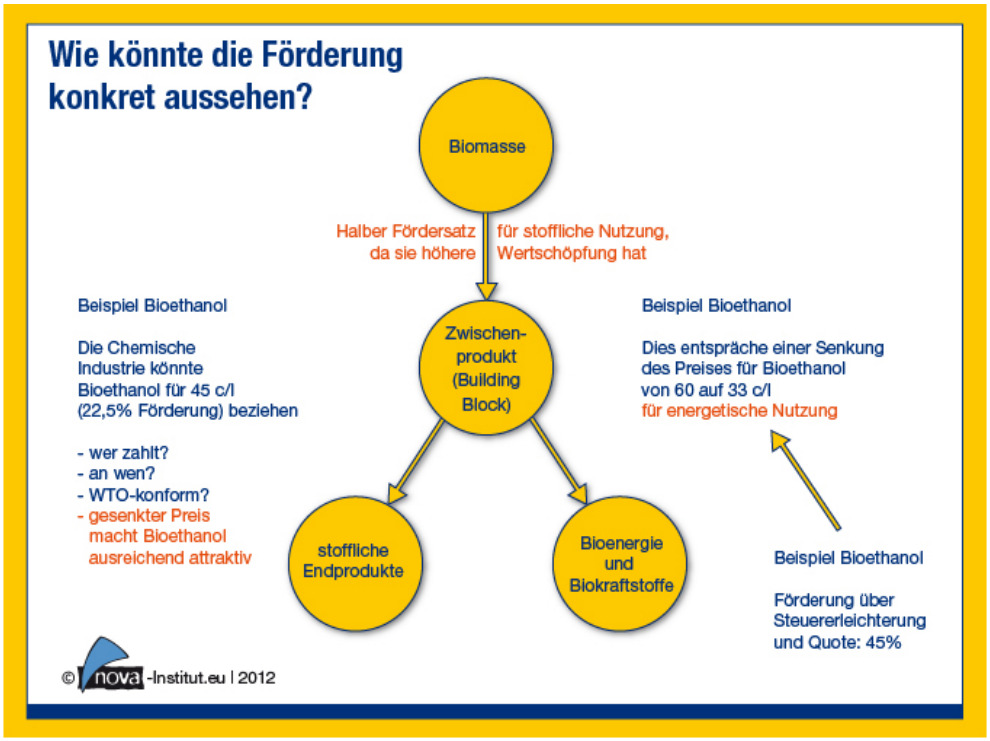
Neu: Förderung auf Ebene der Zwischenprodukte („Building Blocks") zur vollständigen Gleichbehandlung beider Sektoren (nova-Institut 2013)

Abbildung 67: Förderung auf Zwischenproduktebene I



Gleiche Förderhöhe für stofflich und energetisch genutzte Building Blocks. Problem: Die Building Blocks, hier am Beispiel von Bioethanol dargestellt, werden für die chemische Industrie zu attraktiv, da die „höherwertige" stoffliche Nutzung gegenüber der energetischen Nutzung nur etwa die halbe Förderung benötigt, um wettbewerbsfähig zu sein. Die geringere Wertschöpfung von Bioenergie und Biokraftstoffen muss somit für eine Marktetablierung durch eine höhere Förderung kompensiert werden. (nova-Institut 2013)

Abbildung 68: Förderung auf Zwischenproduktebene II



Stofflich genutzte Building Blocks erhalten die Hälfte der Förderhöhe wie energetisch genutzte Building Blocks. Dies könnte die stoffliche und energetische Nutzung etwa gleich attraktiv machen. Die Fragen, die hier offen bleiben sind: Ist dieser Weg WTO-konform gestaltbar? Wie kann die Förderung auf Building-Block-Ebene de facto realisiert und finanziert werden? (nova-Institut 2013)

Abbildung 69: Förderung auf Zwischenproduktebene III



Energetische Nutzungen erhalten die gleichen Förderungen wie heute auch schon, stofflich genutzte Building Blocks erhalten eine Förderung in der Hälfte der Förderhöhe, ausgezahlt auf Building-Block-Ebene. Diese Förderung wird als

„Marktverzerrungsausgleich" bezeichnet und soll die stoffliche und energetische Nutzung der Zwischenprodukte ähnlich attraktiv machen. (nova-Institut 2013)

In den Experten-Diskussionen konnte jedoch bisher keine Lösung für eine Finanzierung des „Marktverzerrungsausgleichs" gefunden werden. Die einfachste Lösung – eine direkte Finanzierung aus dem Steueraufkommen – ist politisch nicht opportun. Der politische Trend in Deutschland ist, den Haushalt zu entlasten und Förderungen unmittelbar auf den Verbraucher umzulegen wie bei EEG und Biokraftstoffquotengesetz geschehen. Eine Finanzierung z. B. aus dem EEG ist ebenso wenig vermittelbar: Dann würden die Strompreise weiter steigen, um den Einsatz von Biomasse in der Chemischen Industrie zu fördern.

Dennoch konnte eine Lösung für die Gleichbehandlung auf Building-Block-Ebene gefunden werden: Der in Abschnitt I.1 EU/RED vorgestellte Reformvorschlag für die RED erzielt die gewünschte Gleichbehandlung ohne eine direkte finanzielle Unterstützung und zwar durch die Option, die Quoten für erneuerbare Energien auch durch biobasierte Chemikalien und Kunststoffe erfüllen zu können. Somit werden zwei der favorisierten Instrumente zu einem vereint.

III.4 Förderung Information & Kommunikation (Kampagnen und Labeling für die Öffentlichkeit, Normung und Standardisierung für die Industrie, Marktforschung, Kommunale Beratung, Produktlisten etc.)

Im Bereich Information und Kommunikation gibt es einige sinnvolle Maßnahmen, die zum Teil auch schon umgesetzt werden. Dazu gehören sowohl Informationsmaßnahmen, die den Verbraucher und die Öffentlichkeit im Blick haben, aber auch der Austausch zwischen den Akteuren der Industrie. Konkret könnten dies sein:

- *Informationskampagnen für Verbraucher* können die Nachfrage nach biobasierten Produkten stärken, wenn sie die Verbraucher über die ökologischen Vorteile von biobasierten Produkten informieren.
- *Offizielle Labels/Kennzeichnungen* für biobasierte Produkte würden die öffentliche Wahrnehmung und das Vertrauen in solche Produkte erheblich stärken und damit Markteinführung und –etablierung erheblich unterstützen.
- *Produktlisten für biobasierte Produkte* für den öffentlichen Einkauf, Unternehmen und Privatleute (wie das in den USA von USDA entwickelte BioPreferred® Catalog).
- *Kommunale Beratung:* Die öffentliche Hand könnte als Vorbild für Konsumenten dienen, wenn sie in ihren Beschaffungstätigkeiten Umwelt- und Nachhaltigkeitsaspekte stärker berücksichtigen und verstärkt biobasierte Produkte wählen würde. In einigen Kommunen sind auch bereits Veränderungen erkennbar: Unterstützt durch Beratung von Seiten der FNR gibt es in Niedersachsen bereits einige Bestrebungen, den öffentlichen Einkauf umweltfreundlicher zu gestalten und biobasierte Produkte stärker zu berücksichtigen.
- *Informationskampagnen für die Industrie/Datenbanken* können es interessierten Firmen deutlich leichter machen, mehr darüber zu erfahren, welche Möglichkeiten es für den Einsatz von z. B. Biowerkstoffen gibt. Auch ein Informationsaustausch über Messen, Fachkongresse etc. ist sinnvoll.
- *Innovation und Wissenstransfer in die Praxis fördern* – durch die Bildung und Unterstützung von Netzwerken zur Bündelung der Kompetenzen und Aktivitäten sowie zum Wissensaustausch und -transfer, z. B. zwischen Forschungseinrichtungen und Industrie.

- *Normung und Standardisierung von biobasierten Produkten* wird inzwischen in Brüssel bei CEN und im DIN-Spiegelausschuss behandelt und ist in den USA bereits weit entwickelt.

Vor allem die Notwendigkeit eines „offiziellen" Labels, das beim Verbraucher und der Industrie Vertrauen schafft, wurde von den Experten besonders hervorgehoben. Dabei wurde deutlich, dass in Europa Umweltfreundlichkeit und Nachhaltigkeit für ein Label eine größere Rolle spielen werden, als dies bei dem US-amerikanischen BioPreferred-Programm der Fall ist. Der Umweltvorteil sollte eine wichtige Grundvoraussetzung für ein solches Label sein, allerdings sollte auch die Praktikabilität bei der Einführung berücksichtigt werden.

8.2.2 „Kleine" Maßnahmen, die relativ schnell und mit wenig Aufwand umgesetzt werden könnten

Für die Reform von RED, EEG und Biokraftstoffquote wurde u. a. vorgeschlagen, nicht nur Vertreter des energetischen Sektors, sondern auch Vertreter des stofflichen Sektors bei der Gestaltung von neuen Regelungen (z. B. Einbeziehung neuer Rohstoffe) oder bei Veränderungen von Gesetzen, die die biobasierte Wirtschaft betreffen, einzuladen und anzuhören. Dies ist eine Forderung, die ohne große Probleme umgesetzt werden könnte.

Weitere Maßnahmen werden erläutert:

I.3 D/Marktanreizprogramm (MAP): Schrittweiser Abbau der Förderung von Holzpellet-Öfen für Privathaushalte und gewerbliche Objekte

Das Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) fördert Wärmeerzeugung durch Biomasseanlagen (Holzpellet-Öfen, Pellet-Kessel, Hackschnitzel-Kessel und Scheitholzvergaser-Kessel) in 1- und 2-Familienhäusern, in Mehrfamilienhäusern sowie in gewerblichen und öffentlichen Gebäuden mit bis zu 3.600 Euro. Dies setzt den Holzmarkt weiter unter Druck und führt zu erheblichen Preissteigerungen für den Rohstoff. Eine schrittweise Kürzung dieser Förderung könnte die Konkurrenz um Holz zwischen dem stofflichen und energetischen Sektor deutlich entschärfen.

I.4 D/Reduzierte Umsatzsteuer für Brennholz: Abbau der reduzierten Umsatzsteuer für die energetische Nutzung von Holz

Aktuell wird Brennholz mit einer reduzierten Umsatzsteuer von 7 % gehandelt: Laut §24 UStG gilt der reduzierte Umsatzsteuersatz für „Holz, und zwar a) Brennholz in Form von Rundlingen, Scheiten, Zweigen, Reisigbündeln oder ähnlichen Formen (Unterposition 4401 10 00), b) Sägespäne, Holzabfälle und Holzausschuss, auch zu Pellets, Briketts, Scheiten oder ähnlichen Formen zusammengepresst (Unterposition 4401 30)". Dies verschafft der energetischen Nutzung von Holz gegenüber der stofflichen Nutzung enorme Vorteile. Um einen fairen Wettbewerb der beiden Sektoren zu ermöglichen, sollten die Steuervorteile für Brennholz abgeschafft werden.

II.4 Öffnen sämtlicher Regularien, Programme und Fördersysteme der energetischen Nutzung für die stoffliche Nutzung

Momentan existiert eine Vielzahl von Programmen und Regularien, die erneuerbare Energien fördert, einschließlich der energetischen Nutzung von Biomasse. EU-Fonds, Bundesministerien, Bundesländer und Kommunen stellen Fördermittel zur Verfügung, um die energetische Nutzung von Biomasse zu fördern. Bei der Neugestaltung solcher Programme sollte sichergestellt werden, dass auch die stoffliche Nutzung von NaWaRo berücksichtigt wird.

Möglich und sinnvoll wäre dies zum Beispiel bei ländlichen Entwicklungsprogrammen oder Programmen zum nachhaltigen Bauen: Anstatt ausschließlich Pellet-Öfen oder energetische

Sanierungen zu fördern, könnten auch Baustoffe aus NaWaRo besonders einbezogen und finanziell unterstützt werden. Sie sparen meist schon in der Produktionsphase erheblich an Energie und Treibhausgasemissionen ein.

Ebenso wäre es denkbar, die Öko-Design-Richtlinie auszuweiten, welche das Ziel verfolgt, die Umweltbelastungen von Produkten über den gesamten Lebenszyklus durch verbessertes Produktdesign zu mindern, sodass sie die insgesamt bessere Umweltbilanz von biobasierten Produkten mit berücksichtigt und nicht nur den Energieverbrauch der fertigen Produkte. Eine Ausweitung der Richtlinie von „energiebetriebenen Produkte“ auf „energieverbrauchsrelevante Produkte“ ist bereits in der Novellierung der Richtlinie von November 2009 geschehen. Eine Ausformung der Öko-Design-Richtlinie in diese Richtung würde aber entweder in eine verpflichtende Durchführungsmaßnahme oder eine Selbstregulierung münden. Ersteres ist vergleichbar mit einer Quotenregelung, die für den stofflichen biobasierten Markt als schwierig eingeschätzt wird (s. III.2 Zielvorgaben/Quoten). Letzteres würde zu freiwilligen Selbstverpflichtungen führen, die als nicht besonders wirkungsvolles Instrument eingeschätzt und deshalb in diesem Projekt nicht weiter verfolgt werden (s. III.7 Freiwillige Selbstverpflichtungen).

III.3 Markteinführungsprogramme

Markteinführungsprogramme können geeignete Instrumente sein, um neue Produkte und Technologien am Markt zu etablieren. Sie helfen dabei, Informationsdefizite beim Verbraucher abzubauen, um so die Hemmschwelle zur Nutzung einer neuen Technologie zu überwinden und insgesamt Skaleneffekte in der Produktion zu erzielen. Oft beinhalten diese Markteinführungsprogramme auch einen finanziellen Zuschuss für diejenigen, die in die neue Technologie, bzw. den Einsatz der entsprechenden Produkte investieren.

Für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen gab es bisher zum Beispiel Markteinführungsprogramme des BMELV für „biogene Schmierstoffe“ und für „Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen“. Beide Produktgruppen konnten sich aufgrund der Programme besser am Markt etablieren. Für weitere biobasierte Produkte, die Vorteile aus Umweltsicht bieten, könnten solche Maßnahmen eine wichtige Unterstützung sein.

III.5 Überarbeitung von nationalen und EU-weiten Rechtsvorschriften zur Überwindung von spezifischen Hemmnisse bzw. zur Förderung des Einsatzes (z. B. EU-Altautorichtlinie, Abfallrahmenrichtlinie, Besserstellung der Kaskadennutzung)

Mehrere Vorschriften und Verordnungen behindern den Einsatz von biobasierten Produkten in verschiedenen Zusammenhängen. An anderen Stellen wäre es möglich, biobasierte Produkte über gezielte Verordnungen zu fördern. Hier sollen nur drei Beispiele genannt werden.

Bioabfallverordnung (BioAbfV) und Düngemittelverordnung (DüMV): Lange ließen diese Regelungen nur solche Materialien als Input-Stoffe für die Abfallsammlung zu, die zu 100 % aus nachwachsenden Rohstoffen bestanden. Die meisten Biopolymere enthalten aus technischen Gründen abbaubare, petrochemische Zusatzstoffe und waren daher von der Sammlung ausgeschlossen. In der Neufassung der DüMV vom August 2008 gelten jedoch alle biologisch abbaubaren Stoffe, unabhängig von ihrer Herkunft – nachwachsend oder fossil – als akzeptable Fremdbestandteile. Ursprünglich war von der Bundesregierung auch für die Novellierung der Bioabfallverordnung (BioAbfV) geplant, Kunststoffe aus überwiegend nachwachsenden Rohstoffen und Verpackungen aus Kunststoffen weitestgehend mit einzuschließen, dies ist jedoch vom Bundesrat gestoppt worden. Begründet wurde der Ausschluss von Kunststoffverpackungen aus überwiegend nachwachsenden Rohstoffen mit der Gefahr von Fehlwürfen durch die Verbraucher. Eine Studie des Umweltbundesamts kam

außerdem zu dem Ergebnis, dass Plastiktüten aus Biokunststoffen insgesamt keine ökologischen Vorteile gegenüber den herkömmlichen Verpackungsmaterialien haben (UBA 2012).

EU-Altauto-Richtlinie und ihre nationalen Konkretisierungen (Deutschland: Altautogesetz): Hier wurden bereits verschiedene Quoten für die stoffliche, bzw. energetische Verwertung festgelegt. Ohne großen Aufwand könnte hier eine Sonderregelung für nachwachsende Rohstoffe integriert werden, die z. B. vorsieht, dass der NaWaRo-Anteil im Fahrzeug automatisch der stofflichen Verwertungsquote zugerechnet wird, unabhängig vom konkreten Verwertungspfad. Dies würde für die Automobilindustrie den Einsatz von Biowerkstoffen attraktiv machen, und somit verstärkt fossile Bauteile ersetzen, die insgesamt ökologisch schlechter abschneiden.

Verpackungsverordnung (VerpackV): Bei einer Überarbeitung der Verpackungsverordnung auf europäischer Ebene wäre es möglich, technisch rezyklierbare Biokunststoffe besserzustellen, indem zum Beispiel biobasierte Verpackungsanteile Rezyklaten gleichgestellt werden. Dies wäre vor allem sinnvoll, bis der Marktanteil biobasierter Kunststoffe groß genug geworden ist, dass der Aufbau einer eigenen Recyclingindustrie wirtschaftlich ist.

Öffentlicher Einkauf: Gebot zur Bevorzugung von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen beim Einkauf in der öffentlichen Beschaffung. Der Staat kann durch die Bevorzugung von Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen in der öffentlichen Beschaffung eine Vorreiterrolle erfüllen und damit einerseits Anreize schaffen für die Produzenten sowie andererseits auch Verbraucher informieren. In den USA gibt es bereits seit 2002 eine solche Weisung („BioPreferred Program“), die den Kommunen und anderen öffentlichen Stellen empfiehlt – wenn wirtschaftlich vertretbar – ihre Einkäufe anhand einer überprüften Liste von rund 15.000 biobasierten Produkte zu tätigen. Die dortigen Erfahrungen mit der Umsetzung der Weisung sollten berücksichtigt werden, soweit die Umweltvorteilhaftigkeit der Produkte gegeben ist.

In Deutschland wird speziell bemängelt und als Hemmnis gesehen, dass die rechtlichen Voraussetzungen für eine solche Liste nicht gegeben sind (z. B. fehlt schon eine anerkannte Kennzeichnung biobasierter Produkte).

III.6 Gebote & Verbote (z. B. zur Förderung von Bioschmierstoffen oder Kaskadennutzung)

Konkrete Verbote und Gebote, die gezielt eingesetzt werden, verursachen nur geringe Kosten für den Gesetzgeber, können aber erhebliche Effekte haben. Beispiele sind Verbote von Einkaufstüten aus Kunststoff (teilweise direkt kombiniert mit der expliziten Zulassung biologisch abbaubarer Einkaufstüten), die mittlerweile in über 40 Städten und sogar knapp 15 Ländern (z. B. Italien) und Regionen umgesetzt wurden, sowie das Gebot von Bioschmierstoffen in sensitiven Naturräumen für z. B. Sägen oder Motorboote. Ein Gebot der Kaskadennutzung, bzw. ein Verbot der direkten energetischen Nutzung von bestimmten Biomassen wäre eine weitere Option.

Da Gebote und Verbote einen erheblichen Markteingriff bedeuten, sollte dieses starke Instrument nur mit großer Sorgfalt und unter Bewertung möglicher Nebeneffekte und Marktverzerrungen eingesetzt werden.

So machen Einkaufstütenverbote vor allem in solchen Ländern Sinn, die über kein relevantes Kunststoffrecycling verfügen und große Teile der Einkaufstüten in die Umwelt entsorgen.

Gebote für das öffentliche Beschaffungswesen können dagegen durchaus sinnvoll sein (siehe III.5).

