

TEXTE

52/2012

Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 37 10 95 314
UBA-FB 001643

Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen

von

Andreas Detzel, Benedikt Kauertz, Cassandra Derreza-Greeven
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH,
Heidelberg

unter Mitarbeit von

**Joachim Reinhardt, Sybille Kunze, Martina Krüger, Horst
Fehrenbach, Susanne Volz**
ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH,
Heidelberg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.uba.de/uba-info-medien/3986.html>
verfügbar.

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

ISSN 1862-4804

Durchführung der Studie:	ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH Wilckensstraße. 3 69120 Heidelberg
Abschlussdatum:	Januar 2012
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:	Fachgebiet III 1.2 Produktverantwortung, Vollzug ElektroG und BattG Wolfgang Beier

Dessau-Roßlau, Oktober 2012

Inhalt

Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
Berichts-Kennblatt.....	VII
Report Documentation Sheet	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Hintergrund und Zielsetzung	1
1.2 Vorgehensweise	3
1.3 Terminologie.....	5
2 Marktanalyse	9
2.1 Kunststoffverpackungen in Deutschland.....	9
2.2 Produktionskapazitäten für Biokunststoffe	11
2.3 Verpackungen aus Biokunststoffen in Deutschland	17
2.4 Entsorgungssituation.....	23
3 Meinungsbild zur bestehenden Sonderregelung für bioabbaubare Kunststoffverpackungen in der VerpackV.....	31
3.1 Hersteller von Biokunststoffen und Biokunststoffverpackungen	31
3.2 Entsorger.....	34
4 Ökologische Bewertung	36
4.1 Vorgehensweise Literaturrecherche.....	36
4.2 Ergänzende Übersichtsökobilanzen	40
4.2.1 Motivation	40
4.2.2 Vorgehensweise / Methodik.....	40
4.2.3 Ökobilanzieller Vergleich von Folien aus PE-LD und Bio-PE.....	41
4.2.4 Ökobilanzieller Vergleich von 15g-Klappdeckelschalen aus PLA und PS.....	46
4.3 Auswertung der Studien.....	56
4.3.1 Überblick über die vertieft ausgewerteten Literaturstudien	56
4.3.2 Allgemeine Einflussfaktoren	63
4.3.3 Ökologische Bewertung der Biokunststoffverpackungen.....	70
4.3.4 Flexible Folienprodukte.....	70
4.3.5 Formstabile Verpackungen (Becher/Schalen)	73

4.3.6	Loose-Fill	77
4.3.7	Bio-PE	78
4.3.8	Übersichtsökobilanzen zu Bio-PE und PLA.....	79
4.3.9	Zusammenfassende Bewertung.....	80
5	Aspekte der Flächenkonkurrenz	86
5.1	Szenarien zum Flächenbedarf für Biokunststoffe.....	86
5.2	Flächenbedarf für Biokraftstoffe	90
5.3	Die „Tank versus Teller“-Diskussion.....	92
5.4	Fazit hinsichtlich der Biokunststoffe	96
6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	98
7	Literaturverzeichnis	105
8	Anhang I: Stellungnahmen der Verbände	109
8.1	Stellungnahme von European Bioplastics	109
8.2	Stellungnahme der Industrievereinigung Kunststoffverpackungen.....	111
8.3	Stellungnahme von PlasticsEurope	113
9	Anhang II: Biomassebezogene Förderinstrumenten	114
10	Anhang III: Fragebogen zur Datenerhebung bei den Biokunststoff-Herstellern und den Bio-Verpackungsherstellern	115
11	Anhang IV: Szenarienannahmen gemäß DBFZ-Studie.....	124
12	Anhang V: Tabellarische Übersicht der recherchierten Unterlagen.....	125