8.2.3 Instrumente, die mittelfristig umgesetzt werden könnten

I.2 EU/ETS (Emissions Trading System): Vermeidung von negativen Nebeneffekten des ETS-Zertifikatehandels (Ko-Feuerung von Holz in Kohlekraftwerken)

Da die CO_2-Emissionsrechte für die Stromerzeugung ab dem Jahr 2013 vollständig ersteigert werden müssen, prüfen Energiekonzerne derzeit den Einsatz von holzartiger Biomasse zur Mitverbrennung (Ko-Feuerung) in Kohlekraftwerken, denn für die eingesetzte Biomasse müssen keine Emissionszertifikate erworben werden. Perspektivisch könnten hier bis zu 50% der Kohle durch Holz ersetzt werden, das damit dem stofflichen Bereich entzogen wäre. Mittlerweile hat sich ein breites Bündnis aus Holzindustrie und Umweltschutz gegen die Pläne der Ko-Feuerung gebildet, zu dem u. a. auch die AGR, das Forum Umwelt und Entwicklung und der Deutsche Naturschutzring gehören. Sie kritisieren, dass eine solche Verwendung von Holz ineffizient, auf lange Sicht klimaschädlich und nicht nachhaltig sei. Zudem würden Stromerzeuger so nicht nur die Kosten für die CO_2-Zertifikate sparen, sondern über die Einspeisevergütung aus dem EEG eine zusätzliche Doppelförderung erhalten.

Es ist unklar, wie hier Abhilfe geschaffen werden könnte. Eine Einbeziehung der stofflichen Nutzung in das ETS könnte den Druck zumindest etwas verringern, es ist allerdings zweifelhaft, wie groß die finanziellen Effekte wären. Auch ein gesondertes Verbot scheint in der aktuellen politischen Lage unwahrscheinlich. Zumindest die Doppelförderung über das EEG sollte aber vermieden werden.

Für weitergehende Informationen zum ETS siehe II.5.

II.3 EU/GAP erste und zweite Säule, Gleichstellung der energetischen und stofflichen Nutzung. Neue Rahmenbedingungen für Zuckerrübe (Quote, Mindestpreis, Out-of-Quota) zur leichteren industriellen Nutzung.

Die Ungleichbehandlungen von energetischer und stofflicher Nutzung von Biomasse, die in der ersten Säule der GAP bis 2008 bestanden (Ungleichbehandlung von Stilllegungsflächen sowie Energiepflanzenprämie), sind mittlerweile überwunden.

In der zweiten Säule der GAP besteht die Ungleichbehandlung zurzeit jedoch noch fort. Während die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe nach der aktuellen Fassung unmittelbar durch die Direktzahlungen der zweiten Säule finanziell unterstützt werden kann, ist dies für die stoffliche Nutzung nur mittelbar möglich, wenn Anbau und Nutzung nachweisbare Vorteile für Klima-, Wasserschutz oder Biodiversität erbringen.

Allerdings wird auch hier Bewegung erkennbar: Im aktuell vorliegenden Reformvorschlag der GAP finden sich Ungleichbehandlungen dieser Art nicht mehr wieder. Alle Regelungen, die die energetische oder stoffliche Nutzung betreffen, behandeln beide Sektoren erstmalig in gleicher Art und Weise. In der GAP soll die Bereitstellung der Biomasse möglichst unabhängig von späteren Anwendungen geregelt werden, um Marktverzerrungen zu vermeiden. Momentan wird der Reformvorschlag noch diskutiert und mit einer schnellen Verabschiedung ist nicht zu rechnen. Die geplanten Änderungen werden voraussichtlich erst 2014 wirksam.

Da gerade die Zuckerrübe ein besonders geeigneter Rohstoff für die stoffliche Nutzung in Chemie und biobasierten Kunststoffen darstellt und auch in Bezug auf Flächeneffizienz und Ökologie gute Daten zeigt, sollte geprüft werden, ob das EU-Zuckerregime nicht überarbeitet und besser auf eine industrielle Nutzung ausgerichtet werden kann.

Darüber hinaus sind mittlerweile auch Forderungen von Industrieverbänden geäußert worden, innerhalb der GAP-Reform ein spezielles Programm zur finanziellen Unterstützung von Sammlung, Ernte, Speicherung und Transport für industriell genutzte Agrarbiomasse und

speziell Agrarnebenprodukte zu entwickeln (EuropaBio 2012). Dies könnte ein wirksamer Schritt sein, um die bisherige Benachteiligung der stofflichen Nutzung in der GAP auszugleichen.

Einige Agrarexperten sprechen im Zusammenhang mit der Förderung von Bioenergie und Biokraftstoffen von einer unzulässigen Doppelförderung, zum einen durch die 1. Säule der GAP (Direktzahlungen) und zum anderen durch die Förderung über EEG oder Biokraftstoffquotengesetz. Hierdurch würde die Biomasse unrechtmäßig zweifach gefördert und prinzipiell müsste sich die jeweilige Branche für jeweils eine Förderung entscheiden. Dies könnte dazu genutzt werden, das gesamte Fördersystem im Sinne einer Gleichstellung der stofflichen und energetischen Nutzung zu überarbeiten.

II.5 EU/ETS (Emissions Trading System): Vollständige Integration der stofflichen Nutzung in den CO_2-Handel

Die stoffliche Nutzung von NaWaRo ist mit ihren positiven Effekten für das Klima bisher nur unvollständig in den CO_2-Zertifikate-Handel eingebunden. Allein für den Energieeinsatz in der Produktionsstufe der Verarbeitung können positive Effekte von stofflichen Nutzungen für den CO_2-Handel angerechnet werden, wenn sie weniger Energie verbrauchen als die fossilen Alternativen.

Positive Effekte durch die Substitution fossiler Produkte werden dagegen ebenso wenig berücksichtigt wie die CO_2-Speicherung in der Nutzungsphase. Das Produkt kann am Ende seines Lebenszyklus entweder erneut stofflich (Recycling) oder thermisch genutzt werden (Substitution fossiler Energieträger).

Diese CO_2-sparenden Effekte der stofflichen Nutzung von NaWaRo sind bisher noch nicht im CO_2-Zertifikate-Handel berücksichtigt, u. a. da sich die Umsetzung als recht komplex erweisen dürfte. Dies soll sich zumindest für den Bereich Holz aber bald ändern: Die UN-Klimarahmenkonvention (UNFCCC) hat auf der Konferenz der Vertragsstaaten 2011 in Durban beschlossen, dass Holzprodukte (Harvested Wood Products) ab der zweiten Verpflichtungsperiode unter dem Kyoto-Protokoll – also ab 2013 – anrechenbar sein sollen[78]. Jedoch werden auch hier noch für die nationalen und regionalen Umsetzungen einige Hindernisse zu überwinden sein (s. AP7, Kapitel 7.12).

II.6 EU/D: Investitionsbeihilfen/Direkte finanzielle Unterstützung

Direkte finanzielle Unterstützungen, wie es sie für erneuerbare Energien mittlerweile in den verschiedensten Formen gibt, könnten einen wichtigen Anreiz für Firmen darstellen, um in die stoffliche Nutzung von NaWaRo zu investieren. Besonders für KMUs könnten solche Beihilfen eine große Unterstützung sein, da sie die langfristigen finanziellen Verpflichtungen, die durch Neuentwicklungen entstehen, oft nicht alleine tragen können.

In anderen Ländern wurde diese Notwendigkeit bereits erkannt: Im Fahrplan zur Bioökonomie, den die Regierung der USA im April 2012 veröffentlichte, werden Investitionen in die Forschung und in den Transfer vom Labor in die Industrie als die ersten zwei von fünf strategischen Standbeinen genannt, um die Bioökonomie zu stärken. Besonders wichtig ist u. a. die Förderung von Demonstrations- und Pilotanlagen. Selbst eine kommerzielle Biotechnologie-Anlage, sofern sie die erste ihrer Art ist, kann erhebliche Zuschüsse vom Staat erhalten.

[78] Vgl. UNFCCC 2010, Section „Harvested Wood Products“, Option 2. Zu diesem Thema gibt es ausführliche Forschungsarbeiten vom von-Thünen-Institut, s. u. a. Rüter 2011 und 2012.

Auch in Asien gibt es ähnliche Initiativen: Thailand, Malaysia, Japan, Südkorea, Singapur und China investieren Milliarden in die Entwicklung von Biotechnologien und bieten Firmen, die in diesen Gebieten forschen und investieren wollen, attraktive steuerliche Vergünstigungen an.

Wichtig sind auch die Public Private Partnerships (PPP), bei denen sich der öffentliche Sektor und die Industrie die Investitionen teilen. Ein solches PPP wird aktuell zwischen EU Kommission/DG Research and Innovation und der Industrie für den F&E-Sektor ausgearbeitet.

Denkbar wäre außerdem, ein eigenes Finanzinstitut zu schaffen, das Risikokapital zu relativ einfachen Bedingungen zugänglich macht für Firmen (insbesondere KMUs), die Investitionen in Neuentwicklungen von biobasierten Produkten tätigen wollen.

II.7 Förderung F&E – inkl. Daten zu Produktion und Märkten

Eine Förderung der Forschung und Entwicklung durch staatliche Forschungs- und Entwicklungsprogramme erfolgt im stofflichen Bereich seit den 1980er Jahren und ist weiterhin erforderlich, da es immer noch erheblichen (prozess-)technischen Nachhol- und Optimierungsbedarf gibt. Ziele sind u. a. die Optimierung der gesamten Prozesskette, die Verbesserung von Eigenschaften, die Ausweitung der Anwendungsgebiete, die Entwicklung von Normen und Standards sowie die Kostenreduktion.

Durch die jahrzehntelange Fokussierung der Industrie auf fossile und mineralische Rohstoffe gab und gibt es hier erheblichen Nachholbedarf. Gerade weil Biomasse und Biowerkstoffe andere Eigenschaften als fossile und mineralische Roh- und Werkstoffe mitbringen, sind erhebliche Anpassungen in der Prozesskette erforderlich, bzw. eine entsprechende Anpassung der Biomasse und Biowerkstoffe an existierende Prozessketten. Das Ausmaß dieser notwendigen Modifizierungen liegt in der Regel deutlich höher als im Bioenergiebereich, deswegen wäre selbst eine ausgeglichen hohe Förderung des F&E Bereichs für energetisch und stofflich nicht im eigentlichen Sinne „fair“ – vielmehr würde eine Aufteilung, die den stofflichen Sektor stärker berücksichtigt als den energetischen, zu einem Aufholen der stofflichen Nutzung und so auch zu mehr Innovation und Wertschöpfung führen.

Zur Förderung von Forschung und Entwicklung liegen umfassende Vorschläge z. B. vom Bioökonomierat vor (Bioökonomierat 2009-2012); auch in der Hightech-Strategie der Bundesregierung ist Forschung zu nachwachsenden Rohstoffen als Alternative zum Öl verankert (BMBF 2012).

Neben den klassischen naturwissenschaftlichen und technischen F&E-Arbeiten fehlen auch Daten zu Märkten, Produktionskapazitäten, eingesetzter Biomasse und einheitlichen Systemen der Umwelt- und Nachhaltigkeitsbewertung. Die Forschung sollte diese Themen verstärkt mit erfassen, da sie für Investitionsentscheidungen maßgeblich sein können.

III.1 Steuerpolitische Instrumente (Teil 1)

Es sind verschiedene steuerpolitische Instrumente denkbar, die die stoffliche Nutzung von NaWaRo begünstigen könnten.

a) Eine Verpackungssteuer, die unterschiedlich hoch ist je nach Umweltfreundlichkeit des eingesetzten Materials, wie es in den Niederlanden und Belgien umgesetzt ist und gerade bei Verpackungen der großen Handelsketten Effekte zeigt.

Die praktische Umsetzung ist allerdings recht komplex und neuesten Informationen nach soll diese gestaffelte Verpackungssteuer in den Niederlanden wieder abgeschafft werden.

8.2.4 Instrumente, deren Umsetzung aus verschiedenen Gründen nicht angestrebt wird

II.1 Subventionslösungen auf der Wertschöpfungsstufe der Erstverarbeitung/Basisförderung über Produktionskostenerstattung auf Basis vermiedener CO_2-Emissionen (Finanzierung über modifiziertes EEG?)

Diese Förderinstrumente setzen direkt bei den Rohstoffkosten an, um die stoffliche Nutzung durch kostenreduzierte Rohstoffe mit der energetischen Nutzung gleichzustellen, die aktuell auf Seiten der Endanwendung gefördert wird (diese Förderung könnte dann auch auf eine Rohstoff-Förderung umgestellt werden).

Produzenten, die ein stoffliches Produkt oder Energie aus Biomasse herstellen, könnten die Kosten für ihre Rohstoffe teilweise erstattet bekommen (Produktionskostenerstattung, engl. „refund"). Diese Förderung wurde in der EU für Zucker und Stärke, die in der chemischen Industrie verwendet wurden, jahrzehntelang praktiziert, mittlerweile aber komplett abgeschafft. Eine Wiedereinführung auf EU-Ebene gilt als kaum vorstellbar.

Carus et.al. 2010 schlagen dennoch vor, es für die stoffliche Nutzung von NaWaRo wieder einzuführen und bewerten eine solche Veränderung der Förderlandschaft potenziell als besonders wirkungsvoll. Die Höhe der Produktionskostenerstattung soll dabei auf Basis von vermiedenen CO_2-Emissionen pro Anbaufläche angesetzt und über ein erweitertes EEG ausgezahlt werden. Der Vorschlag wurde bislang politisch nicht aufgegriffen und dies wird auch in absehbarer Zeit nicht erwartet.

III.1 Steuerpolitische Instrumente (Teil 2)

Es sind verschiedene steuerpolitische Instrumente denkbar, die die stoffliche Nutzung von NaWaRo begünstigen könnten, die aber aus unterschiedlichen Gründen nicht näher verfolgt werden.[79]

(b) Eine Lenkungssteuer auf die stoffliche Nutzung von fossilen Kohlenstoffträgern: Bis jetzt ist die stoffliche Nutzung fossiler Kohlenstoffträger wie Erdöl und Erdgas nicht vom Energiesteuergesetz betroffen. Seit Jahren wird der Vorschlag diskutiert, die stoffliche Nutzung von Erdöl und Erdgas zu besteuern (Größenordnung: 2 Mrd. €), um der chemischen Industrie einen Anreiz zur Umstellung von der Nutzung fossiler auf nachwachsende Rohstoffe zu bieten. Dieser Ansatz entspricht auch den konstituierenden Axiomen der Umweltpolitik in Europa, nämlich dem Grundsatz, Umweltbeeinträchtigungen mit Vorrang an ihrem Ursprung zu bekämpfen, und dem Verursacherprinzip. Eine Umsetzung scheitert am Widerstand der chemischen Industrie, die einen Verlust ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit befürchtet und sich eine Besteuerung ihrer fossilen Rohstoffe nur mit weltweit einheitlichen Regeln vorstellen kann.

(c) Niedrigere Umsatzsteuer für Produkte ab einem bestimmten bio-basierten Anteil. Wie oben bereits erwähnt, wird Brennholz momentan mit einer reduzierten Umsatzsteuer von nur 7 % gehandelt, was der energetischen Nutzung von Holz gegenüber der stofflichen Nutzung Vorteile verschafft.
Denkbar wäre eine Ausweitung der Ermäßigung auf stofflich genutztes Holz und Agrarbiomasse, bzw. die auf diesen Rohstoffen basierenden Produkte ab einem gewissen biogenen Mindestanteil.

[79] Für ausführlichere Erläuterungen, weshalb die folgenden steuerlichen Instrumente als wenig realistisch eingeschätzt und deshalb nicht weiter verfolgt werden, s. Anhang 8 „Steuerliche Instrumente in der Prüfung".

Eine derartige Regelung ist aber aus europarechtlichen Gründen derzeit wenig realistisch, da die Umsatzsteuer innerhalb der EU eine harmonisierungspflichtige Steuer ist. Die Mitgliedstaaten können ermäßigte Steuersätze für bestimmte Güter und Dienstleistungen vorsehen, sofern die Ermäßigungen in die Felder fallen, die von der Mehrwertsteuer-Systemrichtlinie 2006/112/EG gestattet sind. Als wichtige, in der Praxis häufig strittige Nebenanforderung ist dabei zu berücksichtigen, dass aber gleichartige und (daher) im Wettbewerb stehende Güter und Dienstleistungen hinsichtlich der Umsatzsteuer nicht unterschiedlich behandelt werden dürfen.

Die Mehrwertsteuer-Systemrichtlinie in ihrer gegenwärtigen Form ermöglicht *keine* Begünstigung von Gütern und Leistungen, die sich durch ihre besondere Umweltfreundlichkeit auszeichnen. Eine dahingehende Änderung der Mehrwertsteuer-Systemrichtlinie wäre vonnöten. Die Europäische Kommission hat hierzu den Richtlinienvorschlag KOM (2008) 428 vorgelegt, in dem – neben konkreten Vorschlägen für weitere, nicht umweltbezogene Ermäßigungsfelder – zu prüfen angekündigt wurde, ob eine Ausweitung der ermäßigten Besteuerung auf energiesparende Werkstoffe und andere umweltfreundliche Produkte zweckmäßig ist. Die Analyse kommt zu sehr skeptischen Schlussfolgerungen bzgl. Tauglichkeit von Umsatzsteuerermäßigungen als Instrumente des Klima- und Umweltschutzes. In der Konsequenz dieser Studie und des darauf folgenden Diskurses hat die Europäische Kommission offenbar den Gedanken fallen gelassen: In einem aktuellen Konsultationspapier (vgl. KOM TAXUD/C1, 2012) wird nur noch die Abschaffung von ermäßigten Steuersätzen bei umweltschädlichen Gütern und Leistungen thematisiert.

Zumindest aber sollte die Ungleichheit zwischen stofflicher und energetischer Nutzung überwunden und der Steuervorteil für Brennholz wieder abgeschafft werden (s. I.6).

d) Eine Deponiesteuer würde eine Vielzahl von biobasierten Produkten attraktiver machen, da sie die Herstellung von Produkten, die weder recycelbar noch biologisch abbaubar sind, bestraft, weil diese Produkte am Ende ihres Lebens auf einer Deponie oder in einer Müllverbrennungsanlage entsorgt werden müssen. Der Nutzung einer solchen Steuer in Deutschland steht allerdings entgegen, dass mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 29.02.2012 (und seinen Vorgängerregeln) ein regulatives Paradigma umgesetzt wird, das systematisch und auch rechtlich für Abgabenlösungen kaum Raum lässt. Die Einführung einer Deponiesteuer in diesem System würde einen „revolutionären“ Paradigmenwechsel erforderlich machen.

Ein weiterer Nachteil liegt darin, dass die Preislenkung erst bei der Entsorgung („dowstream“) ansetzt und es nicht ganz einfach sein dürfte, diese Lenkungswirkung auch auf die anderen Produktionsstufen („upstream“ und „midstream“) auszuweiten. Zudem hat sich die Politik bisher immer geweigert, solche Schritte umzusetzen.

III.2 Zielvorgaben/Quoten

Während bei Erneuerbaren Energien und speziell der energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe in der EU und den Nationalstaaten eine Reihe von Zielvorgaben in Form von Quoten existierten, ist eine entsprechende Festsetzung im Bereich der stofflichen Nutzung bislang nicht erfolgt.

Ausnahme ist die „Charta für Holz“, die das Ziel verfolgt, den Holzverbrauch pro Kopf in Deutschland bis zum Jahr 2014 gegenüber dem des Jahres 2004 um 20 % zu erhöhen. Dieses Ziel wurde bereits erreicht, allerdings primär durch die energetische Nutzung von Holz, gefördert durch das EEG.

Grundsätzlich wäre auch eine Zielvorgabe in Form einer Quote für die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe in bestimmten Branchen, Sektoren oder Anwendungen denkbar, die beispielsweise in x % einen Marktanteil festlegt, den Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen bis zu einer bestimmten Frist erreicht haben müssen. Bei der kaum überschaubaren Vielzahl an Einsatzgebieten nachwachsender Rohstoffe im stofflichen Bereich und teilweise geringen und teilweise auch sehr hohen Marktanteilen bei unterschiedlichen Anwendungen, wäre eine globale Quote eher kontraproduktiv. In jedem Fall müssten die Quoten branchen- oder anwendungsspezifisch sein. Dabei wären aber auch eine Vielzahl an sektoralen Quoten kompliziert und in der Praxis schwer zu handhaben – von unerwünschten Nebeneffekten ganz abgesehen. Hinzu kommt, dass viele Branchen (z. B. die chemische Industrie) Quoten und Zielvorgaben explizit ablehnen.