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:Verpackungsverbrauch nach Kunststoffarten in Deutschland (2009)	9
Abbildung 2:Kunststoffverbrauch im Verpackungssektor nach Anwendungen in Deutschland (2009).....	10
Abbildung 3:Globale Produktionskapazitäten für Biokunststoffe.....	11
Abbildung 4:Globale Produktionskapazitäten für Biokunststoffe nach Kunststofftypen.....	12
Abbildung 5:Globale Produktionskapazitäten für Bio-Monomere und daraus gebildete Biokunststoffe, z.B. Bio-Ethylen ist das Monomer für die Herstellung von Polyethylen (-> PE).....	13
Abbildung 6:Regionale Aufteilung der globalen Produktionskapazitäten von Biokunststoffen (2010).....	14
Abbildung 7:Produktionskapazitäten für Biokunststoffe aufgeteilt nach den Herstellern.....	15
Abbildung 8:Biopolymer-Verarbeiter nach Werkstoff-Typen (2009)	16
Abbildung 9:Aufteilung der Biokunststoffverpackungen nach Werkstoffen in %. Quelle: IFEU Marktbefragung.....	18
Abbildung 10: Aufteilung der Biokunststoffverpackungen nach Anwendungen in %. Quelle: IFEU Marktbefragung	18
Abbildung 11: Systematik der Biokunststoffe im Verpackungssektor, adaptiert auf Basis von [UBA 2009].....	23
Abbildung 12: Entsorgung der Kunststoffverpackungsabfälle (Deutschland, 2009).....	24
Abbildung 13: Entsorgungswege von Bio-Kunststoffverpackungen	26
Abbildung 14: Ökobilanzieller Vergleich von Folienverpackungen aus fossilem PE und Bio-PE (Ergebnisse für den Indikator Klimawandel und fossiler Ressourcenverbrauch).....	43
Abbildung 15: Ökobilanzieller Vergleich von Folienverpackungen aus fossilem PE und Bio-PE (Ergebnisse für den Indikator Sommersmog [POCP] und Versauerung).....	43
Abbildung 16: Ökobilanzieller Vergleich von Folienverpackungen aus fossilem PE und Bio-PE (Ergebnisse für den Indikator terrestrische und aquatische Eutrophierung).....	44
Abbildung 17: Ökobilanzieller Vergleich von Folienverpackungen aus fossilem PE und Bio-PE (Ergebnisse für den Indikator Humantoxizität: Feinstaub [PM10] und Naturraumbeanspruchung: Ackerland).....	44
Abbildung 18: Ökobilanzieller Vergleich von Folienverpackungen aus fossilem PE und Bio-PE (Ergebnisse für die Indikatoren KEA gesamt und kumulierter Prozesswasserverbrauch)	45

Abbildung 19: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Klimawandel)	50
Abbildung 20: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator fossiler Ressourcenverbrauch).....	50
Abbildung 21: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Sommersmog POCP).....	51
Abbildung 22: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Versauerung).....	51
Abbildung 23: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator terrestrische Eutrophierung).....	52
Abbildung 24: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator aquatische Eutrophierung).....	52
Abbildung 25: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Humantoxizität: Feinstaub PM10).....	53
Abbildung 26: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Naturraumbeanspruchung: Ackerland).....	53
Abbildung 27: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Primärenergiebedarf KEA gesamt).....	54
Abbildung 28: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator kumulierter Prozesswasserverbrauch).....	54
Abbildung 29: Relative Veränderungen der Umweltwirkungsprofile von PET und PLA.....	64
Abbildung 30: Relative Veränderungen der Umweltwirkungsprofile von Ecoflex, Ecovio und Biopar	66
Abbildung 31: Relative Veränderungen der Umweltwirkungsprofile von NatureFlex.....	67
Abbildung 32: Verteilung der globalen Forst- und Ackerflächen, 2007	89
Abbildung 33: Flächenbedarf Biokunststoffe bezogen auf das globale Ackerland.....	89
Abbildung 34: Flächenbedarf Biokunststoffe bezogen auf das globale Ackerland.....	90
Abbildung 35: Flächennutzung Ackerland nach Bereichen, 2007.....	91
Abbildung 36: Biokraftstoffziele und derzeitige Produktion	91
Abbildung 37: Globales Flächenpotenzial (Ackerfläche) für Non-Food- Verwendungen bei globalem Handelsausgleich.....	94
Abbildung 38: Technisches Brennstoffpotenzial von landwirtschaftliche Biomassen 2015, 2020 und 2050, Szenario „BAU“, „B“ und „B&U“ mit Handelsausgleich, aufgeschlüsselt nach den verschiedenen Fruchtarten.....	95

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:Übersicht eingeführte biologisch abbaubare Kunststoffe und Hersteller zum Stand August 2009	22
Tabelle 2:Technische Substitutionspotenziale (ohne Fasern und Nicht-Kunststoffe) von konventionellen Kunststoffen durch Biokunststoffe (Quelle Pro-Bip 2009).....	87
Tabelle 3:Biokunststoff-Einsatz im deutschen Verpackungsmarkt bei Substitution der konventionellen Kunststoffen durch Biokunststoffe (Basis: dt. Kunststoff-Verpackungsmarkt 2009	87
Tabelle 4:Biokunststoff-Einsatz bei Substitution der konventionellen Kunststoffe durch Biokunststoffe (Quelle Pro-Bip 2009; Bearbeitung IFEU)	88
Tabelle 5:Mengen- und Flächenbedarf der verschiedenen Biokunststoff-Szenarien	88
Tabelle 6:Übersicht zu Biomassebezogenen Förderinstrumenten	114

Abkürzungsverzeichnis

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol (engl.: acrylonitrile-butadiene-styrene plastic)
BAD	Bisphenol-A-diglycidetheracrylat
BBP	Biobasierter Polyester
CEN	Europäisches Komitee für Normung (franz.: Comité Européen de Normalisation)
DIN	Deutsches Institut für Normung
EBS	Ersatzbrennstoff
EVA	Ethylenvinylacetat
EW	Einweg
GPPS	Polystyrol in allgemeiner Anwendung (engl.: general purpose polystyrene)
GVO	Genetisch veränderter Organismus
ILUC	indirekte Landnutzungsänderung
KEA	kumulierter Energie-Aufwand
LUC	Landnutzungsänderung (engl.: land use change)
MAPP	Maleinsäureanhydrid Polypropylen (engl.: maleic anhydride polypropylene)
MKS	Mischkunststoffe
MOPP	Metallisiertes gerichtetes Polypropylen (engl.: metallised oriented polypropylene)
MW	Mehrweg
Nawaro	Nachwachsende Rohstoffe
nPLA	nukleiertes (engl.: PLA nucleated PLA); bis zu 5% PDLA und Rest PLLA
OPP	gerichtetes Polypropylen (engl.: oriented polypropylene)
OPS	gerichtetes Polystyrol (engl.: oriented polystyrene)
OVAM	Openbare Afvalstoffenmaatschappij voor het Vlaams Gewest (Öffentliche Entsorgungs-agentur für die Flämische Region in Belgien)
PA6	Polyamid 6
PBAT	Polybutylen-Adipat-Terephthalat
PC	Polycarbonat
PCR	post Konsum rezykliert (engl.: post-consumer recycled)
PCL	Polycaprolacton
PDLA	Poly-D-Milchsäure
PE	Polyethylen

PE-HD	Polyethylen hoher Dichte (engl.: high density polyethylene)
PE-LD	Polyethylen geringer Dichte (engl.: low density polyethylene)
PE-LLD	Lineares Polyethylen geringer Dichte
PET	Polyethylenterephthalat
PHA	Polyhydroxyalkanoat
PHB	Polyhydroxybutyrat
PLA	Polymilchsäure, Polylactid (engl.: Polylactic acid)
PLA-NG	PLA-Nächste Generation (engl.: next generation)
PLLA	Poly-L-Milchsäure
PMMA	Polymethylmethacrylat
PVAL	Polyvinylalkohol
PO	Polyolefine
PP	Polypropylen
PP-GF	Glasfaser-gefülltes Polypropylen
PS-E	Expandiertes Polystyrol
PS-HI	hochschlagfestes Polystyrol (engl. high-impact polystyrene)
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
PVdC	Polyvinylidenchlorid
PVOH	Polyvinylalkohol
RED	Erneuerbare Energien Richtlinie der EU (engl.: Renewable energy directive)
TGD	Tripropylenglykoldiacrylat
THG	Treibhausgase
TPS	thermoplastische Stärke
TPA	Terephthalsäure (engl.: terephthalic acid)
VITO	Flämisches Institut für technologische Forschung in Belgien