In manchen Bereichen wären allerdings Zielvorgaben und Quoten grundsätzlich vorstellbar und würden eine Rohstoffwende zu einer biobasierten Ökonomie erheblich beschleunigen: So könnte die Chemische Industrie ihren Anteil an Biomasse von heute ca. 13 % – bezogen auf die Gesamtmenge kohlenstoffhaltiger Rohstoffe – sicherlich noch erheblich erhöhen.

III.7 Freiwillige Selbstverpflichtungen

Während es in Deutschland bisher keine freiwilligen Selbstverpflichtungen von Industrie, Verbänden oder öffentlicher Institutionen im Bereich der stofflichen Nutzung gibt, finden wir solche in Großbritannien, den Niederlanden, Australien und Japan. Meistens beziehen sie sich auf den Verpackungsbereich.

Im Energiebereich sind entsprechende Selbstverpflichtungen immer wieder zu finden, so z. B. beim Verband der chemischen Industrie (VCI), der mehrere Selbstverpflichtungserklärungen über die Senkung energiebedingter CO_2 Emissionen veröffentlicht hat. Entsprechende Selbstverpflichtungen zur Senkung von CO_2-Emissionen durch den rohstofflichen NaWaRo-Einsatz fehlen.

Im Zusammenhang mit nachwachsenden Rohstoffen für die stoffliche Nutzung ist eine Vielzahl von freiwilligen Vereinbarungen denkbar, so z. B. die Bevorzugung von nachwachsenden Rohstoffen aus der Region oder bestimmte Zielquoten zum Einsatz von Biowerkstoffen in bestimmten Branchen; oder auch die Umstellung bestimmter Produktgruppen auf nachwachsende Rohstoffe. Möglich wären auch freiwillige Vereinbarungen zwischen stofflichen und energetischen Nutzern über Biomasse-Gesamtkonzepte und Kaskadennutzung.

Es gibt bisher keine Anzeichen, dass die Industrie in Deutschland dieses Instrument in Zukunft für den stofflichen Bereich nutzen wird.

Eine Ausnahme sind allerdings die Aktivitäten, die im Rahmen der Initiative „Nachhaltige Rohstoffbereitstellung für die stoffliche Biomassenutzung (INRO)“ von BMELV und FNR erfolgen. Hier wird zusammen mit der Industrie eine freiwillige Nachhaltigkeitszertifizierung für stofflich genutzte Biomasse diskutiert und konkrete Kriterien entwickelt, da die Kunden solche Nachweise mehr und mehr fordern.

Generell ist zu beobachten, dass freiwillige Selbstverpflichtungen oft dazu dienen, verbindlichen Vorgaben durch den Gesetzgeber zuvor zu kommen. Dies kann auch bei der stofflichen Nutzung erwartet werden, sobald die Politik ein starkes Förderregime für die stoffliche Nutzung aufzubauen beginnt.

8.3 Zusammenfassung

Das Spektrum der skizzierten Instrumente zeigt, dass es eine Vielzahl von Möglichkeiten gäbe, die stoffliche Nutzung von Biomasse zu fördern und die systematische Ungleichbehandlung der energetischen und stofflichen Nutzung aufzuheben. Neben den „kleinen" Instrumenten, die nach den Einschätzungen der Autoren relativ schnell und unproblematisch umgesetzt werden könnten, und den vermutlich wirksamen, aber nur mittelfristig umsetzbaren Instrumenten, haben sich vor allem zwei Instrumente herauskristallisiert, die besonders empfohlen werden: Eine Reform der RED sowie verstärkte Kommunikation und Information, inklusive Zertifizierung und Labeling. Der Vorschlag, die Förderung von Biomassenutzungen auf Zwischenproduktebene anzusetzen, ist als solcher zwar durchaus positiv bewertet worden, gilt als eigenes Instrument aber als schwer umsetzbar. Stattdessen wurde diese Idee in den zweiten Schritt der Reform der Renewable Energy Directive – die Weiterentwicklung zur Renewable Energy and Material Directive – integriert: Unabhängig davon, ob Ethanol stofflich oder energetisch genutzt wird, soll es zur Erfüllung der RED/REMD-Quote angerechnet werden. Genauso mit allen anderen Zwischenprodukten, die auf Basis ihrer Brennwerte in Ethanoläquivalente umgerechnet werden können.

Zu welchen ökologischen und ökonomischen Effekten die Umsetzung der beschriebenen Instrumente führen könnte, zeigen die Szenarien im folgenden Arbeitspaket 9.

9 Untersuchung möglicher Entwicklungspfade (Arbeitspaket 9)

Leitung: nova-Institut

Autoren: Essel, R., Raschka, A., Fehrenbach, H., Carus, M., Dammer, L., Dobroschke, S., Piotrowski, S., Reinhardt, J.

9.1 Zielstellung

Das Ziel des Arbeitspakets 9 ist es, eine wissenschaftlich fundierte Einschätzung der ökologischen und volkswirtschaftlichen Effekte zu erreichen, die eine Umsetzung der im Arbeitspaket 8 erarbeiteten Instrumente zur Folge hätte. Um dies zu gewährleisten, wird ein Szenarien-gestützter Ansatz gewählt, bei dem ein Referenzszenario (BAU = business as usual) mit mehreren Maßnahmenszenarien für die Referenzjahre 2010, 2020 und 2030 verglichen wird (vgl. Abschnitt 11.2 Methode).

Für die Szenarienentwicklung wird auf Basis der Ergebnisse der vorhergegangenen Arbeitspakete des Vorhabens ein konsistentes Massengerüst abgeleitet und erstellt, das insbesondere die stoffliche Nutzung von Biomasse inklusive der Substitution abiotischer Rohstoffe berücksichtigt. In Anlehnung an laufende Projekte wird ein Referenzszenario in Abstimmung mit dem Auftraggeber erstellt. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass für die Ergebnisse dieses Vorhabens eine möglichst weitgehende Vergleichbarkeit mit anderen Projekten erreicht wird.

Aufbauend auf das Referenzszenario werden drei Maßnahmenszenarien abgeleitet: Ausgehend von den in AP 8 favorisierten Instrumenten werden drei unterschiedliche politische und strukturelle Rahmenbedingungen entwickelt und korrespondierende Szenarien für die Jahre 2020 und 2030 modelliert.

Anhand von Output-Indikatoren werden die Ergebnisse der Maßnahmenszenarien und die des Referenzszenarios miteinander verglichen. Im Vorhaben werden die folgenden Output-Indikatoren zur ökologischen und volkswirtschaftlichen Bewertung verwendet:

- Treibhauspotenzial/Global Warming Potential (GWP)
- Kumulierter Energieaufwand (KEA)
- Versauerungspotenzial (AP)
- Direkte Brutto-Beschäftigung
- Direkte Brutto-Wertschöpfung

Der gewählte stoffstrombasierte Ansatz der Szenarienentwicklung stellt ein erklärendes bottom-up-Konzept' dar, das auf jedwede interne Optimierung verzichtet und stattdessen auf einer heuristischen Interpretation der angenommenen Maßnahmen und Instrumente beruht. Die Ergebnisse der Szenarienberechnung werden herangezogen, um die Eignung, Umsetzbarkeit und Zielerreichung der in AP 8 erarbeiteten Instrumente zu bewerten, um einen zukünftigen potenziellen Handlungskorridor aufzuzeigen und Empfehlungen an die politischen Akteure zu geben.

9.2 Methode

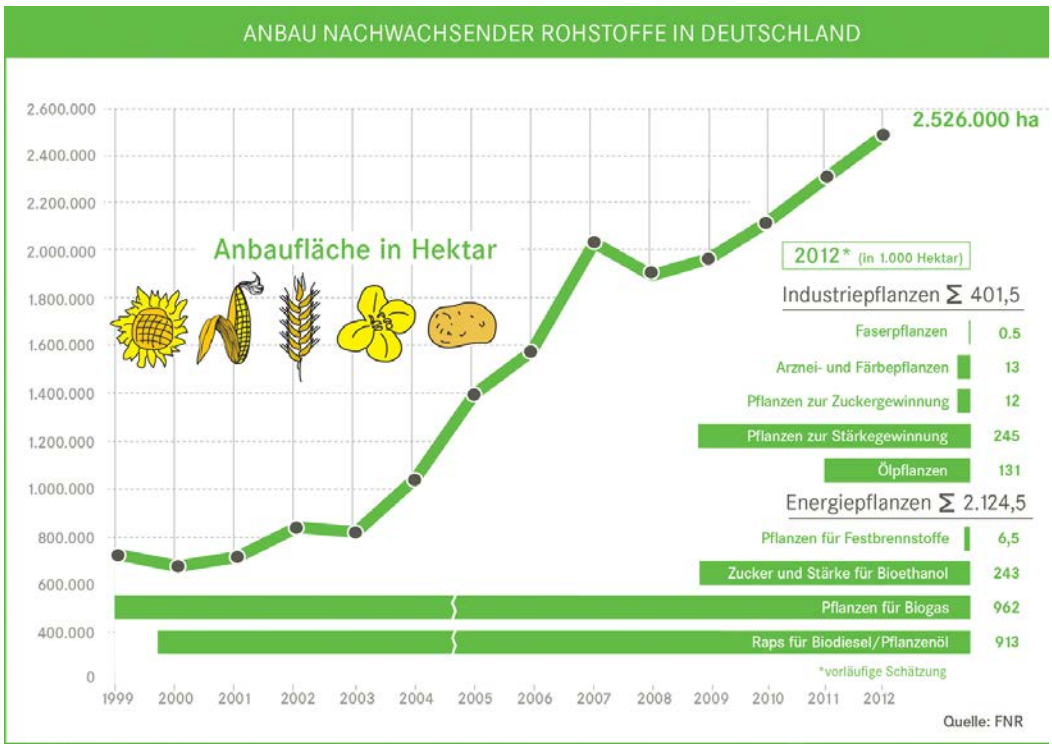
Das methodische Vorgehen wird in den folgenden Unterkapiteln für die unterschiedlichen Aspekte der Szenarienentwicklung, der Umweltwirkungen sowie der volkswirtschaftlichen Effekte beschrieben.

9.2.1 Szenarienentwicklung

Für die Analyse möglicher Entwicklungspfade wurden zunächst vier Szenarien zur Flächenbelegung durch nachwachsende Rohstoffe in Deutschland entwickelt (vgl. Kapitel 9.3). Als Betrachtungszeitraum werden in Übereinstimmung mit der Methodenstandardisierung im BMU-Förderprogramm „Optimierung energetische Biomassenutzung“ sowie mit den UBA-Arbeiten zu „Politikszenarien für den Klimaschutz“ die Jahre 2010, 2020 und 2030 herangezogen. (UBA 2009)

Als Ausgangssituation wird die Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe aus dem Jahr 2012 zugrunde gelegt, die eine Gesamtfläche von ca. 2,5 Millionen Hektar umfasst (FNR 2012). Es wird davon ausgegangen, dass die zur Verfügung stehende Gesamtfläche für den Anbau nachwachsender Rohstoffe im Betrachtungszeitraum konstant bleibt und sich nur die Flächenanteile der jeweiligen Ackerkulturen und Nutzungsarten (stofflich bzw. energetisch) verändern. Hintergrund für diese Entscheidung war zum einen die bessere Vergleichbarkeit der Werte für die verschiedenen Referenzjahre und die verschiedenen Szenarien sowie auf der anderen Seite die Annahme, dass unter dem Gesichtspunkt der nachhaltig nutzbaren Fläche in Deutschland keine weiteren Flächen für die industrielle Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen hinzukommen sollten. Dabei ist zudem fraglich, ob überhaupt weitere Flächen kontinuierlich für die Industrie genutzt werden könnten, wie dies einige Studien, z. B. aufgrund der rückgehenden Bevölkerungszahl und des damit verbundenen geringeren Nahrungsmittelkonsums, vorhersagen. Gegen frei werdende Flächen sprechen vor allem zwei Gründe: Zum einen ist die Bevölkerung in Deutschland in den letzten zwei Jahren durch Zuzug aus südlichen EU-Ländern sogar wieder gewachsen (Statistisches Bundesamt 2013), zum anderen wird bei einer Weizenknappheit auf den Weltmärkten der Weizenanbau in Deutschland erheblich für den Export ausgedehnt.

Abbildung 70: Aktuell zum Anbau nachwachsender Rohstoffe genutzte Fläche in Deutschland für energetische und stoffliche Nutzungen



FNR 2012

Als Basisdaten für das Jahr 2010 wurde die Verteilung der Flächen für den Anbau zur stofflichen und energetischen Nutzung angenommen, wie sie aus der folgenden Tabelle der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe für 2011 und 2012 hervorgeht. Der starke Anstieg von 2011 auf 2012 geht dabei nicht auf eine tatsächliche Ausweitung der Anbauflächen zurück, sondern auf eine Anpassung der Daten für Industriestärke bei der FNR-Erfassung (Peters 2012), während sich die Anbauflächen für stoffliche Anwendungen tatsächlich nicht verändert haben. Da sich das Basisszenario auf 2010 bezieht und sich die Anbauflächen in all den Jahren nicht in signifikantem Maße verändert haben, wurden die 2012er-Werte als Basisdaten verwendet, die aufgrund der korrigierten Industriestärkeallokation genauer sind als die 2011er-Werte. Die Gesamtfläche für die stoffliche Nutzung wurde entsprechend für 2010 in allen Szenarien mit 400.000 ha angenommen, da dies der Größe der Anbauflächen der letzten Jahre – inkl. der in 2012 stattgefundenen Anpassung – entspricht.

Tabelle 28: Verteilung der Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland für energetische und stoffliche Nutzungen in den Jahren 2011 und 2012

Anbau Nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (ha)			
Pflanzen	**Rohstoff**	**2011**	**2012***
Industriepflanzen	Industriestärke	160.000	245.00
	Industriezucker	10.000	12.000
	technisches Rapsöl	120.000	120.000
	technisches Sonnenblumenöl	8.500	8.500
	technisches Leinöl	2.500	2.500
	Pflanzenfasern	500	500

	Arznei- und Farbstoffe	10.000	13.000
	Summe Industriepflanzen	311.500	401.500
Energiepflanzen	Rapsöl für Biodiesel/Pflanzenöl	910.000	913.000
	Pflanzen für Bioethanol	240.000	243.000
	Pflanzen für Biogas	900.000	962.000
	Pflanzen für Festbrennstoffe (u. a. Agrarholz, Miscanthus)	6.000	6.500
	Summe Energiepflanzen	2.056.000	2.124.500
Gesamtanbaufläche NR		**2.367.500**	**2.526.000**

FNR 2012
*Werte für 2012 geschätzt

Für die Entwicklung der Anbauflächen für die energetische Nutzung wurde ein Bioenergie-Szenario aus BMVBS 2010 zugrunde gelegt, eigene Szenarien wurden nicht entwickelt. Das ausgewählte Szenario entspricht dabei am ehesten den angelegten Kriterien der nachhaltigen Entwicklung im Bioenergiebereich – als Alternativen und Vergleichsoptionen wurden Zeddies et al. 2012 und Nitsch et al. 2012 herangezogen.

Die folgende Grafik zeigt die Szenarien BAU („business as usual"), B („Bioenergie") und B+U („Bioenergie und Umweltschutz") der Studie für 2020. Genutzt wurde dabei das Szenario B (= Bioenergie), bei dem eine maximale Energie-Ausbeute auf Agrarflächen angestrebt wird. Die in dieser Studie angenommenen Flächenverteilungen basieren auf einer maximalen Energieausbeute und berücksichtigen zudem die Entwicklung zur Nutzung lignocellulosehaltiger Biomasse, gehen allerdings dabei von einer Flächenerweiterung aus. Diese wurde für die Szenarien in diesem Projekt nicht angenommen, die Flächenanteile wurden ausschließlich auf die bereits bestehende Fläche verteilt.

Abbildung 71: Flächenanteile der Fruchtarten an der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe für die energetische Nutzung, 2008 und 2020

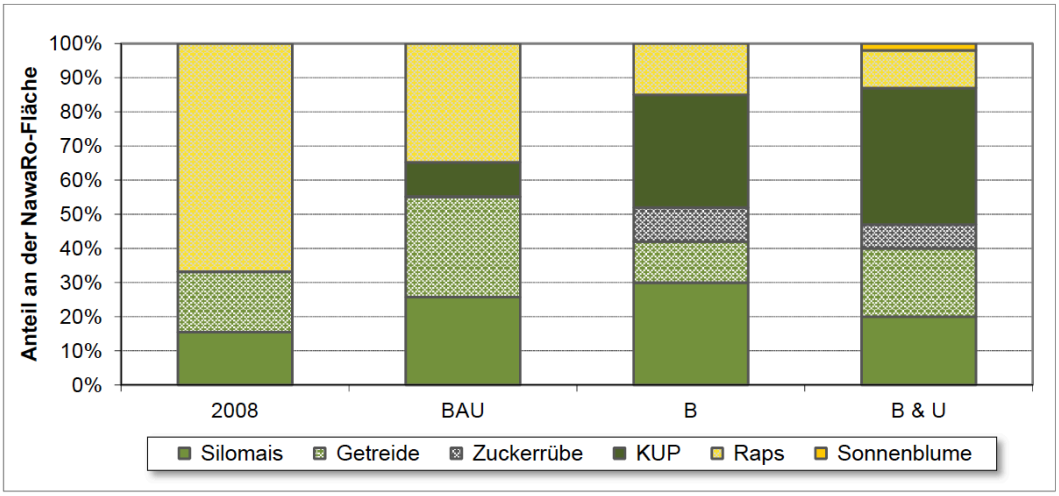


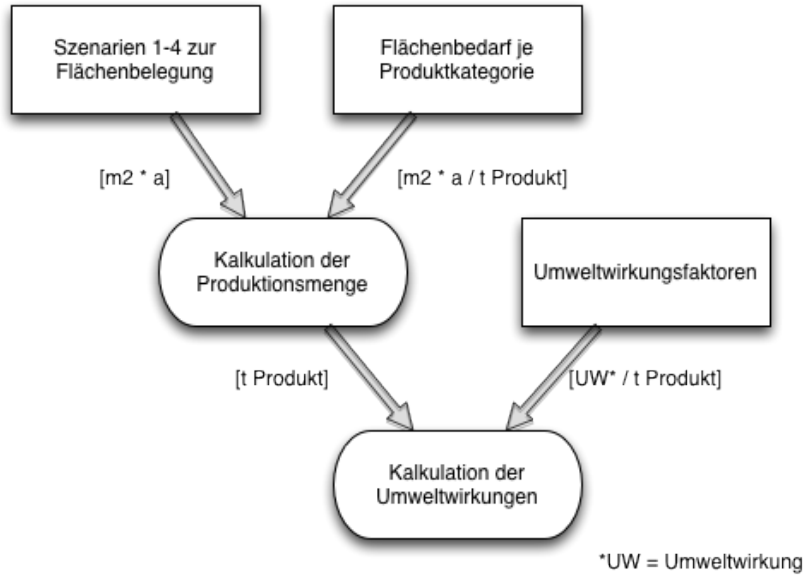
Abbildung 2: Flächenanteile der Fruchtarten an der NawaRo-Fläche (Quelle: DBFZ 2010)

BMVBS 2010

9.2.2 Umweltwirkungen

Die methodische Vorgehensweise zur Berechnung der potenziellen Umweltwirkungen möglicher Entwicklungspfade ist in der nachstehenden Grafik skizziert (vgl. Abbildung 72).

Abbildung 72: Vorgehen zur Berechnung der Umweltwirkungen in den verschiedenen Szenarien zur Untersuchung möglicher Entwicklungspfade



nova-Institut & IFEU 2013

Die Berechnung der Umweltwirkungen erfolgt auf Basis eines stoffstrombasierten Massengerüsts, das die Menge an nachwachsenden Rohstoffen den entsprechenden Mengen an biobasierten Produkten gegenüberstellt (vgl. Anhang 9.1). Die Kalkulation der im Betrachtungszeitraum hergestellten Menge an biobasierten Produkten beruht auf der Multiplikation der Flächenbelegung nachwachsender Rohstoffe mit dem Flächenbedarf für die jeweiligen Produkte, d. h. es wird auf die Anbauflächen, die jeweiligen Erntemengen der nachwachsenden Rohstoffe und die Konversionsraten von Biomasse zu biobasiertem Produkt zurückgegriffen. Mit Hilfe von Umweltwirkungsfaktoren werden anschließend die Umweltwirkungen der biobasierten Produkte im Vergleich zu den konventionellen Referenzprodukten ermittelt. Zur Vereinfachung werden Produktgruppen gebildet, in denen beispielhafte biobasierte Produkte zusammengefasst und ihren konventionellen Pendants gegenüber gestellt werden (vgl. Tabelle 29).