Berichts-Kennblatt

1.	Berichtsnummer UBA FB	2	3
4.	Titel des Berichts Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen		
5.	Autor(en), Name(n), Vorname(n) Autoren: Andreas Detzel, Benedikt Kauertz, Cassandra Derreza-Greeven Unter Mitarbeit von Joachim Reinhardt, Sybille Kunze, Martina Krüger, Horst Fehrenbach, Susanne Volz	8.	Abschlussdatum Januar 2012
6.	Durchführende Institution (Name, Anschrift) ifeu-Institut für Energie-und Umweltforschung Heidelberg GmbH Wilckensstraße 3, D-69120 Heidelberg	9.	Veröffentlichungsdatum
7.	Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 1406, D-06813 Dessau-Roßlau	10.	UFOPLAN-Nr. FKZ 371095314
		11.	Seitenzahl inkl. Anhang 119
		12.	Literaturangaben 66
		13.	Tabellen und Diagramme 6
15.	Zusätzliche Angaben: Anhang V liegt als Excel-Datei bei		14. Abbildungen 38
16.	Kurzfassung Mit der 5. Novelle VerpackV wurden befristete Sonderregelungen für biologisch abbaubare Kunststoffverpackungen geschaffen, die am 31. Dezember 2012 auslaufen. Das Forschungsvorhaben soll zur Überprüfung der bestehenden Regelung beitragen und Entscheidungshilfen für die zukünftige Handhabung der biologisch abbaubaren Verpackungen durch den Gesetzgeber liefern. Die durchgeführte Markterhebung ergab für den Bezugszeitraum 2009 einen Anteil der Biokunststoffverpackungen (BioKS-VP) von maximal 0,5% am deutschen Kunststoffverpackungsmarkt. Damit war der Marktpuls durch die Sonderregelung eher marginal. Insgesamt wird der Anteil an BioKS-VP im Zeitraum 2011 bis 2015 auf ca. 1%-2% zunehmen. Insgesamt ist dabei ein Trend zu bio-basierten aber nicht bioabbaubaren Verpackungen festzustellen. Folgerichtig wurden im Forschungsvorhaben sowohl die bioabbaubaren als auch die biobasierten aber nicht bioabbaubaren Verpackungen betrachtet. Gebrauchte Biokunststoffverpackungen wurden im Bezugsjahr 2009 überwiegend energetisch verwertet. Die Erwartung, dass die Vorgabe der VerpackV zur Entwicklung von Entsorgungsstrukturen eine stärkere Gewichtung der Kompostierung gebrauchter Biokunststoffverpackungen bewirken würde, wurde nicht erfüllt. Derzeit zeigen BioKS-VP in der Ökobilanz häufig bessere Ergebnisse hinsichtlich der Treibhausgasemissionen und des fossilen Ressourcenverbrauchs, sind jedoch gesamtökologisch in aller Regel nicht vorteilhafter als entsprechende Verpackungen aus fossilen Kunststoffen. Kompostierbare BioKS-VP enthalten größere Anteile an fossilen Co-Polymeren und haben oft ein relativ hohes Gewicht. Sie können daher in der Ökobilanz auch gesamtökologische Nachteile gegenüber den konventionellen Konkurrenzprodukten haben. Ökologische Optimierungspotenziale von BioKS-VP liegen vor allem im Bereich der Biomassebereitstellung (Auswahl der geeigneten Anbaubiomasse, Optimierungen im Feldanbau, Verwendung von Reststoffen bzw. Lignozellulose) sowie der Biomassekonversion (verbesserte Energieeffizienz und Prozessausschüttung). Weder aus ökologischer Sicht noch aus abfallwirtschaftlicher Sicht ergibt sich ein unmittelbarer Handlungsdruck für eine Fortführung der Sonderbehandlung biologisch abbaubarer Verpackungen. Eine weitere Förderung von Biokunststoffverpackungen im Rahmen der VerpackV sollte in Abstimmung mit sonstigen Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen erfolgen.		
17.	Schlagwörter: Verpackungen, Biokunststoffe, Abfallpolitik, Verpackungsverordnung, Ökobilanzen		
18.	Preis	19	20

Report Documentation Sheet

1. Report No. UBA FB	2	3
4. Report Title Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s) Autors: Andreas Detzel, Benedikt Kauertz, Cassandra Derreza-Greeven With participation of Joachim Reinhardt, Sybille Kunze, Martina Krüger, Horst Fehrenbach, Susanne Volz		8. Report Date Januar 2012
6. Performing Organisation (Name, Address) ifeu-Institut für Energie-und Umweltforschung Heidelberg GmbH Wilckensstraße 3, D-69120 Heidelberg		9. Publication Date
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 1406, D-06813 Dessau-Roßlau		10. UFOPLAN-Ref.-No. FKZ 371095314
		11. No. of Pages (incl. Annexes) 119
		12. No. of References 66
		13. No. of Tables, Diagrams 6
15. Supplementary Notes: Annex V is attached in form of an Excel-file		14. No. of Figures 38
16. Abstract The 5th revision of the German Packaging Ordinance introduced special provisions for biodegradable plastics packaging, which are bound to expire on December 31, 2012. It is the intention of this research project to review the current regulation and to provide information to the political decision makers. A market survey was carried out which revealed a share of 0,5% at maximum of bioplastics packaging of the overall German plastics packaging market. This showed that the market incentive for bioplastics achieved through the special provisions was marginal. It is expected that the share of bioplastics packaging will increase to roughly 1%-2% in the period between 2011 and 2015. There is also a marked trend towards plastics packaging which are biobased but not biodegradable. As a consequence, both, biodegradable as well as biobased but non-biodegradable plastics packaging were comprised in the research project. In 2009, used bioplastics packaging was mostly recovered energetically. Composting did not gain a relevant share as an disposal route for used bioplastics packaging, which was in contrast to expectations initially raised. Existing life cycle assessment (LCA) studies often show smaller impacts for bioplastics packaging as compared to their fossil-based counterparts when it comes to greenhouse gas emissions and fossil resource consumption. However, when looking at a broader range of environmental impact categories bioplastics, in most cases, do not achieve an overall environmental superiority over the fossil-based counterparts. Compostable bioplastics packaging contain shares of fossil-based copolymers and usually are heavier in weight. LCA results of this group of bioplastics packaging therefore may even show an unfavourable overall environmental performance as compared to the fossil-based counterparts. Environmental optimisation potentials of bioplastics packaging are found in the area of biomass production (selection of adequate crops, improvement of farming operations, use of residual biomass or lignocellulose) as well as in the area of biomass conversion (improved energy efficiency and product yield). Information on the environmental performance of bioplastics packaging obtained in this research project does not call for immediate action for prolongation of the existing provisions in the packaging ordinance, neither does the current situation of waste management of bioplastics packaging. Further political support of bioplastics packaging in the context of the packaging ordinance should be coordinated with already existing support instruments regarding the utilization of renewable raw materials		
17. Keywords: Packaging, Bioplastics, Waste Policy, Packaging Ordinance, LCA		
18. Price	19	20

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Zielsetzung

Im Lauf der vergangenen Jahre hat die Marktbedeutung und -präsenz von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen zugenommen. Sie kommen dabei vor allem als Alternativen zu herkömmlichen Kunststoffen wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP), Polystyrol (PS) und Polyethylenterephthalat (PET) zum Einsatz.

Die zur Verpackungsherstellung verwendeten biologisch abbaubaren Kunststoffe werden in ihrer überwiegenden Mehrheit aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt, dazu gehören u.a. stärkebasierte Kunststoffe, Polylactid (PLA), Polyhydroxyalkanoate (PHA) und zellulosebasierte Kunststoffe. Es gibt allerdings auch Kunststoffe aus fossilen, nicht nachwachsenden Ressourcen, die biologisch abbaubar sind (z.B. Copolyester).

Mit der 5. Novelle der Verordnung über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen (Verpackungsverordnung–VerpackV¹) wurde eine Sonderregelung für Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen geschaffen, die deren Kostennachteil wenigstens teilweise ausgleichen sollte. Die speziellen Regelungen für bioabbaubare Werkstoffe sind in §16 VerpackV festgehalten; vereinfacht ausgedrückt werden damit folgende Randbedingungen gesetzt:

Befreiung von der Gewährleistung einer flächendeckenden Rücknahme von Verkaufsverpackungen bis zum 31. Dezember 2012²

Allerdings ist dies verbunden mit der Forderung, dass *„ein möglichst hoher Anteil der Verpackungen einer Verwertung zugeführt wird.“*³

Befreiung von bioabbaubaren Einweggetränkeverpackungen von der Pfanderhebungs- und Rücknahmepflicht bis zum 31. Dezember 2012 unter der Bedingung, dass diese *„zu mindestens 75 Prozent aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt“* sind.⁴

¹ VerpackV vom 21. August 1998 (BGBl. I S. 2379), zuletzt geändert durch die 5. Verordnung zur Änderung der Verpackungsverordnung vom 02. April 2008 (BGBl. I S. 531)