Tabelle 29: Produktgruppen und beispielgebende Vergleichspaare von biobasierten Produkten und konventionellen Referenzprodukten

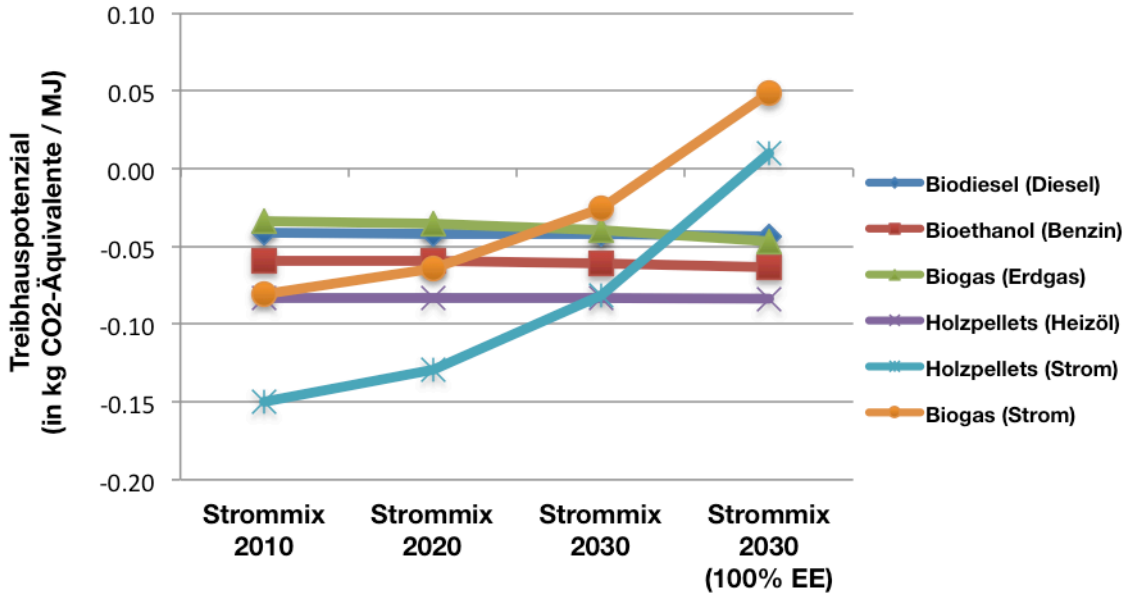
Produktgruppe	Bio-basiertes Produkt	Referenzprodukt
Holzprodukte	Konventionelle Holzprodukte	Metallprodukte
	Holzfaserdämmstoffe	Mineralfaser
Naturfaserwerkstoffe	Verbundwerkstoffe	Glasfaserverbundstoffe
	Naturfaserdämmstoffe	Mineralfaser
	Textilien	Synthetik
Oleochemische Produkte	biobasierte Tenside	fossil basierte Tenside

	biobasierte Schmierstoffe	fossil basierte Schmierstoffe
	Papierstärke	Acrylharz
Chemikalien	biobasierte Chemikalien	fossil basierte Chemikalien
Arzneistoffe	Phytopharmaka	konventionelle Pharmaka
Biokunststoffe	Bio-PE	LDPE fossil
	Kautschuk (Löwenzahn)	Synthetikkautschuk SBR
Energie	BtL aus Pappel	Diesel und Naphtha
	Biodiesel	Diesel
	Bioethanol	Benzin
	Biogas	Erdgas
	Holzpellets/Holzhackschnitzel	Heizöl leicht
	Holzpellets	Strom
	Biogas	Strom

(eigene Darstellung)

Die Umweltwirkungsfaktoren wurden entsprechend der Abstimmungen in den Projektarbeitsgruppen vom Institut für Energie und Umwelt (IFEU) in den Wirkungskategorien Treibhauseffekt, Versauerungspotenzial und kumulierter Energieverbrauch ermittelt. Dabei wurden veränderte Rahmenbedingungen, insbesondere die Veränderung des Strommixes im Betrachtungszeitraum berücksichtigt. Zusätzlich zu den betrachteten Jahren 2010, 2020 und 2030 wurden die Wirkungsfaktoren auch für eine hundertprozentige Versorgung mit erneuerbaren Energien nach einer Leitstudie des Umweltbundesamtes (UBA 2010) für das Jahr 2030 berechnet. Die folgende Grafik zeigt die Entwicklung der Umweltwirkungsfaktoren am Beispiel des Treibhauspotenzials exemplarisch für sechs verschiedene Anwendungen aus dem Bereich der Bioenergie im Vergleich zu deren konventionellen Referenzprodukten.

Abbildung 73: Entwicklung der Umweltwirkungsfaktoren am Beispiel des Treibhauspotenzials für sechs verschiedene Vergleichspaare von biobasierten und konventionellen Energieprodukten



Datengrundlage nach IFEU 2013

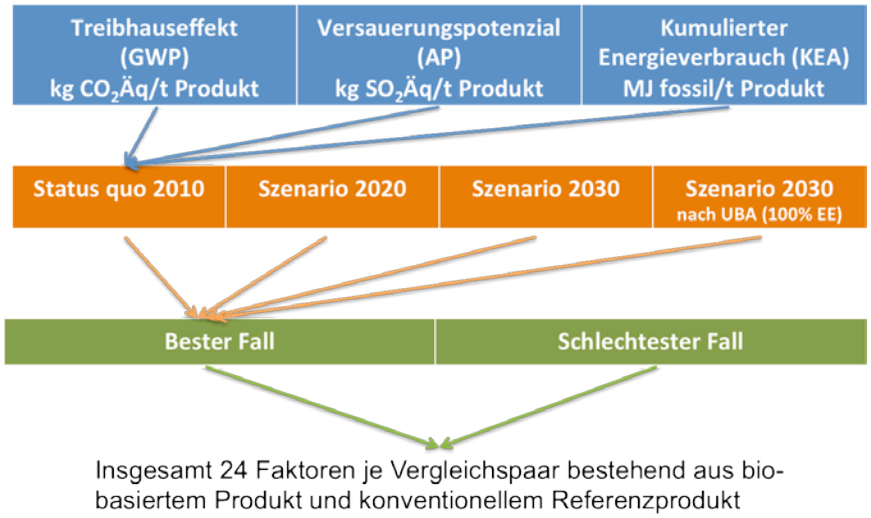
Anhand der Grafik ist zu erkennen, dass sich die Umweltwirkungsfaktoren im Verlauf der Zeit durch unterschiedliche Rahmenbedingungen verändern. Dies gilt gleichermaßen für die energetische als auch für die stoffliche Nutzung von Biomasse, weil es sich um dynamische Untersuchungssysteme handelt. Die Ergebnisse unterscheiden sich jedoch fallspezifisch in den jeweils betrachteten biobasierten Anwendungen.

Aufgrund eines steigenden Anteils erneuerbarer Energien im Strommix kommt es so zum Beispiel dazu, dass sich die Ausprägung des Treibhauspotenzials bei der Herstellung von Strom aus Holzpellets und Biogas umkehrt und ein Vorzeichenwechsel stattfindet: Konnten im Jahr 2010 mit der Produktion von einem Megajoule Strom aus Holzpellets noch etwa 0,15 Kilogramm CO_2-Äquivalente eingespart werden, so verringert sich das Einsparpotenzial bis zum Jahr 2030 auf 0,08 Kilogramm CO_2-Äquivalente. Geht man von einem Strommix aus 100 % erneuerbaren Energien aus, so werden bei der Produktion von Strom aus Holzpellets und Biogas sogar größere Mengen an Treibhausgasemissionen freigesetzt, als bei der Erzeugung von Strom mit anderen Technologien, zum Beispiel der direkten Nutzung von Sonne- und Windenergie, entsteht.

Im Gegensatz dazu verringert sich das Treibhauspotenzial bei der Herstellung von Biodiesel, Bioethanol und Biogas, weil sich das jeweilige fossile Referenzsystem (Diesel, Benzin, Erdgas) im gleichen Zeitraum durch einen steigenden Aufwand für die petrochemische Produktion (Ölschiefer, Tiefseebohrungen, Fracking, etc.) verschlechtert. Es können dementsprechend bis 2030 weiterhin klimaschädliche Treibhausgase vermieden werden, wenn Biodiesel, Bioethanol und Biogas die konventionellen Produkte Diesel, Benzin und Erdgas substituieren.

Für jede betrachtete Wirkungskategorie und jedes betrachtete Jahr wurden jeweils zwei Umweltwirkungsfaktoren ermittelt, die einerseits den besten Fall (*best-case*) und andererseits den schlechtesten Fall (*worst-case*) als Extremwerte der zu erwartenden Umweltwirkungen darstellen. Insgesamt wurden somit 24 Umweltwirkungsfaktoren für die Untersuchung möglicher Entwicklungspfade ermittelt. Die folgende Grafik stellt die Struktur zur Ermittlung der Umweltwirkungsfaktoren dar.

Abbildung 74: Struktur der Umweltwirkungsfaktoren

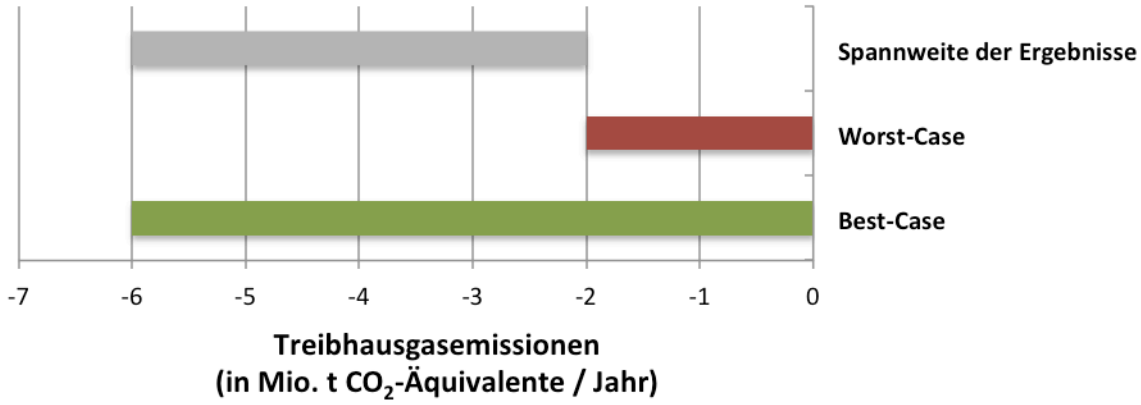


Darstellung nach IFEU 2013

Bei der Multiplikation der beiden Extremwerte von Wirkungsfaktoren (best-/worst-case) mit der Produktionsmenge an biobasierten Produkten wird in den Szenarien ein Merkmalsraum aufgespannt, der die gesamte Variationsbreite an möglichen Umweltwirkungen abdeckt.

Obwohl eine statistische Überprüfung der Genauigkeit der Simulationsergebnisse nicht möglich ist, kann mit Hilfe dieses Verfahrens die gesamte Spannweite an möglichen Umweltwirkungen dargestellt werden, um den Unsicherheiten punktueller Projektionen Rechnung zu tragen. Bei der Darstellung der Ergebnisse wird deshalb stets die Spannweite der Ergebnisse angezeigt. Die folgende Grafik macht das Vorgehen zur Darstellung der Ergebnisse deutlich.

Abbildung 75: Darstellung der Spannweite des Einsparungspotenzials an Treibhausgasemissionen sowie der Ergebnisse im Worst-Case- und im Best-Case-Szenario



nova-Institut 2013

9.2.3 Volkswirtschaftliche Effekte

Als Datenquelle für die Untersuchung der volkswirtschaftlichen Effekte dient eine Meta-Analyse von Finanzwissenschaftlichen Forschungsinstitut der Universität Köln (FiFo) und dem nova-Institut über verschiedene Studien zu den makroökonomischen Effekten (siehe Anhang 9.2). Die Forschungsfrage dabei war „Wie ist die stoffliche Nutzung im Vergleich zur energetischen Nutzung ökonomisch einzuschätzen?“, wobei als volkswirtschaftliche Kenngrößen die Wertschöpfung und Beschäftigungseffekte untersucht werden.

Bei der Betrachtung der makroökonomischen Effekte handelt es sich um direkte Brutto-Effekte, während indirekte Effekte sowie Effekte durch Substitution (Netto-Effekte) nicht betrachtet werden. Parameter sind:

- Direkte Brutto-Beschäftigung
- Direkte Brutto-Wertschöpfung

Die Meta-Analyse erfolgte unter Berücksichtigung vorgelagerter Prozessstufen in Form von z. B. forstwirtschaftlicher Primärproduktion und in Abgrenzung zentraler Produktionsstufen zur besseren Vergleichbarkeit, sowie der Abgrenzung volkswirtschaftlicher Effekte insoweit, dass der Rohstoff noch zuzuordnen ist und den wertmäßig größten Anteil an der Wertschöpfung ausmacht.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der in der Meta-Analyse ausgewerteten Studien zu Wertschöpfung und Beschäftigung durch energetische und stoffliche Nutzung sowie der eigenen Berechnungen dargestellt (siehe Anhang 9.2).

Tabelle 30: Ergebnisse der in der Meta-Analyse ausgewerteten Studien zu Wertschöpfung und Beschäftigung durch energetische und stoffliche Nutzung sowie eigene Berechnungen (s. Anhang 9.2)

Studie	Inhalt	Studie mit Berechnung der Faktoren	Faktor der direkten Brutto-beschäftigung: stofflich ggüb. energetisch (pro Anbaufläche bzw. Tonnage)	Faktor der direkten Brutto-wertschöpfung: stofflich ggüb. energetisch (pro Anbaufläche bzw. Tonnage)
Fallstudie: Gothe/Hahne (2005), nach Neuberechnung	Regionale Wertschöpfung am Beispiel eines deutschen Holzclusters	Carus et al. (2010)	-	4 bis 9
I-O-Analyse: Pöyry (2006)	Wertschöpfung und Beschäftigung in der Papier- und Zellstoffindustrie gegenüber energetischer Nutzung	Carus et al. (2010)	ca. 10	ca. 6
I-O-Analyse: CEPI & Pöyry (2011)	Wertschöpfung und Beschäftigung in der Papier- und Zellstoffindustrie gegenüber energetischer Nutzung	Dobroschke et al. 2013 (im Rahmen dieses Projekts)	ca. 7	ca. 5
I-O-Analyse: Nusser et al. (2007)	Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung nachwachsender Rohstoffe	Carus et al. (2010)	(3-5) bis 19	-
Clusterstudie Forst und Holz: Seintsch (2008)	Makroökonomische Effekte des Clusters Forst und Holz in Deutschland	Dobroschke et al. 2013 (im Rahmen dieses Projekts) *Carus et al. (2010)*	ca. 6 *ca. 7*	-
Fallstudie: Hanfdämmstoff gegenüber Pflanzenölkraftstoff (Raps), Carus et al. (2010)	Vergleich von 1 ha Hanf für Dämmstoff mit 1 ha Raps für Pflanzenölkraftstoff	Carus et al. (2010)	ca. 8	-
Industriedaten (eigene Berechnungen)	Beschäftigung und Umsätze in deutschen Industrien	Dobroschke et al. 2013 (im Rahmen dieses Projekts), *Carus et al. (2010)*	ca. *5* *≥ 6*	ca. 7,5 *≥ 8-9*
Typische Bandbreiten aus den genannten Studien und Berechnungen (Neuberechnung)			*(3)* ***5-10*** *(19)*	***4-9***

Insgesamt zeigt sich, dass die stoffliche Nutzung von Biomasse der energetischen Nutzung in Bezug auf die Brutto-Beschäftigung (Faktor 5 bis 10) und Brutto-Wertschöpfung (Faktor 4 bis 9) Vorteile verspricht – jeweils bezogen auf dieselbe Anbaufläche bzw. Menge an Biomasse. Ursache sind vor allem die erheblich längeren Prozess- und Wertschöpfungsketten der stofflichen Nutzung.

Würde man statt der direkten Effekte die indirekten berechnen, so ergäbe sich hierbei ein nur marginaler Unterschied zwischen den Ergebnissen.

Die Betrachtung der Netto-Effekte hätte allerdings erheblich kleinere Effekte zur Folge. Die gefundene deutlich höhere Brutto-Wertschöpfung und -beschäftigung resultieren primär aus den erheblich längeren Wertschöpfungsketten gegenüber energetischen Nutzungen. Berechnet man die Netto-Effekte, so reduziert sich dieser Effekt, da auch die stofflichen petrochemischen Wertschöpfungsketten deutlich länger sind als die energetischen. Eine belastbare Berechnung der Netto-Effekte war im Rahmen des Projektes aufgrund mangelnder Daten und unsicherer Methodik nicht möglich. Unserer Schätzung nach bleiben zwar auch dann positive Effekte für die stoffliche Nutzung übrig, sie dürften aber eher zwischen 1,5 bis 2 liegen als zwischen 5 bis 10. Abschließend muss angemerkt werden, dass die Angabe von Brutto-Effekten zum Vergleich von Branchen oder Wertschöpfungsketten Standard ist, da es die beschriebenen Probleme bzgl. Daten und Methodik generell gibt.

9.3 Betrachtete Szenarien

Für die Untersuchung möglicher Entwicklungspfade werden vier Szenarien betrachtet:

- Szenario 1 (Basis-Szenario)
- Szenario 2 (25 % stoffliche Nutzung bis 2030)
- Szenario 3 (50 % stoffliche Nutzung bis 2030)
- Szenario 4 (90 % stoffliche Nutzung bis 2030)

Für die Entwicklung der stofflichen Nutzung wurden mehrere Annahmen getroffen, die sich auf die in AP8 entwickelten Förderinstrumente beziehen und aus denen die Flächenaufteilung der vier Szenarien resultiert. Dabei handelt es sich um folgende Grundannahmen: Durch die (bereits anlaufende) Veränderung der RED nimmt der Anteil der Biokraftstoffe erster Generation stark ab. Instrumente der Information und Kommunikation wie Label und Produktlisten sowie eine Ausdifferenzierung der RED in Bezug auf die Gewichtung der verschiedenen biogenen Rohstoffe und z. B. Ausschluss von Rohstoffen, die besser stofflich genutzt werden sollten, könnte zu einer weiteren Steigerung der stofflichen Nutzung führen (Szenario 2 bis 3). Erhebliche Anteile der Pflanzenölproduktion können hierbei im Bereich der Oleochemie, und Anteile der Stärke- und Zuckerproduktion im Bereich der chemischen Industrie inkl. der Biokunststoffe aufgefangen werden.

Die Integration neuer stofflicher Produktionen in die RED (siehe Kapitel 8.2.1), vor allem bei biobasierten Chemikalien und Kunststoffen, sowie günstiger Rahmenbedingungen seitens der Politik (z. B. Unterstützung von Pilot-/Demonstrationsanlagen und erster kommerzieller Umsetzungen) würden zu einer weiteren Zunahme der stofflichen Nutzung führen (Extrem-Szenario 4).

Die folgenden Szenarien beziehen sich immer nur auf die Entwicklung der stofflichen Nutzung. Die Fläche, die dann bei einer angenommenen Gesamtfläche von 2,5 Mio. ha übrig bleibt, soll energetisch genutzt werden und zwar prozentual verteilt nach dem DBFZ-Szenario „Bioenergie“ (s. o.).