² § 16 (2): „Die §§ 6 und 7 finden für Kunststoffverpackungen, die aus biologisch abbaubaren Werkstoffen hergestellt sind und deren sämtliche Bestandteile gemäß einer herstellerunabhängigen Zertifizierung nach anerkannten Prüfnormen kompostierbar sind, bis zum 31. Dezember 2012 keine Anwendung.“

³ § 16 (2): „Die Hersteller und Vertreiber haben sicherzustellen, dass ein möglichst hoher Anteil der Verpackungen einer Verwertung zugeführt wird.“

⁴ § 16 (2): „§ 9 findet für Einweggetränkeverpackungen aus Kunststoff, die die in Satz 1 genannten Voraussetzungen erfüllen und zu mindestens 75 Prozent aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt sind, bis zum 31. Dezember 2012 keine Anwendung, soweit sich Hersteller und Vertreiber hierfür an einem oder mehreren Systemen nach § 6 Abs. 3 beteiligen. Die Erfüllung der in Satz 3 genannten Bedingung, wonach die Einweggetränkeverpackung zu mindestens 75 Prozent aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden muss, ist durch einen unabhängigen Sachverständigen im Sinne des Anhangs I Nr. 2 Abs. 4 nachzuweisen. Im Übrigen bleibt § 9 unberührt.“

Erfolgt eine Befreiung von der Pfandpflicht, so ist dennoch eine flächendeckende Rücknahme zu gewährleisten⁵

Damit bestehen derzeit für biologisch abbaubare Kunststoffe in Verpackungsanwendungen befristete Erleichterungen im Hinblick auf die Umsetzung der Produktverantwortung und die Anforderungen an ihre Verwertung sowie eine befristete Ausnahme von den Pfandpflichten für Einweg-Getränkeverpackungen.

Die befristeten Regelungen sollen die Entwicklung des Marktes für biologisch abbaubare Kunststoffe in Deutschland unterstützen. Da bei Kunststoffen die Lizenzgebühr teilweise in der Größenordnung des Materialpreises liegt, kann dies daher durchaus ein wichtiges ökonomisches Anreizinstrument für den Einsatz biologisch abbaubarer Kunststoffverpackungen darstellen.

Die Übergangsregelungen des §16 VerpackV sind bis zum 31. Dezember 2012 begrenzt. Damit stellt sich für den Gesetzgeber die Frage, wie in der Folge das Thema der biologisch abbaubaren Verpackungen zu handhaben sei. Das Forschungsvorhaben soll daher zur Überprüfung der bestehenden Regelung und ggf. zu einer entsprechenden Weiterentwicklung der VerpackV beitragen.

Im Einzelnen verfolgt das Vorhaben die folgenden Teilziele:

1. **Status quo-Analyse (2009) zur Marktsituation** von biologisch abbaubaren Kunststoffverpackungen in Deutschland.

Dieser Arbeitsschritt soll im Idealfall ein Mengengerüst der biologisch abbaubaren Kunststoffverpackungen differenziert nach eingesetzten Kunststoffsorten und Verpackungsanwendungen liefern.

2. **Status quo-Analyse (2009) zur Entsorgungssituation** von biologisch abbaubaren Kunststoffverpackungen in Deutschland.

Dieser Arbeitsschritt soll im Idealfall Informationen darüber liefern, welche Anteile der biologisch abbaubaren Verpackungen welchen Verwertungs- und Beseitigungswegen zugeführt werden.

3. **Prognose zur Markt- und Entsorgungssituation** in Deutschland (2010-2015)

Dieser Arbeitsschritt soll sich auf die Status quo-Analyse beziehen und davon ausgehend die Entwicklung des Verbrauchs und der Verwertung von biologisch abbaubaren Kunststoffen zu Verpackungszwecken im Zeitraum 2010 bis 2015 einschätzen.