Tabelle 31 zeigt eine detaillierte Aufstellung, welche Folgen die Umsetzung verschiedener politischer Maßnahmen für den stofflichen Sektor haben könnte und wie daraus die Flächenaufteilung der Szenarien abgeleitet wird:

Tabelle 31: Umsetzung verschiedener Instrumente und ihre Auswirkungen auf die stoffliche Nutzung – Szenarien

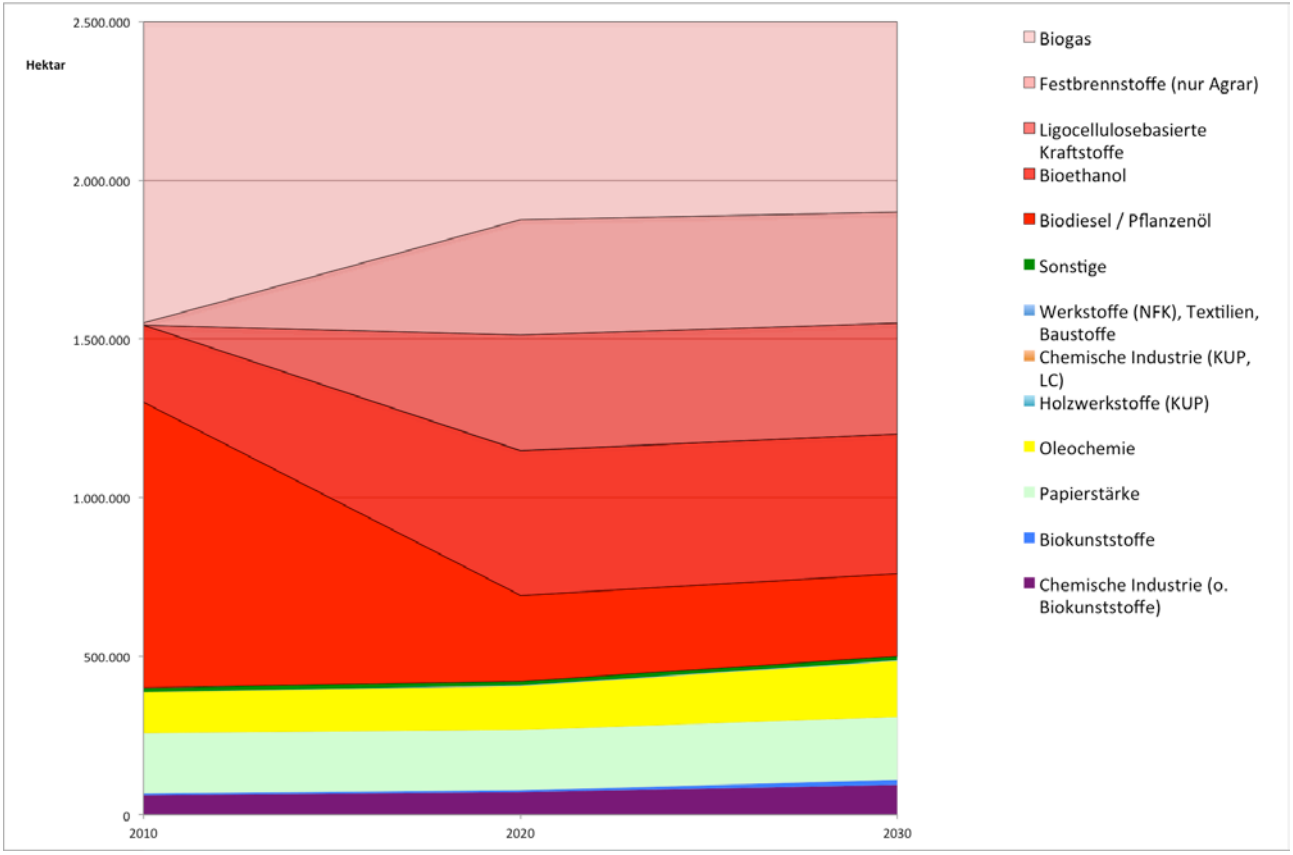
Instrument/Maßnahme	Politisch-wirtschaftliche Auswirkungen	Entwicklungen für die stoffliche Nutzung	Szenario
Reduzierung der Biokraftstoffe der ersten Generation sowie Umsetzung einiger „kleiner Instrumente" wie • Abbau der USt-Erleichterungen für Brennholz • Überarbeitung von Förderregularien (z. B. nachhaltiges Bauen) • Überarbeitung von Richtlinien wie BioAbfallV, VerpackV • Bewusstseinsschaffung im Öffentlichen Einkauf • usw.	Konkurrenz um Biomasse wird ganz leicht entschärft, Rohstoffe sind für den stofflichen Sektor etwas erschwinglicher; u. a. aufgrund von höherer Wertschöpfung als im energetischen Sektor und Rückgang von Förderung der 1. Generation Biokraftstoffe kann die stoffliche Nutzung ein leichtes Wachstum realisieren.	langsame Steigerung, die vor allem die Bereiche Chemie, Oleochemie und Biokunststoffe betrifft	**1) 2030: 20 % Fläche**
Umsetzung der meisten kleinen Instrumente, Umsetzung einiger mittelfristiger Instrumente • kleine Instrumente s. Szenario 1 und weitere wie • Abbau des MAP für Holzpelletöfen • Überarbeitung der EU-Altauto-Richtlinie • Markteinführungsprogramme biobasierte Produkte • GAP-Reform (Gleichbehandlung von energetisch und stofflich in 1. und 2. Säule) • Zertifizierung und Labeling einiger Produkte	Konkurrenz um Biomasse wird durch die Reform im EU-Agrarsektor etwas weiter entschärft als im ersten Szenario, Rohstoffe werden für den stofflichen Sektor weiter erschwinglicher; ein beginnender Zertifizierungs- und Labelingprozess stärkt das Vertrauen der Verbraucher und sorgt für eine leicht steigende Nachfrage nach biobasierten Produkten.	Oleochemie: zunehmende Substitution von Importölen durch heimische Öle; Chemische Industrie: Inbetriebnahme erster, meist kleinerer Bioraffinerien; damit einher geht die Zunahme von KUP; Biokunststoffe: kleinere Anlagen für die Herstellung von PHB, PLA, PBS mit größerem Rohstoffbedarf; Nutzung von Papierstärke (Verpackungspapiere et al.) und sonstigen NaWaRo (Pharmapflanzen, Kautschukpflanzen, etc.) steigt nur leicht	**2) 2030: 25 % Fläche**
Umsetzung der meisten kurz- und mittelfristigen Instrumente, RED-Reform zur Reduzierung der Fehlallokation von Biomasse • kleine und mittlere Instrumente s. Szenario 1 und 2 • kleine Investitionsbeihilfen • Zertifizierung und Labeling einiger Produkte, Kommunikationsstrategie • Begrenzung des Biomasseanteils zur Deckung der RED-Quote • RED-Anrechnung: Neue Gewichtung von Rohstoffen, um die Konkurrenz besteht	Die Reformen der GAP und in der RED zur Reduzierung der Konkurrenz um Biomasse führen zu einer deutlich sichereren Rohstoffversorgung für den stofflichen Sektor, gemeinsam mit leichten Investitionsbeihilfen entsteht dadurch ein stark verbessertes Investitionsklima für stoffliche Anlagen; Zertifizierung und Labeling kombiniert mit einer Kommunikationsstrategie für Verbraucher führen zu deutlich steigender Nachfrage nach biobasierten Produkten	Neben einer Steigerung des Einsatzes in der klassischen chemischen Industrie, werden erste Bioraffinerie-Anlagen gebaut (pro Anlage 150.000 t Biomasse-Input pro Jahr); Oleochemie: stark zunehmende Substitution von petrochemischen Ölen und Importölen durch heimische Öle (Raps, Sonnenblume, Lein) und zugleich die vermehrte Züchtung neuer Sorten und Arten (Leindotter, Krambe, etc.); Biokunststoffe: bis 2020 Bau einer und später drei größerer Anlagen (PLA, PE oder PP); Naturfasern in Bau und Verbundwerkstoffen: Anbau wird aufgrund der veränderten Bedingungen attraktiv, Verarbeitungsinfrastruktur wird aufgebaut; gleiches gilt für sonstige NaWaRo (u. a. Löwenzahn und Pharmapflanzen)	**3) 2030: 50 % Fläche**
Volle Umsetzung der kurz- und mittelfristigen Instrumente, volle RED-Reform mit Implementation der REMD • kleine und mittlere Instrumente s. Szenario 1 und 2 • Integration in den Emissionshandel • volle Zertifizierung & Labeling, Kommunikationsstrategie • Umfassende Maßnahmen zur Begrenzung der Fehlallokation von Biomasse durch die RED (Ressourceneffizienz) • Anrechnung von stofflichen Nutzungen in der RED/REMD-Quote • in Kombination mit Maßnahmen wie Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsanlagen, Steuererleichterungen etc.	Die vollkommene Gleichstellung von energetischer und stofflicher Nutzung in GAP, Emissionshandel und RED führt dazu, dass die stoffliche Nutzung gegenüber der energetischen deutliche Vorteile hat (höhere Wertschöpfung wird nun nicht mehr durch einseitige Förderung ausgeglichen) und fast die gesamte Fläche von 2,5 Mio Ha für den stofflichen Sektor genutzt wird. Diese Rohstoffsicherheit und die gesteigerten Investitionsbeihilfen führen zu massiven Investitionen in neue stoffliche Anlagen und technologische Innovationen. Zusätzlich besteht ein großes Vertrauen der Verbraucher in biobasierte Produkte, da fast der gesamte Sektor durch Zertifizierung und Labeling abgedeckt ist, sodass die biobasierten Produkte den petrochemischen Produkten von der Nachfrageseite Konkurrenz machen können. Dieser Effekt wird noch dadurch gestärkt, dass sich die Preise für biobasierte Produkte durch bessere Rohstoffpreise und gesteigerte Produktionsvolumina den Preisen für herkömmliche fossile Produkte angleichen.	neben einer Steigerung des Einsatzes in der klassischen chemischen Industrie, werden mehrere Bioraffinerie-Anlagen gebaut (pro Anlage 150.000 t Biomasse-Input pro Jahr); Oleochemie: stark zunehmende Substitution von petrochemischen Ölen und Importölen durch heimische Öle (Raps, Sonnenblume, Lein) und zugleich die vermehrte Züchtung neuer Sorten und Arten (Leindotter, Krambe, etc.); Biokunststoffe: bis 2020 Bau mehrerer größerer Anlagen (PLA, PE oder PP), die Nutzung von Biogas (Methan) als Rohstoff für die Fermentation wird ebenfalls realisiert; Naturfasern für Bau, Verbundwerkstoffe und Textilien: Anbau wird aufgrund der veränderten Bedingungen attraktiv, Verarbeitungsinfrastruktur wird auch für Textilprodukte aufgebaut; gleiches gilt für sonstige NaWaRo (u. a. Löwenzahn und Pharmapflanzen)	**4) 2030: 90 % Fläche**

Szenario 1 – Basis-Szenario

Das Basisszenario geht von einer langsamen Steigerung der stofflichen Nutzung aus, die vor allem die Bereiche Chemie, Oleochemie und Biokunststoffe (in Deutschland vor allem Stärke-Polymere) betrifft. Es wird dabei kein Aufbau von Bioraffinerien und größeren Anlagen zur Produktion biobasierter Chemikalien und keine nennenswerte Substitution importierter Rohstoffe angenommen. Die Faktoren, die eine leichte Zunahme der stofflichen Nutzung fördern, sind die höhere Wertschöpfung der biobasierten Produkte im Vergleich zur energetischen Nutzung sowie eine leicht entschärfte Konkurrenz um Rohstoffe, die durch eine Reduzierung von Biokraftstoffen der ersten Generation, sinkende Förderung der Bioenergie (s. dazu Berechnung der Fördersätze in Arbeitspaket 7 und im Anhang) und aufgrund einiger eventuell umgesetzten „kleinen“ Maßnahmen erreicht wird.

In diesem Szenario erreicht die stoffliche Nutzung im Jahr 2030 20 % der verfügbaren Anbaufläche.

Abbildung 76: Szenario 1 – Basisszenario für die Entwicklung der Anbauflächen für die industrielle Nutzung nachwachsender Rohstoffe



nova-Institut 2013

Szenario 2 – 25 % stofflich bis 2030

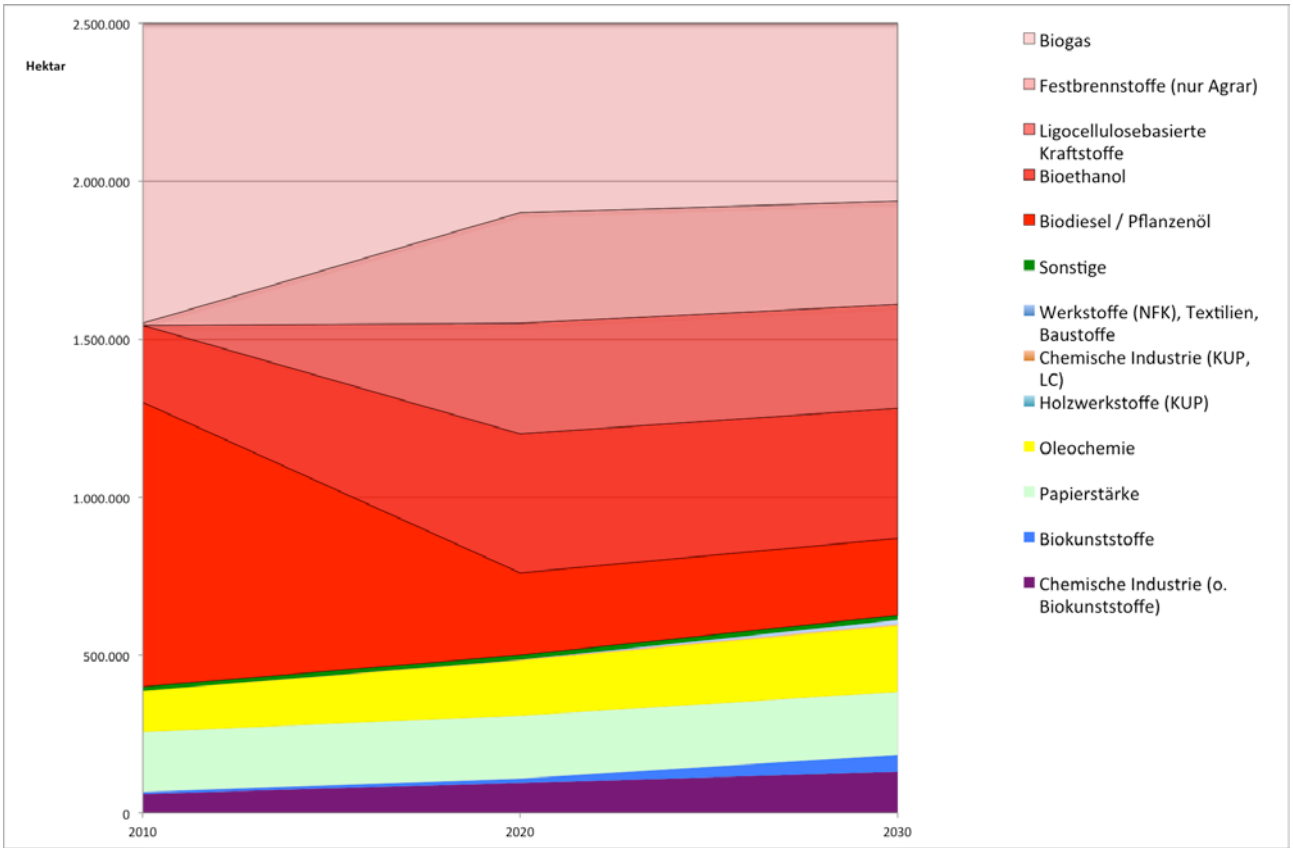
Szenario 2 geht von einem leichten Wachstum der Nutzung nachwachsender Rohstoffe vor allem im Bereich der chemischen und oleochemischen Industrie sowie bei den Biokunststoffen aus. Dies könnte durch die Umsetzung einiger „kleiner“ in AP8 vorgeschlagenen Instrumente in Kombination mit einigen der mittelfristigen Maßnahmen erreicht werden. Hier ist beispielsweise ein beginnendes Zertifizierungs- und Labelingsystem zu erwähnen, das der Verbraucherakzeptanz und damit der Marktnachfrage dienen würde. Auch die Durchsetzung

des bereits vorliegenden GAP-Reformvorschlags, in dem die stoffliche Nutzung in beiden Säulen nicht mehr benachteiligt wird, trägt zu einer weiteren Entspannung der Rohstoffversorgung und somit zu einem positiveren Investitionsklima in stoffliche Anlagen bei.

In der oleochemischen Industrie wird eine evtl. zunehmende Substitution von Importölen durch heimische Öle angenommen. In der chemischen Industrie kommt es in diesem Szenario zur Inbetriebnahme erster, meist kleinerer Bioraffinerien und damit neben der Nutzung von Zucker und Stärke auch zu einer Zunahme von Kurzumtriebsplantagen (Lignocellulose) für die Rohstoffversorgung. Bei den Biokunststoffen erfolgt der Ausbau der Produktion durch kleinere Anlagen für die Herstellung von PHB, PLA, PBS und anderen Polymeren während bei der Nutzung von Naturfasern, Papierstärke und sonstigen nachwachsenden Rohstoffen nur geringe Zunahmen angenommen werden.

In diesem Szenario erreicht die stoffliche Nutzung im Jahr 2020 20% der verfügbaren Fläche und im Jahr 2030 25 % der verfügbaren Anbaufläche.

Abbildung 77: Szenario 2 – bis 2030 entfallen 25% der Anbauflächen auf die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe



nova-Institut 2013

Szenario 3 – 50% stofflich bis 2030

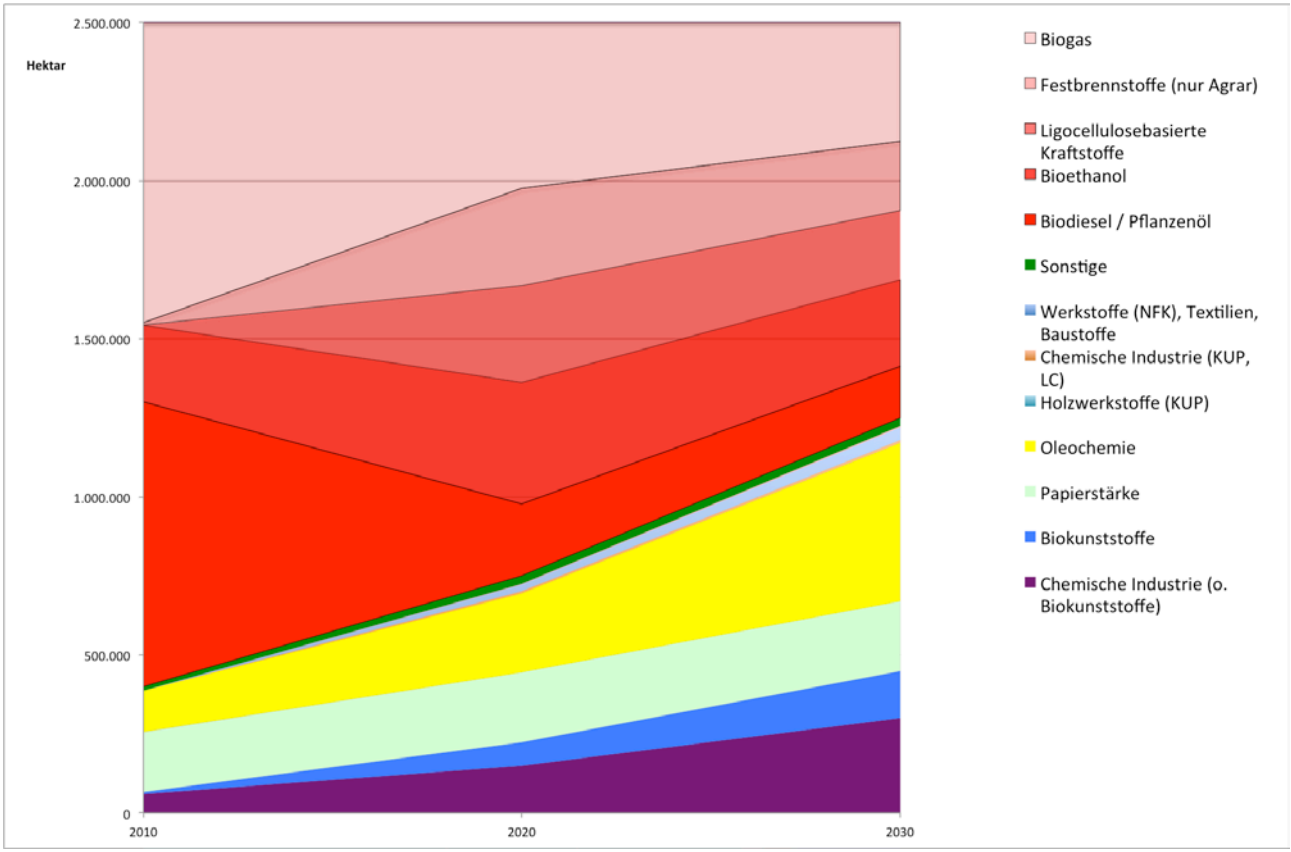
Im Szenario 3 wird von einer deutlichen Steigerung ausgegangen, die alle Bereiche mit Ausnahme der Papierstärke betrifft, die sich nur leicht erhöht (Importsubstitution). Dies würde durch die Umsetzung der für die ersten zwei Szenarien als notwendig erachteten Instrumente sowie zusätzlicher politischer Maßnahmen erreicht werden; z. B. durch die Einführung von kleineren Investitionsbeihilfen sowie der Umsetzung des ersten Teils der vorgeschlagenen RED-Reform: Um die Fehlallokation von Biomasse zuungunsten der stofflichen Nutzung zu

reduzieren, sollte der Biomasseanteil in der Quote gedeckelt werden und die Gewichtung von Rohstoffen, um die Konkurrenz besteht, neu austariert werden. Durch die deutlich verbesserte Rohstoffversorgung und die Investitionsbeihilfen wäre eine signifikante Steigerung der Investitionen in stoffliche Nutzungen zu verzeichnen, was durch das erhöhte Verbraucherbewusstsein aufgrund der Kommunikationsstrategie insgesamt zu einem deutlichen Wachstum des stofflichen Sektors führen würde.