4. **Erhebung eines Meinungsbilds** zur Verpackungsverordnung

Dieser Arbeitsschritt hat zum Ziel, bei betroffenen Unternehmen und Verbänden ein aktuelles Meinungsbild zur bestehenden Regelung für Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen in der Verpackungsverordnung zu erheben. Dabei geht es be-

⁵ Im Fall des Satzes 3 und soweit Einweggetränkeverpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen nach Satz 1 nach § 9 Abs. 2 keiner Pfandpflicht unterliegen, haben sich Hersteller und Vertreiber abweichend von Satz 1 hierfür an einem System nach § 6 Abs. 3 zu beteiligen, soweit es sich um Verpackungen handelt, die beim privaten Endverbraucher anfallen.

sonders auch darum, die bisherigen Erfahrungen der Betroffenen mit der Sonderregelung und die Erwartungen bezüglich des zukünftigen Umgangs mit biologisch abbaubaren Verpackungen in der VerpackV zu ermitteln und darzustellen.

5. Ökologische Bewertung

Im Zentrum des Forschungsvorhabens steht die ökologische Bewertung der biologisch abbaubaren Packstoffe. Das Ziel ist es, belastbare Aussagen zum ökologischen Stellenwert biologisch abbaubarer Kunststoffe im Vergleich zu den konventionellen Kunststoffen zu treffen. Dazu sollen bereits bestehenden Untersuchungen ausgewertet werden. Vergleichenden Ökobilanzen kommt hierbei ein besonderer Stellenwert zu, da häufig erst bei Berücksichtigung des gesamten Lebenswegs die Stärken und Schwächen der bioabbaubaren Verpackungen ersichtlich werden.

6. Aspekte der Flächenkonkurrenz

In diesem Arbeitsschritt soll der aktuelle Sachstand dieses Konkurrenzverhältnisses sowie mögliche Konfliktpotenziale skizziert werden. Offene Fragestellungen sowie bestehender Untersuchungsbedarf sind darzustellen.

7. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die Ergebnisse der Teilziele 1 bis 6 sollen abschließend zusammengeführt werden. Dabei sind begründete Schlussfolgerungen zu ziehen und Empfehlungen für die zukünftige Behandlung von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen in der VerpackV zu unterbreiten.

Für die Schlussfolgerungen ist auch der übergeordnete Zusammenhang der VerpackV als untergesetzliches Regelwerk des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) zu berücksichtigen. Nach §1(1) bezweckt die VerpackV, „die Auswirkungen von Abfällen aus Verpackungen auf die Umwelt zu vermeiden oder zu verringern“. Des Weiteren wird für nichtvermeidbare Verpackungsabfälle „der Wiederverwendung von Verpackungen, der stofflichen Verwertung sowie den anderen Formen der Verwertung Vorrang vor der Beseitigung von Verpackungsabfällen eingeräumt“.

Weiterhin sind bei der Gesamtbewertung die Abfallhierarchie gemäß §6(1) des novellierten Kreislaufwirtschafts- und Abfallrechts⁶ zu beachten. Dort wird im §6(2) auch die Bedeutung der Ökobilanz als wichtige Grundlage für die Bewertung von Entsorgungsoptionen hervorgehoben.

1.2 Vorgehensweise

Schon zu Beginn des Forschungsvorhabens wurde deutlich, dass brauchbare Statistiken über Produktion und Verbrauch von Biokunststoffverpackungen bisher nicht existieren [UBA 2009]. Ebenso war erkennbar, dass die biologisch abbaubaren Kunststoffverpackungen im jährlichen Mengenstromnachweis der Systembetreiber über die durch sie erfassten, sortierten und einer

⁶ Aktuell (Stand September 2011) steht noch die Notifizierung seitens der EU aus

Verwertung zugeführten Verpackungen gemäß VerpackV, § 6 Abs. 3, nicht gesondert aufgeführt werden.

Daher wurde hier eine Befragung der betroffenen Marktakteure durchgeführt. In der Befragung wurden die Teilziele 1, 2, 3 und 4 adressiert. Die Befragung erfolgte einerseits über den Versand von Fragebogen und darüber hinaus über eine direkte Kontaktaufnahme mittels Telefon, Besprechungsterminen oder im Zuge der Interpack 2011.

Der Fragebogen (siehe Anhang III) wurde in Abstimmung mit dem Umweltbundesamt entwickelt. Er wurde an die Mitgliedsfirmen der Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V., Bad Homburg und der European Bioplastics (EuBP), Berlin versendet. Beide Industrieverbände unterstützten den Versand durch ein Begleitschreiben und gaben auch Rückmeldungen zur Ausgestaltung des Fragebogens. Ein auf die Zielgruppe angepasster Fragebogen wurde zudem an ausgewählte Unternehmen und Verbände im Bereich der Entsorgung verschickt.