In der chemischen Industrie erfolgt in diesem Szenario ein deutlicher Anstieg des Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen, und es werden erste Bioraffinerie-Anlagen mit hohem Rohstoffbedarf (pro Anlage ca. 150.000 t Biomasse pro Jahr) aufgebaut. Die Rohstoffversorgung erfolgt dabei teilweise durch lignocellulosereiche Rohstoffe wie Holz aus Kurzumtriebsplantagen sowie Reststoffen (Stroh und andere). In der oleochemischen Industrie kommt es zu einer stark zunehmenden Substitution von petrochemischen Ölen und Importölen durch heimische Öle (Raps, Sonnenblume, Lein) und parallel zur vermehrten Züchtung zusätzlicher Arten (Leindotter, Krambe, etc.), um die technischen Eigenschaften der heute genutzten Laurinöle zu erreichen. Dabei wurde bewusst ein hoher Anteil für den Ausbau der Oleochemie gewählt, um die aktuell für Biokraftstoff genutzten Rapsflächen und die damit vorhandene Infrastruktur zur Rapsölgewinnung und Verarbeitung möglichst umfassend zu erhalten. Hinzu kommt der Bau einer bis später drei größerer Biokunststoffanlagen (PLA, PE oder PP, zusätzlich u. a. PBS, PHB und Stärkeblends), die vor allem auf der Nutzung von Zucker und Stärke, jedoch dabei zunehmend auch auf Lignocellulose aus Kurzumtriebsplantagen und Reststoffen basieren. Auch beim Anbau von Naturfasern kommt es zu Steigerungen, die mit dem Aufbau einer Verarbeitungsinfrastruktur verbunden sind – gleiches gilt für sonstige nachwachsende Rohstoffe wie z. B. Löwenzahn zur Kautschukherstellung oder Pharmapflanzen.

In diesem Szenario erreicht die stoffliche Nutzung im Jahr 2020 30 % der verfügbaren Fläche und im Jahr 2030 50 % der verfügbaren NaWaRo-Fläche.

Abbildung 78: Szenario 3 – bis 2030 entfallen 50 % der Anbauflächen auf die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe



nova-Institut 2013

Szenario 4 – 90 % stofflich bis 2030

Das Szenario 4 ist ein Extremszenario, bei dem von einer sehr starken Steigerung ausgegangen wird, die alle Bereiche betrifft. Hierfür wäre die Umsetzung von beinahe allen vorgeschlagenen Instrumenten notwendig. Zusätzlich zu den für die Szenarien 1, 2 und 3 beschriebenen Maßnahmen würde hier die Umformung der RED in eine Renewable Energy and Material Directive (REMD) ins Spiel kommen, durch die auch die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in den verpflichtenden Quoten der Mitgliedsstaaten der EU anrechenbar wäre. Dies würde die Mitgliedsstaaten dazu motivieren, die stoffliche Nutzung zum Beispiel durch eine Förderung von Pilot- und Demonstrationsanlagen oder Steuererleichterungen zu unterstützen.

Da die einseitige Förderung der energetischen Nutzung somit vollkommen ausgeglichen wäre, wäre die stoffliche Nutzung der energetischen aufgrund ihrer höheren Wertschöpfung, ihres größeren Innovationspotenzials und ihres höheren Beschäftigungspotenzials überlegen und könnte erfolgreich um Rohstoffe konkurrieren. Die Investitionsbereitschaft in stoffliche Anlagen würde stark wachsen, da auch die Marktnachfrage nach biobasierten Produkten sich bei einer besseren Kommunikations- und Gesamtstrategie stetig steigern würde.

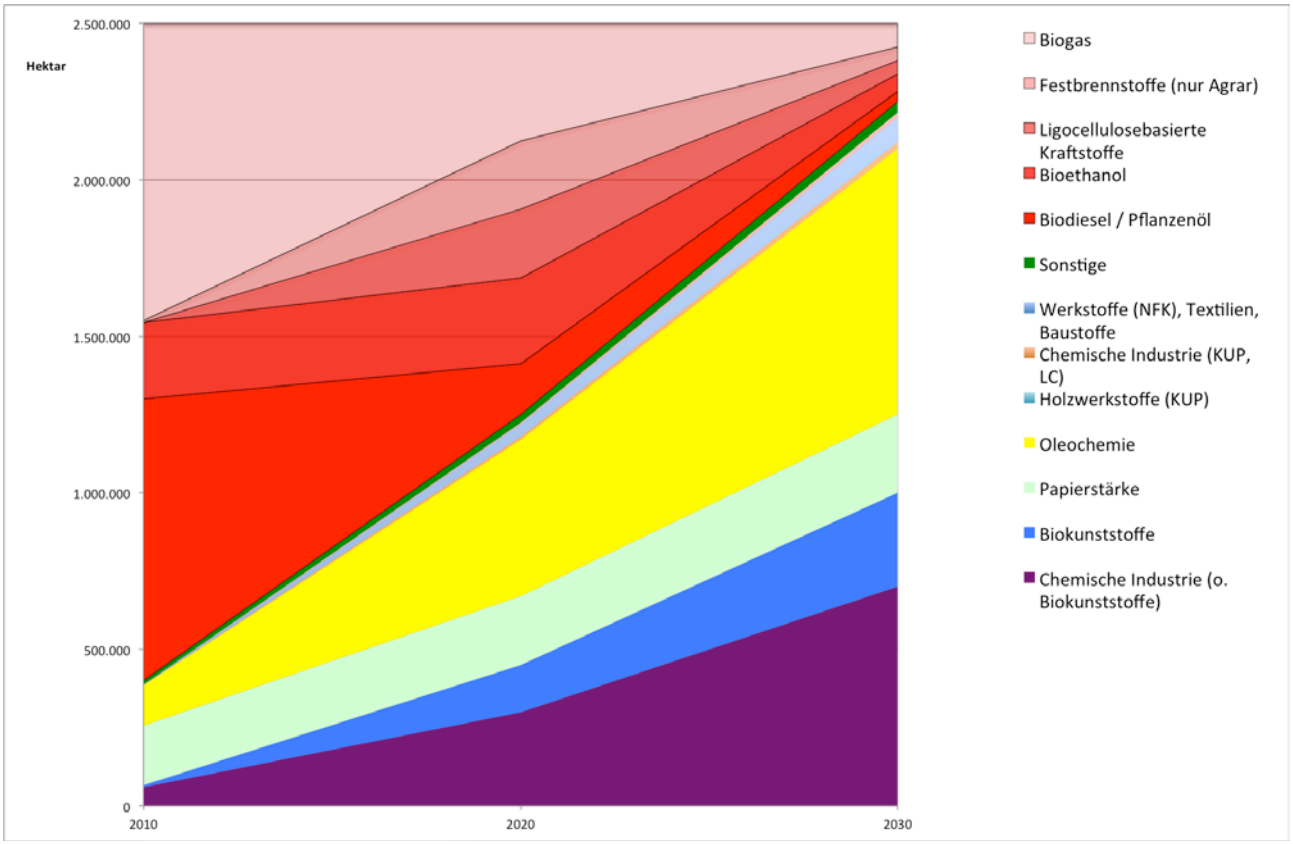
In der chemischen Industrie kommt es dabei sowohl zur deutlichen Steigerung des Einsatzes von Biomasse in der klassischen chemischen Industrie sowie zum Aufbau und Ausbau mehrerer Bioraffinerie-Anlagen. In der oleochemischen Industrie nimmt die Substitution von petrochemischen Ölen und Importölen durch heimische Öle sehr stark zu und es kommt zu vermehrten Züchtungen neuer Sorten und Arten (vgl. auch Szenario 3). Auch hier spielt der

Erhalt von bereits bestehenden Flächen für heimischen Ölpflanzen und die Nutzung der vorhandenen Infrastruktur eine wichtige Rolle. Hinzu kommt der Bau mehrerer größerer Biokunststoffanlagen (PLA, PE oder PP, zusätzlich u. a. PBS, PHB und Stärkeblends), die vor allem auf der Nutzung von Zucker und Stärke, jedoch verstärkt auch auf Lignocellulose aus Kurzumtriebsplantagen und Reststoffen basieren. Hinzu kommt als zusätzliche Option die Nutzung von Biogas (Methan) als Rohstoff für Kunststoffe und Chemikalien. Auch Anbau und Verarbeitung von Naturfasern (Dämmstoffe, Verbundwerkstoffe und hier nun auch Textilien) sowie sonstigen nachwachsenden Rohstoffen wird deutlich verstärkt.

In diesem Szenario erreicht die stoffliche Nutzung im Jahr 2020 50 % der verfügbaren Fläche und im Jahr 2030 90 % der verfügbaren NaWaRo-Fläche.

Das Szenario 4 soll vor allem zeigen, welche Effekte für Umwelt und Ökonomie zu erwarten sind, wenn sich die Biomasse-Allokation zwischen energetischer und stofflicher Nutzung quasi umdreht: Von heute 85:15 zu 10:90 im Szenario 4.

Abbildung 79: Szenario 4 – bis 2030 entfallen 90 % der Anbauflächen auf die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe



nova-Institut 2013

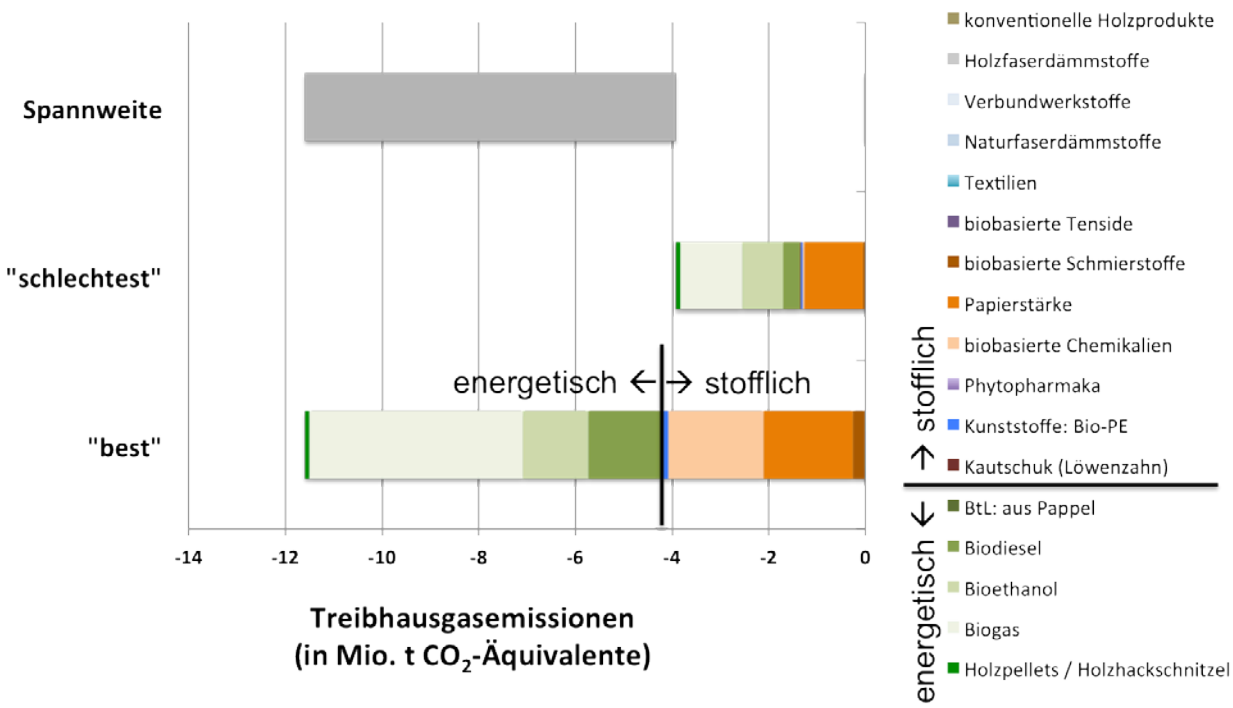
9.4 Analyse der Umweltwirkungen

Im folgenden Kapitel sind die Ergebnisse der Szenarien-Analyse in den drei ausgewählten Umweltwirkungskategorien dargestellt:

- Treibhauspotenzial/Global Warming Potential (GWP)
- Kumulierter Energieaufwand (KEA)
- Versauerungspotenzial (AP)

Die Analyse erfolgt auf Basis der vom nova-Institut erstellten Szenarien für die Flächenbelegung (vgl. Kapitel 9.3). Alle weiteren Parameter zur Berechnung der Umweltwirkungen, insbesondere des Flächenbedarfs und der Umweltwirkungsfaktoren, wurden vom Institut für Energie und Umwelt (IFEU) bereitgestellt. Die Ergebnisse repräsentieren die Bandbreite möglicher Entwicklungspfade in den jeweiligen Bezugszeiträumen und Wirkungskategorien (vgl. Kapitel 9.2.2). Die folgende Abbildung stellt die Ausgangssituation in der Wirkungskategorie des Treibhauspotenzials im Jahr 2010 dar.

Abbildung 80: Spannweite der Verminderung an Treibhausgasemissionen im Jahr 2010



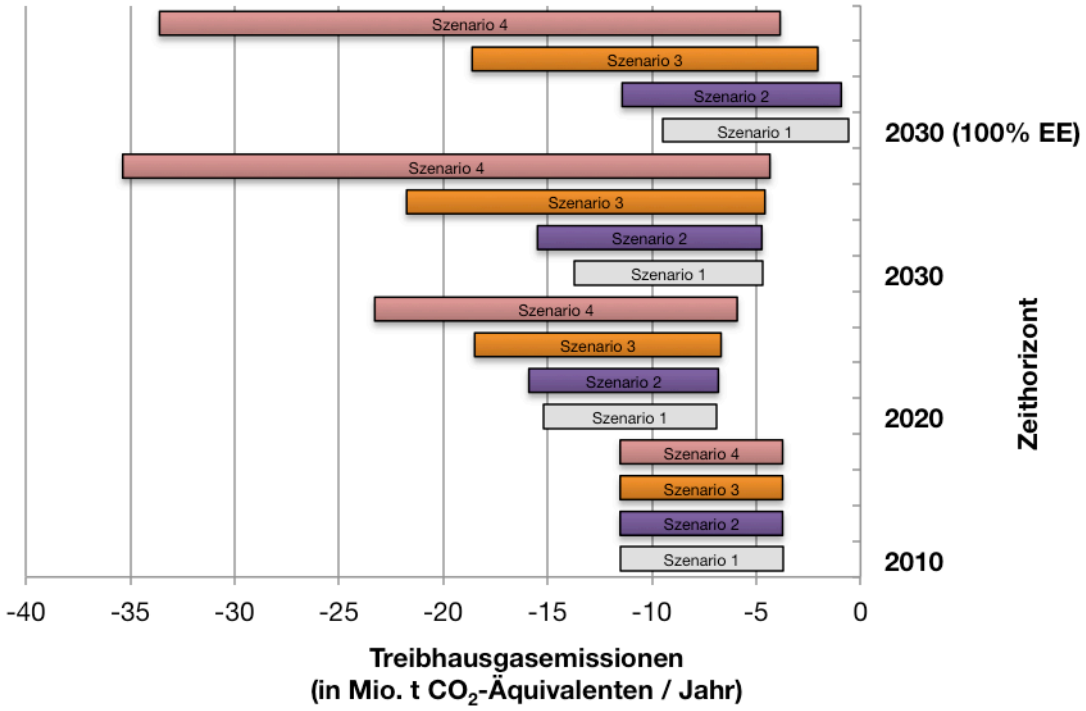
nova-Institut 2013

Anhand der Abbildung zeigt sich, dass im besten Fall ca. 12 Millionen Tonnen Treibhausgasemissionen eingespart werden. Ein Drittel dieser Einsparung oder ca. 4 Millionen Tonnen Treibhausgasemissionen entfallen dabei auf den Bereich der stofflichen Nutzung, obwohl dafür nur ca. 15 % der Fläche aufgewendet wird. Im schlechtesten Fall werden insgesamt ca. 4 Millionen Tonnen Treibhausgasemissionen eingespart. Davon entfallen ca. 1,4 Millionen Tonnen auf die stoffliche Nutzung. Der Anteil der stofflichen Nutzung an den Gesamteinsparungen bleibt dabei mit ca. 35 % der Treibhausgasemissionen konstant.

Anhand der Berechnung beider Extremwerte (Minimum/Maximum) ergibt sich eine Spannweite von ca. 8 Millionen Tonnen als Merkmalsraum der potenziellen Einsparungseffekte.

Die Szenarien-Analyse bis zum Jahr 2030 liefert dazu weitere Erkenntnisse.

Abbildung 81: Entwicklung der Treibhausgasemissionen in den Jahren 2010, 2020, 2030 sowie im Jahr 2030 unter Berücksichtigung eines 100 % Erneuerbare Energien Szenarios



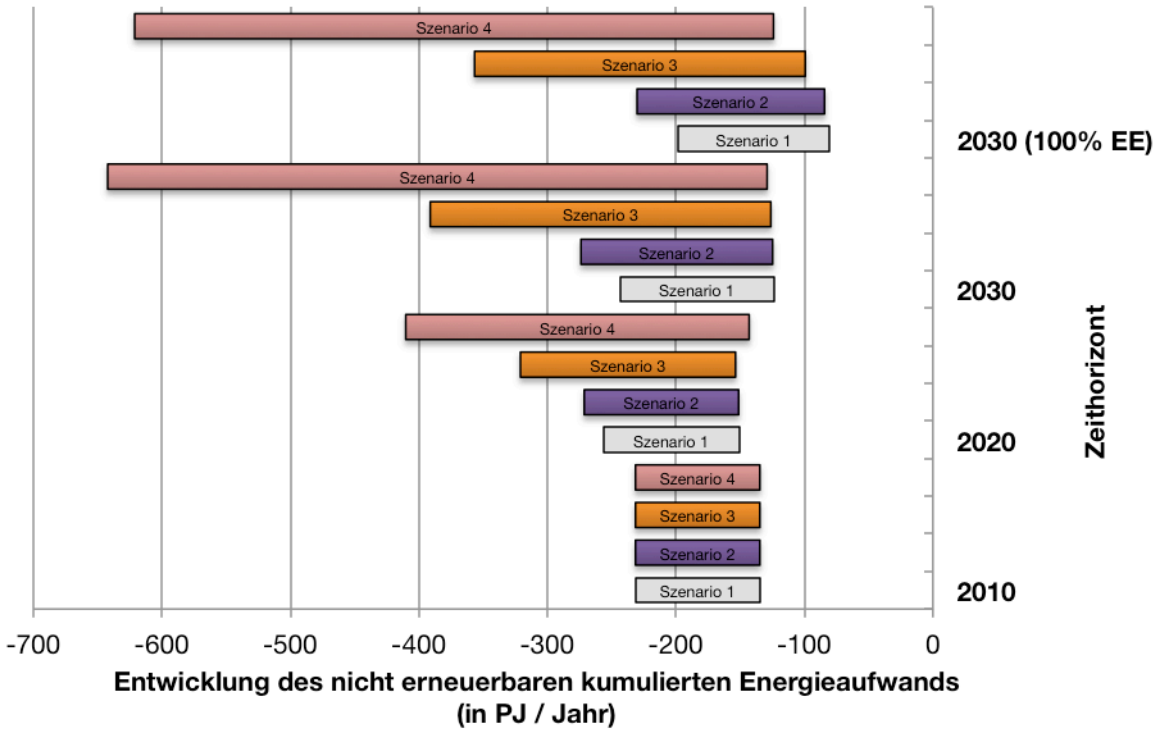
nova-Institut 2013

Die Szenarien-Analyse der Treibhausgasemissionen und des kumulierten Energieverbrauchs (KEA, fossil) liefert die folgenden Erkenntnisse (vgl. Abbildung 81 und Abbildung 82):

- Im Referenzszenario steigert sich das Potenzial zur Einsparung an Treibhausgasen bis zum Jahr 2030 auf maximal 15 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalente. Eine Ausnahme bildet die Berücksichtigung von 100 % erneuerbaren Energien (100 % EE), weil sich in diesem Szenario die ökologischen Vorteile der energetischen Nutzung von Biomasse aufgrund der steigenden Anteile anderer erneuerbarer Energien im Strommix verringern (s. 9.2.2).
- Bei einem Vergleich der vier verschiedenen Szenarien zu einem Zeitpunkt zeigt sich, dass die Einsparungspotenziale in den Umweltwirkungen der nicht-erneuerbaren Energien sowie der Treibhausgasemissionen größer werden, je größer der Anteil der stofflichen Nutzung ist. Dieser Effekt basiert auf den größeren flächenbezogenen Einsparungspotenzialen der stofflichen Nutzung gegenüber der energetischen Nutzung unter den in Kapitel 9.2 getroffenen Annahmen.
- Bei einem Vergleich der Jahre 2030 mit und ohne Bereitstellung von 100 % erneuerbarer Energien ist zu verzeichnen, dass das maximale Einsparungspotenzial in beiden Wirkungskategorien sinkt, weil positive Effekte der Stromproduktion aus Biomasse bei einem Strommix aus 100 % erneuerbaren Energien nicht mehr zu verzeichnen sind. Die Produktion von Strom aus Biogas und Holzpellets führt sogar zu negativen ökologischen Effekten (s. 9.2.2).
- Die Spannweite der Einsparungen an Treibhausgasemissionen sowie des kumulierten Energieverbrauchs wird mit einem steigenden Anteil der stofflichen Biomassenutzung größer – einfach schon aufgrund der großen Bandbreite der verschiedenen stofflichen Nutzungen und der zeitlichen Dynamik der Wirkungsfaktoren. Allerdings zeigen sich

auch die höchsten Einsparungspotenziale im Szenario der höchsten Ausbaustufe der stofflichen Nutzung (vgl. Szenario 4).

Abbildung 82: Entwicklung des nicht erneuerbaren kumulierten Energieverbrauchs (KEA, fossil) in den Jahren 2010, 2020, 2030 sowie im Jahr 2030 unter Berücksichtigung eines 100 % Erneuerbaren Energien Szenarios

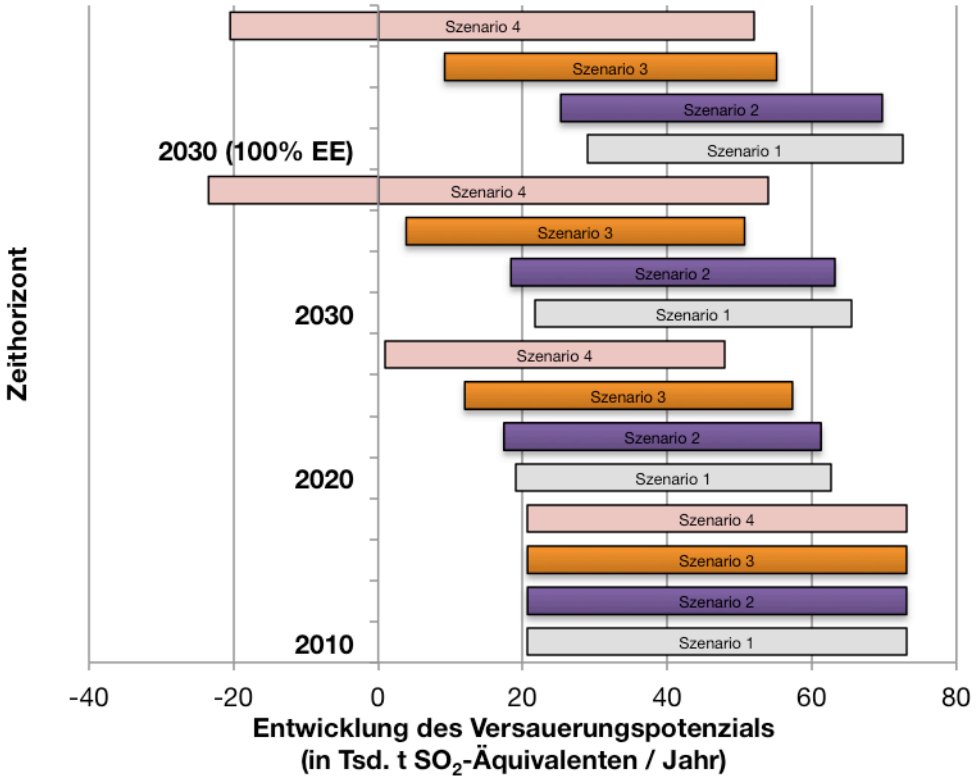


nova-Institut 2013

Anhand der Szenarien-Analyse für das Versauerungspotenzial lassen sich die folgenden Erkenntnisse ableiten (s. Abbildung 83):

- Das Spektrum der möglichen Ergebnisse umfasst in allen Szenarien ökologische Nachteile beim Vergleich des Versauerungspotenzials biobasierter Produkte und deren jeweiligen konventionellen Referenzprodukten (vgl. Szenarien 1-4).
- Eine Steigerung der stofflichen Nutzung von Biomasse geht mit einer Verringerung des Versauerungspotenzials einher (s. Szenarien 2-3).
- Im Fall der größten Steigerung der stofflichen Nutzung sind sogar ökologische Vorteile in dieser Umweltwirkungskategorie des Versauerungspotenzials möglich (s. Szenario 4).

Abbildung 83: Entwicklung des Versauerungspotenzials in den Jahren 2010, 2020, 2030 sowie im Jahr 2030 unter Berücksichtigung eines 100% Erneuerbaren Energien Szenarios



nova-Institut 2013

Insgesamt zeigt sich, dass große Potenziale für die Einsparung von negativen Umwelteffekten durch die Herstellung und Nutzung von biobasierten Produkten bestehen. Dies gilt für alle drei in der Szenario-Analyse betrachteten Wirkungskategorien. Hinsichtlich des globalen Klimawandels ist festzuhalten, dass die stoffliche Nutzung von Biomasse mit mehr als 30 % der eingesparten Treibhausgasemissionen bei nur 10 % der Flächenbelegung schon heute einen relativ wesentlich höheren Beitrag zum Klimaschutz leistet, als die energetische Nutzung von Biomasse (siehe Abbildung 80).

Weiterhin zeigen sich Vorteile der stofflichen Nutzung von Biomasse gegenüber deren energetischer Nutzung insbesondere im Strombereich. Die ökologischen Vorteile der energetischen Nutzung von Biomasse verringern sich in Zukunft in dem Maße, in dem der Ausbau der erneuerbaren Energien voranschreitet. Da Strom aus der direkten Nutzung von Sonne und Wind umweltfreundlicher als der aus Biomasse ist, verschlechtern sich mit steigendem Anteil von Solar- und Windstrom die ökologischen Parameter für Strom aus Biomasse relativ zum Strommix.

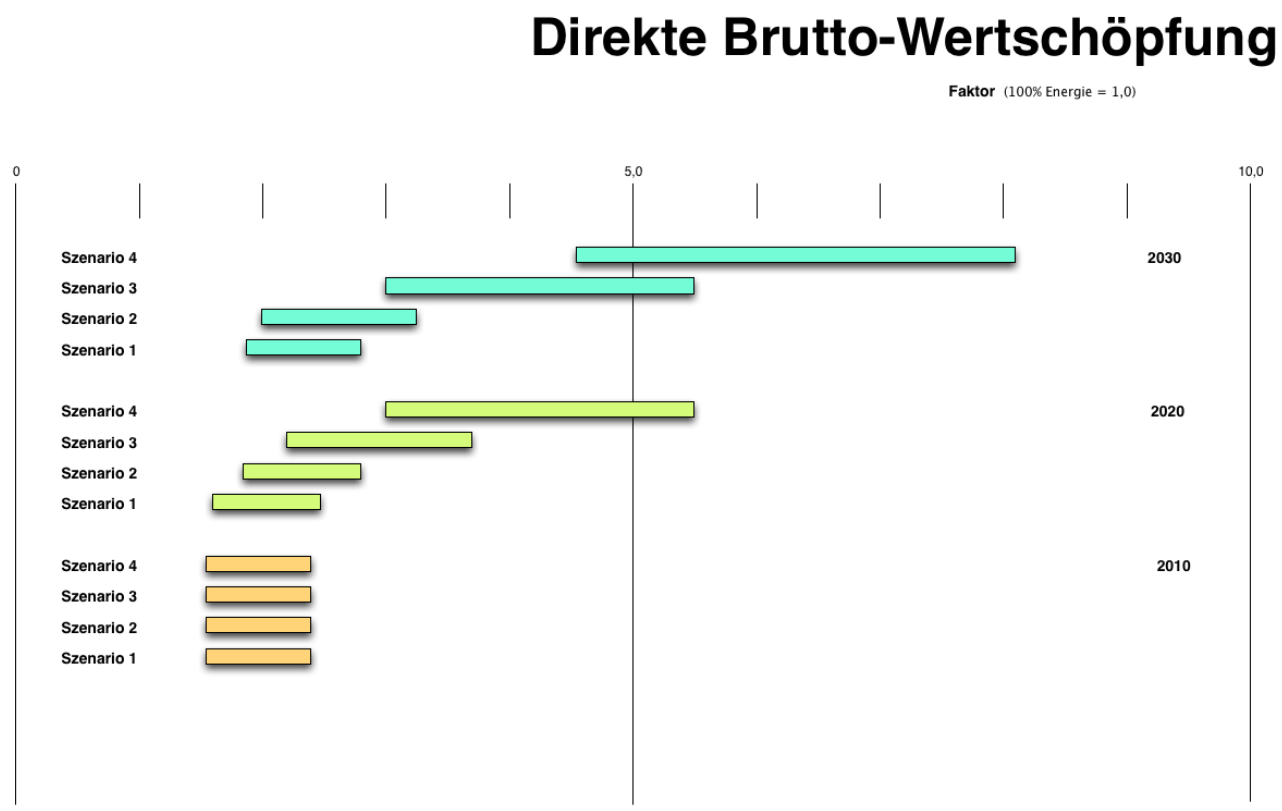
Im Gegensatz dazu verringern sich die ökologischen Vorteile der stofflichen Nutzung von Biomasse bis 2030 nicht, weil sie auf Basis der Substitution petrochemischer Produkte auch in Zukunft bestehen bleiben. Es ist sogar davon auszugehen, dass sich die ökologischen Vorteile für die stoffliche Nutzung von Biomasse in Zukunft noch verstärken werden, wenn zur Produktion konventioneller Produkte auf immer aufwändiger zu erschließende fossile Ressourcen (Extraktion aus Öl-/ und Teerschiefer, Off-Shore-Bohrungen von Tiefseeöl, Fracking von Schiefergas, etc.) zurückgegriffen werden muss.

9.5 Analyse der volkswirtschaftlichen Effekte

Abbildung 84 zeigt die direkte Brutto-Wertschöpfung für die vier Szenarien und die entsprechenden Bezugsjahre 2010 2020 und 2030 auf Basis der in Kapitel 9.2.3 dargestellten volkswirtschaftlichen Daten. Da die Werte für die Bruttobeschäftigung sehr ähnlich ausfallen (s. Kapitel 9.2.3), werden diese hier nicht in einer eigenen Grafik dargestellt.

Mit einem zunehmenden Anteil der stofflichen Nutzung wächst die aus der Biomasse erzielte Brutto-Wertschöpfung ganz erheblich. Gegenüber einer rein energetischen Nutzung der in Deutschland angebauten Biomasse wächst die Brutto-Wertschöpfung bei 90 %iger stofflicher Nutzung und einer nur 10 %igen energetischen Nutzung auf das 5 bis 8-fache.

Abbildung 84: Entwicklung der relativen, direkten Brutto-Wertschöpfung in den Jahren 2010, 2020 und 2030



nova-Institut 2013

9.6 Fazit und Empfehlungen

Das Arbeitspaket 9 „Untersuchung möglicher Entwicklungspfade“ hat eine Reihe wichtiger und neuer Erkenntnisse gebracht:

Die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe hat das Potenzial, sehr positive ökologische und volkswirtschaftliche Effekte zu erzielen. Um dieses Potenzial zu entfalten, muss der Anteil der stofflich genutzten nachwachsenden Rohstoffe erhöht werden, was nur bei veränderten politischen Rahmenbedingungen möglich sein wird.

In Abhängigkeit vom Ausmaß der Änderungen der aktuellen Rahmenbedingungen wurden vier Szenarien entwickelt, die unterschiedliche Anteile der stofflichen und energetischen Nutzung an den Anbauflächen zeigen. Das reicht von einem Anteil der stofflichen Nutzung von 15 % (Szenario 1, aktuell) bis hin zu 90 % (Szenario 4, 2030).

Dabei zeigen sich die Annahmen für Szenario 4 sowohl in Bezug auf politische Rahmenbedingungen wie auch in Bezug auf den Ausbau der bestehenden Infrastruktur als durchaus realistisch und belastbar. Die Annahmen zum Aufbau von Bioraffinerien, dem Ausbau von Biokunststoffkapazitäten sowie zur Nutzung der etablierten Rapsöl-Strukturen für die Oleochemie zeigen dies explizit.

Die Effekte in drei verschiedenen Umweltwirkungskategorien (Treibhausgaspotenzial, fossiler kumulierter Energieaufwand, Versauerungspotenzial) zeigen für die verschiedenen Szenarien große Spannbreiten, die sich vor allem durch das umfangreiche Spektrum der unterschiedlichen stofflichen Nutzungen ergeben. Es zeigt sich dabei aber deutlich, dass die Szenarien mit einem höheren stofflichen Anteil auch die höchsten Minderungs-, bzw. Einsparungspotenziale aufweisen. Mit den besten stofflichen Linien lassen sich signifikant größere Reduzierungen als im energetischen Bereich erzielen. Dies beruht teilweise darauf, dass gerade Strom aus Biomasse bei zunehmenden Anteilen von Solar- und Windstrom ökologisch ins Hintertreffen gerät.

Die mit einer zunehmenden stofflichen Nutzung einhergehenden positiven Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte sind beachtlich und beruhen vor allem auf den erheblich längeren Prozess- und Wertschöpfungsketten der stofflichen Nutzung.

Die Ergebnisse der Untersuchung deuten darauf hin, dass eine Gleichbehandlung – wenn nicht sogar Bevorzugung – der stofflichen gegenüber der energetischen Nutzung geboten ist, um die ökologischen und volkswirtschaftlichen Potenziale der stofflichen Nutzung realisieren und die begrenzte Biomasse optimal nutzen zu können.

Die Empfehlungen an politische Entscheidungsträger lauten daher, die momentane Bevorzugung der energetischen Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen so schnell wie möglich zu beenden. Die konkreten Maßnahmen, die als mögliche Instrumente in Arbeitspaket 8 identifiziert wurden, sollten unmittelbar und zeitnah umgesetzt werden – von den sogenannten „kleinen“ Maßnahmen angefangen bis hin zu einer Reform der Renewable Energy Directive (RED) auf EU-Ebene.

Dabei wären die größten ökologischen Effekte in den betrachteten Wirkungskategorien dadurch zu erzielen, dass sich das Förderinstrumentarium explizit an diesen Umwelteffekten orientieren würde, unabhängig von einer stofflichen oder energetischen Nutzung der Biomasse. Nur so können die maximalen ökologischen Potenziale der Biomassenutzung, die sich in den großen Spannbreiten für unterschiedliche Nutzungen zeigen, verwirklicht werden.

10 Quellenverzeichnis

Arnold, K., von Geibler, J., Bienge, K., Stachura, C., Borbonus, S., Kristof, K. (2009): Kaskadennutzung von nachwachsenden Rohstoffen: Ein Konzept zur Verbesserung der Rohstoffeffizienz und Optimierung der Landnutzung. Wuppertal Papers Nr. 180. Wuppertal.

Asveld, L., van Est, R. & Stemerding, D. (2011): Getting to the core of the bio-economy: A perspective on the sustainable promise of biomass. Rathenau Instituut. Den Haag.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): Nationale Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030. Unser Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft. Berlin.

BMELV – Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2009): Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Berlin.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2012): Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess), Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, Beschluss des Bundeskabinetts vom 29.2.2012. Berlin.

BMU / UBA (2012): Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen. Anregungen für kommunale Entscheidungsträger. Broschüre. Berlin /Dessau-Roßlau.

BMVBS – Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2010): Globale und regionale Verteilung von Biomassepotenzialen. Status Quo und Möglichkeiten der Präzisierung. Berlin.

Bos, H., Conijn, S., Corré, W., Meesters, K., Patel, M. (2011): Duurzaamheid van biobased producten. Energiegebruik en broeikasgasemissie van producten met suikers als grondstof. Wageningen.

BReg – Deutsche Bundesregierung (2012): Roadmap Bioraffinerien im Rahmen der Aktionspläne der Bundesregierung zur stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Berlin.

Carrez, D. et al. (2010): The Knowledge Based Bio-Economy (KBBE) in Europe: Achievements and Challenges. Brüssel.

Carus, M., Piotrowski, S., Raschka, A. et al. (2010): Studie zur Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland - Volumen, Struktur, Substitutionspotenziale, Konkurrenzsituation und Besonderheiten der stofflichen Nutzung sowie eine Entwicklung von Förderinstrumenten (Langfassung). Gefördert von BMELV/FNR (FKZ: 22003908). Hürth. (Frei verfügbar unter: www.bio-based.eu/policy).

Carus, M. (2012): Bio-based Economy in the EU-27 – A first quantitative assessment of biomass use in the EU industry. Expert study for EU Commission, DG Research & Innovation, Brüssel.

Carus, M. und Dammer, L. (2013): Food or Non-food: Which Agricultural Feedstocks Are Best for Industrial Uses? In: Industrial Biotechnology 2013;9(4).

CEPI – Confederation of European Paper Industries (2012): Resource Efficiency = Cascading use of raw materials. Broschüre herunterzuladen unter http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/forest/2012/ONLINE_Resource%20Efficiency%20Leaflet_1.pdf (abgerufen am 22.03.2013).

DBFZ – Deutsches BiomasseForschungsZentrum (2010): Methoden zur stoffstromorientierten Beurteilung für Vorhaben im Rahmen des BMU-Förderprogramms „Energetische

Biomassenutzung“; Arbeitsentwurf zur Kommentierung, Stand: 31.03.2010; Service- und Begleitvorhaben des Förderprogramms „Optimierung energetische Biomassenutzung“. Leipzig

Dena – Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (2011): Die Mitverbrennung holzartiger Biomasse in Kohlekraftwerken. Ein Beitrag zur Energiewende und zum Klimaschutz? Berlin.

DEPV – Deutscher Energie- und Pelletverband e.V. (2011): Pelletmarkt 2010: Große Mengen, stabile Preisentwicklung, aber weiterhin Modernisierungsstau am Heizungsmarkt. Pressemitteilung vom 28. Januar 2011. Berlin.

Detzel, A., Kauertz, B., Derreza-Greeven, C. (2012): Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen. IFEU, Heidelberg. Erschienen unter UBA-Texte 52/2012.

DLR – Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (2010): Kenndaten von Strom- und Wärmesystemen in der BMU-Leitstudie; interne Datenübermittlung der DLR an das Öko-Institut. Stuttgart (unveröffentlicht).

Dornburg, V., Lewandowski, I., Patel, M. (2003): Comparing the land requirements, energy savings, and greenhouse gas emissions reduction of biobased polymers and bioenergy – An analysis and system extension of life cycle assessment studies. Journal of Industrial Ecology 7 (3-4): 93–116.

Ecoinvent database v2.2 (2010); Swiss Center for Life Cycle Inventories; http://www.ecoinvent.org/

Erickson, B., Carr, M. & Winters, P. (2011): Meeting the Grand Challenge for Industrial Biotechnology: Policies to Create a Biobased Economy. In: Industrial Biotechnology 2011;7(6)414-417.

EuropaBio (2012): Boosting the EU Bioeconomy, Broschüre. Brüssel.

Europäische Kommission (2008): Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Änderung der Richtlinie 2006/112/EG in Bezug auf ermäßigte Mehrwertsteuersätze. KOM (2008) 428. Brüssel.

Europäische Kommission (2010): Bericht der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament über Nachhaltigkeitskriterien für die Nutzung fester und gasförmiger Biomasse bei Stromerzeugung, Heizung und Kühlung. KOM (2010)11. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0011:FIN:DE:PDF

Europäische Kommission (2010b): Mitteilung der Kommission zur praktischen Umsetzung des EU-Nachhaltigkeitskonzepts für Biokraftstoffe und flüssige Biobrennstoffe sowie zu den Berechnungsregeln für Biokraftstoffe (2010/C 160/02). http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2010:160:0008:0016:DE:PDF

Europäische Kommission (2012): Innovating for Sustainable Growth: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Brüssel.

Europäische Kommission (2012b): Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe; Commission Staff Working Document, accompanying the document. Brüssel.

Europäische Kommission (2012c): JRC Newsletter, März 2012. http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm?id=1410&obj_id=14460&dt_code=NWS&lang=en (abgerufen am 15.02.2013).

Europäische Kommission (2012d): Konsultationspapier. Überprüfung bestehender Rechtsvorschriften zu ermäßigten Mehrwertsteuersätzen. KOM TAXUD/C1. Brüssel.

Europäische Kommission (2012e): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources, (COM(2012) 595 final). Brüssel.

Europäische Kommission (2013): Press Release: Commission to launch bioeconomy observatory. Brüssel.

Europäische Union (2008): Konsolidierte Fassung des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union, Amtsblatt der Europäischen Union C 115. Brüssel.

Europäische Union (2009): Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG, Amtsblatt der EU L 140. Brüssel.

Fachverband der Stärkeindustrie e.V. (2010): Angaben zur Produktion und Nutzung von Stärke. http://www.staerkeverband.de/html/zahlen.html (abgerufen am 2011-11-08).

FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations (2008 /2011): FAOSTAT Datenbank: Statistische Daten zum Anbau und Nutzung nachwachsender Rohstoffe, Rom.

Fischler, F. (2012): The third Industrial Revolution. In: Biofuels Bioproducts & Biorefining (Biofpr) 2012;6(1):8–11.

FEDIOL (2011): Angaben zur Produktion und Nutzung von Pflanzenölen auf der Website http://www.fediol.be

Fehrenbach, H. (2000): Operationalisierung der Wirkungskategorie Naturraumbeanspruchung unter besonderer Berücksichtigung landwirtschaftlich genutzter Flächen; internes Arbeitspapier des IFEU. Heidelberg.

FfE – Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (2003): Anwendung und Kommunikation des Kumulierten Energieverbrauchs (KEV) als praktikabler umweltbezogener Bewertungs- und Entscheidungsindikator für energieintensive Produkte und Dienstleistungen; Duschl, A./Mauch, W./Boermans, T./Fritsche, U./Patyk, A.; Endbericht in Kooperation mit ecofys, IFEU, Öko-Institut und TH Karlsruhe zum F&E-Vorhaben i.A. des UBA. München usw. Bericht herunterzuladen unter: http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2779.pdf.

FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2012): Tabelle der Anbaufläche für Nachwachsende Rohstoffe; http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/anbauflache-fur-nachwachsende-rohstoffe-2012-tabelle.html (abgerufen am 03.07.2013).

FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2012): Grafik zur Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe 2012. http://mediathek.fnr.de/grafiken/pressegrafiken/anbauflache-fur-nachwachsende-rohstoffe-2012-grafik.html (abgerufen am 22.03.2013).

FPInnovations (2011): Bio-energy and bio-chemicals synthesis report. Pointe-Claire 2011.

Fritsche, U., Hennenberg, K.J., Hermann, A., Hünecke, K., Herrera, R., Fehrenbach, H., Roth, E., Hennecke, A. & J. Giegrich (2010): Entwicklung von Strategien und Nachhaltigkeitsstandards zur Zertifizierung von Biomasse für den internationalen Handel. UBA Texte 48/2010. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

GBEP (2011): The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy first edition, Rom. http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/The_GBEP_Sustainability_Indicators_for_Bioenergy_FINAL.pdf

Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit – GIZ (Hrsg.) (2011): Nachwachsende Rohstoffe für die stoffliche Nutzung - Auswirkungen für Entwicklungs- und Schwellenländer. Eschborn.

Gothe, D. & Hahne, U. (2005): Regionale Wertschöpfung durch Holz-Cluster. Best-Practice-Beispiele regionaler Holzcluster aus den Bereichen Holzenergie, Holzhaus- und Holzmöbelbau. Kassel.

IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung (2008): Criteria for a Sustainable Use of Bioenergy on a Global Scale; prepared for UBA. Heidelberg/Dessau. Bericht herunterzuladen unter: http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3514.pdf.

ISO – International Organization for Standardization (2006): DIN EN ISO 14040 (Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen) & DIN EN ISO 14044 (Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen). Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN). Beuth, Berlin.

Harrison, P. (2012): Wortbeitrag auf dem „Workshop on the Bio-Based Economy“ am 18. Januar 2012, veranstaltet von FTI Consulting im Auftrag von DSM, Novozymes, Dupont Industrial Biosciences und EuropaBio. Brüssel.

Hermann A. et al.: (2009) Rechtsfragen zu nachhaltige Biomasse; enthalten in Berichte und Arbeitsmaterialien des F+E Projektes BioGlobal; siehe ÖKO/IFEU (2010)

Hermann, B., Carus, M., Patel, M. & Blok, K. (2011): Current policies affecting the market penetration of biomaterials. Biofuels, Bioproducts & Biorefining (Biofpr) 2011;5(6):708-719.

Hermann, B. (2010): Opportunities for Biomaterials - Economic, environmental and policy aspects along their life cycle. Universiteit Utrecht. Utrecht.

Hofer, P., Taverna, R., Werner, F., Kaufmann, E., Thürig, E. (2007): CO_2-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft, Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz. In: Umwelt-Wissen Nr. 0739. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt (BAFU). Bern.

Jering et al. (2010): Use of renewable raw materials with special emphasis on chemical industry. ETC/SCP report 1/ 2010. Kopenhagen.

Jossart, J.-M. (2009): Development of the bioenergy sector – future European demand factors, technological development and competition of uses. EEA-JRC-UASE Workshop Biomass resource assessment for biofuels/bioenergy and competition with other biomass uses. Eberswalde.

Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H. (Hrsg) (2009): Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren. Heidelberg.

Karus, M., Gahle, C., Ortmann, S., Lestari, N. (2006): Weltweite Nutzung nachwachsender Rohstoffe im stofflichen Bereich: Erfassung und Analyse des IST-Zustands, Mengen und Flächen-Szenarien für 2030 und 2050. Studie im Auftrag des IFEU-Instituts im Rahmen des Förderprojekts „Nachwachsende Rohstoffe in der chemischen Industrie: Optionen und Potenziale für die Zukunft“. Heidelberg.

Knappe, F, Böß, A., Fehrenbach, H., Giegrich, J., Vogt, R., Dehoust, G., Schüler, D., Wiegmann, K., Fritsche, U. (2007): Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der

Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. Forschungsbericht 205 33 313, herausgegeben vom Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau.

Koch, B. (2011): Biomass Energy Europe. Final report. Freiburg.

Köhl et al. (2011): Nutzungsverzicht oder Holznutzung? Auswirkungen auf die CO_2-Bilanz im langfristigen Vergleich. In: AFZ-Der Wald 15/2011., S. 25-27.

Krausmann, F., Erb, K.-H., Gingrich, S., Lauk, C., Haberl, H. (2008): Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: A comprehensive assessment of supply, consumption and constraints. In: Ecological Economics 65 (2008), S. 471-487.

Krewitt, W. & Schlomann, B. (2006): Externe Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Vergleich zur Stromerzeugung aus fossilen Energieträgern. Gutachten im Rahmen von Beratungsleistungen für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.

Lahl, U. & Zeschmar-Lahl, B. (2011): Going Green: Chemie. Handlungsfelder für eine ressourceneffiziente Chemieindustrie. Heinrich Böll Stiftung, Ökologie, Band 19. Berlin.

Lehr, U., Lutz, C., et al. (2011): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.

LMI Ad-hoc Advisory Group for Bio-based Products (DG Enterprise) (2011): List of Priority Recommendations. Brüssel.

LMI Ad-hoc Advisory Group for Bio-based Products (DG Enterprise) (2011b): Financing Paper. Brüssel.

Luguel, C. et al. (2011): European Biorefinery Joint Strategic Research Roadmap. Star-COLIBRI. Brüssel.

Luguel, C. (2013): Persönliche Kommunikation im Rahmen des Workshops zum EU FP7 Projekt BIO-TIC Workshop. Paris.

Maibach, M., Sieber, N., et al. (2007): Praktische Anwendung der Methodenkonvention: Möglichkeiten der Berücksichtigung externer Umweltkosten bei Wirtschaftlichkeitsrechnungen von öffentlichen Investitionen. Endbericht zum UFOPLAN-Vorhaben 203 14 127. Berlin.

Mantau, U. (2009): Holzrohstoffbilanz Deutschland: Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung bis 2012. In: Seintsch, B., Dieter, M. (Hrsg.): Waldstrategie 2020. Tagungsband zum Symposium des BMELV. Berlin.

Mantau, U. et al. (2010): Real potential for changes in growth and use of EU forests – Euwood. Final report. Hamburg.

Mantau, U. (2012): Holzrohstoffbilanz Deutschland, Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommen und der Holzverwendung 1987 bis 2015. Hamburg.

März, U. (2009): Stoffliche Verwertung von Kohlenhydraten in der Bundesrepublik Deutschland. Studie angefertigt im Auftrag der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Schopfheim.

Meier, D. (2012): Bioabfallnutzung spart Treibhausgas. Auswirkungen zahlreicher Gesetzesnovellen beschäftigen Bioenergieforum Kassel. In: Energiepflanzen, Nr. 3 / 2012.

MWV – Mineralölwirtschaftsverband e.V. (2010): Jahresbericht Mineralöl-Zahlen 2009. Hamburg.

Nusser, M.; Sheridan, P.; Walz, R.; Seydel, P.; Wydra, S. (2007): Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen. Hrsg. FNR e.V. Gülzow.

OECD – Organisation for Economic Co-Operation and Development (2011): Future Prospects for Industrial Biotechnology. Paris.

ÖKO – Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie e.V. (2011): Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) Version 4.7; Abrufbar unter www.gemis.de.

ÖKO/HFR/ILN – Öko-Institut / Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg / Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz (2012): Umsetzung der Biodiversitätsziele bei der nachhaltigen Bioenergienutzung. 2. Zwischenbericht. BfN-Projekt FKZ 3510 83 0200. Bonn.

ÖKO/IFEU (2010): BioGlobal - "Entwicklung von Strategien und Nachhaltigkeitsstandards zur Zertifizierung von Biomasse für den internationalen Handel", Öko-Institut in Kooperation mit IFEU; i.A. des UBA (FKZ 370793100). Darmstadt, Heidelberg; http://www.uba.de/uba-info-medien/3960.html

O'Sullivan, Marlene et al. (2012): Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2011. Eine erste Abschätzung. Berlin.

OXFAM (2012): The Hunger Grains - The fight is on. Time to scrap EU biofuel mandates; OXFAM Briefing Paper 161. http://www.oxfam.de/sites/www.oxfam.de/files/20120917_bp161-hunger-grains-en.pdf

OXFORD Research – Centre of Strategy & Evaluation Services (CSES) 2011: Final Evaluation of the Lead Market Initiative – Final Report. Kent.

Peters, D. (2010): Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie. 3., vollständig überarbeitete Ausgabe. Herausgegeben von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR). Gülzow.

Peters, D. 2012: Persönliche Kommunikation.

Piotrowski, S. (2012): Aktualisierung der Berechnungen zur Höhe der Preisstützung für Bioenergie und Biokraftstoffe für die Jahre 2012 und 2013 im Vergleich zum Jahr 2009. Hürth. (Erstellt in diesem Projekt.)

Pöyry Forest Industry Consulting (2006): Value added and employment in PPI and energy alternative. Studie im Auftrag der CEPI (Confederation of European Paper Industries). Vantaa.

Pöyry Forest Industry Consulting (2011): Employment and Value Added – A Comparison Between the European Pulp and Paper Industry and the Bioenergy Sector. Studie im Auftrag der CEPI (Confederation of European Paper Industries). Vantaa. http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/forest/2012/FOR-142-11final.pdf (abgerufen am 2013-04-22)

Prognos (2010): Regionale Potenzialanalyse von Bio- und Grünabfällen zur Vergärung. Beiträge zur regenerativen Energieerzeugung und zum Ressourcenschutz. Berlin.

Reinhardt, G.A., Detzel, A., Gärtner, S.O., Rettenmaier, N., Krüger, M. (2007): Nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie: Optionen und Potenziale für die Zukunft. IFEU, Heidelberg.

Rettenmaier, N., Köppen, S., Gärtner, S.O., Reinhardt, G.A. (2010): Life cycle analyses (LCA) – Final report on Tasks 4.2 & 4.3. Prepared for the 4F CROPS project ("Future Crops for Food, Feed, Fiber and Fuel"), supported by EC's FP7 programme. IFEU, Heidelberg.

Rettenmaier, N., Detzel, A., Keller, H., Kauertz, B., Gärtner, S.O., Reinhardt, J. (2013): Lebenszyklusanalysen für ausgewählte bio-basierte Produkte. Langfassung des AP 4-Berichts in diesem Projekt, s. Anhang 4. IFEU, Heidelberg, 2013

Rüter, S. (2011): Welchen Beitrag leisten Holzprodukte zur CO_2-Bilanz?, in: AFZ – Der Wald, 15/2011.

Rüter, S. (2012): Persönliche Email-Kommunikation, 2012-08-27.

Schmidhuber, J. (2007): Biofuels – An emerging threat to Europe's Food Security? Impact of an Increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: A longer-term perspective. Notre Europe Policy Paper no. 27. Paris.

Schöpe, Manfred und Britschkat, Günter (2006): Volkswirtschaftliche Effekte der Erzeugung von Bioethanol zum Einsatz im Kraftstoffbereich. ifo Schnelldienst 21/2006. München.

Schöpe, Manfred (2010): Gesamtwirtschaftliche Effekte der Förderung von Biodiesel. ifo Schnelldienst 4/2010. München.

Scott, E.L., Van Haveren, J., Sanders, J.P.M. (2010): The Production of Chemicals in a Biobased Economy. In: Langeveld, J. (editor) (2010): The Biobased Economy – Biofuels, Materials and Chemicals in the Post-oil Era. Earthscan Ltd. London.

Seintsch, B. (2008), Entwicklungen und Bedeutung des bundesweiten Clusters Forst und Holz: Studie „Volkswirtschaftliche Bedeutung des Clusters Forst und Holz im Rahmen der „Bundesweiten Clusterstudie Forst und Holz". In: BMELV (Hrsg.) (2008): Cluster Forst und Holz, Sonderdruck der im Holz-Zentralblatt von 2006-2008 veröffentlichten Ergebnisberichte der Teilstudien. Berlin.

SRU – Sachverständigenrat für Umweltfragen (2012): Umweltgutachten 2012. Verantwortung in einer begrenzten Welt. Berlin.

Star-COLIBRI (Hrsg.) (2011): Joint European Biorefinery Vision for 2030. Brüssel.

Statistisches Bundesamt (2010): Abfallbilanz Deutschland 2008. Wiesbaden.

Thöne, M. (2010): Steuerpolitische Instrumente. In: Carus, M. et al. 2010: Studie zur Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland - Volumen, Struktur, Substitutionspotenziale, Konkurrenzsituation und Besonderheiten der stofflichen Nutzung sowie eine Entwicklung von Förderinstrumenten (Langfassung). Gefördert von BMELV/FNR (FKZ: 22003908). Hürth, S. 378-91.

TNO-HCSS – The Netherlands Organization for Applied Scientific Research & The Hague Centre for Strategic Studies (2011): Bio-based Economy: Between golden mountains and green business, Delft. (Die vollständige Publikation ist nur auf Niederländisch verfügbar.)

Treffenfeldt, W., Fischer, R., Heiden, S., Hirth, T., Maurer, K.-H., Patermann, C., Schäfer, T., Schmid, A., Sieden, C., Weuser-Botz, D. & H. Zinke (2010): 04 – Berichte aus dem BioÖkonomieRat – Empfehlungen zum Aufbau einer wettbewerbsfähigen und nachhaltigen Bioökonomie – Beitrag der Industriellen Biotechnologie zum wirtschaftlichen Wandel in Deutschland. BioÖkonomieRat. Berlin.

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2007): Ökonomische Bewertung von Umweltschäden. Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten. Dessau-Roßlau.

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2010): Energieziel 2050: 100% Strom aus erneuerbaren Quellen. Dessau-Roßlau.

UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2010): Leitfaden nachhaltige Chemikalien. Dessau-Roßlau.

UNEP/ÖKO/IEA – United Nations Environment Programme / Öko-Institut / IEA Bioenergy Task 43: The Bioenergy and water nexus. http://www.unep.org/pdf/water/Water_Bioenergy_FINAL_WEB_VERSION.pdf (abgerufen am 2013-07-03).

UNFCCC – Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (2010): Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties Under the Kyoto Protocol. Documentation to facilitate negotiations among the Parties. FCCC/KP/AWG/2010/6/Add.2.

USDA – U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (2011): EU-27 Annual Biofuels Report. Den Haag.

VCI – Verband der Chemischen Industrie e.V. (2009): Chemiewirtschaft in Zahlen 2009. Frankfurt a.M.

VCI – Verband der Chemischen Industrie e.V. (2010): Position of Verband der Chemischen Industrie (VCI) on quantitative targets for the material use of renewable raw materials in the chemical industry. Frankfurt a.M.

Weber, T. (2012): Persönliche Kommunikation mit Thomas Weber bei Treffen im BMU. Bonn.

Witt, J. et al. (2010): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Studie der Deutschen BiomasseForschungsZentrum gGmbH (DBFZ) in Zusammenarbeit mit der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) im Auftrag des BMU, Abschlußbericht vom 2010-03-31. Leipzig.

WWF Deutschland (Hrsg.) (2012): Ein Standard für die Standards – Nachhaltigkeitsstandards für Agrarrohstoffe. Berlin.

Wydra, S., Hüsing, B. & Kukk, P. (2010): Analyse des Handlungsbedarfs für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aus der Leitmarktinitiative (LMI) der EU-Kommission für biobasierte Produkte außerhalb des Energiesektors. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI). Karlsruhe.

Wydra, S. (2012): Overview of Policy Measures for Biobased Products. In: Industrial Biotechnology, 2012;8(1)8-12.