Die erhobenen Daten wurden durch eine Internet- und Literaturrecherche ergänzt. Dabei fanden auch Positionspapiere und Pressemitteilungen Berücksichtigung.

Für die ökologische Bewertung war von vorneherein eine Literaturlauswertung von Ökobilanzstudien vorgesehen. Daher erfolgte hier eine umfangreiche Literaturrecherche über das Internet. Details dazu finden sich im Kapitel 4.1. Die gefundenen Literaturstellen wurden in zwei Vertiefungsstufen ausgewertet:

1. Basis-Analyse
2. Vertiefte Analyse

Die recherchierte Literaturliste und das dazu gehörige Kriterienraster sind in Form einer Excel-Datei Bestandteil von Anhang V.

Mit dem Forschungsvorhaben sollen auch Erkenntnisse gewonnen werden, die über die klassische, an Wirkungskategorien orientierte ökologische Bewertung hinausgehen. Ein sehr häufig diskutiertes Thema ist die Frage, ob der Anbau nachwachsender Rohstoffe zur stofflichen Nutzung auf landwirtschaftlichen Nutzflächen in Konkurrenz zum Anbau von Lebensmitteln steht. Hierbei wird des Öfteren postuliert, dass die Zunahme der Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe in den vergangenen Jahren ursächlich zu erheblichen Schwankungen bei den Nahrungsmittelpreisen und der damit in Verbindung stehenden Verknappung von Grundnahrungsmitteln beigetragen hätten.

Zwei Aspekte wurden hierzu genauer betrachtet:

- Flächeninanspruchnahme durch Biokunststoffe im Verhältnis zur Flächenverfügbarkeit
- Biokunststoffe als möglicher Einflussfaktor der Preisvolatilität

Dabei ist der Blick über Deutschland hinaus nicht zuletzt wegen dem zunehmend internationalen Handel der nachwachsenden Rohstoffe sowie der schon heute internationalen Lieferketten innerhalb der Produktlinie Biokunststoffverpackungen zwingend erforderlich.

1.3 Terminologie

Für die im Zusammenhang mit Biokunststoffen und bioabbaubaren Kunststoffverpackungen verwendete Terminologie fehlen bislang noch eindeutige allgemein anerkannte Begriffsbestimmungen und Definitionen.

Immerhin werden mit dem als Entwurf vorliegenden technischen Bericht „CEN/TR 15932“⁷ des Europäischen Normungsgremiums erste Empfehlungen für eine Vereinheitlichung der Terminologie gemacht.

Demnach lassen sich Biokunststoffe (Biopolymere) nach folgenden Aspekten einteilen:

1. Polymere, die auf erneuerbaren Rohstoffen basieren:

a. Natürliche Polymere auf Biomassebasis

Polymere, die von Lebewesen (Tiere, Pflanzen, Algen, Mikroorganismen) hergestellt werden: Zellulose, Stärke, Proteine, oder auch bakterielle Polyhydroxyalkanoate

b. Synthetische Polymere auf Biomassebasis

Polymere, deren Monomere auf nachwachsenden Rohstoffen basieren, deren Polymerisierung jedoch einer chemischen Transformation bedarf, z.B. PLA, Ethylen, Polyamid

2. Polymere, die eine „Bio“-Funktionalität aufweisen:

a. Polymere für die biomedizinische Anwendung

b. Bioabbaubare Polymere

Polymere, die in bioabbaubaren Produkten Anwendung finden und die somit organisch verwertet werden können

Dabei ist ein Polymer eine chemische Verbindung aus Ketten- oder verzweigten Molekülen (Makromolekülen), die wiederum aus gleichen oder gleichartigen Einheiten, den sogenannten Monomeren bestehen. Biokunststoffe sind üblicherweise zu den Polymeren zu zählen.

Die Einteilung der Biopolymere gemäß CEN/TR 15932 ist für die vorliegende Studie jedoch nicht hilfreich. Es soll daher an dieser Stelle eine kurze Erläuterung der im vorliegenden Bericht benutzten Bezeichnungen erfolgen.

Die Begriffe Biopolymer und Biokunststoff werden mit identischer Bedeutung verwendet. Mit dem Begriff **Biokunststoffe** werden in der Folge unterschiedliche Materialgruppen zusammengefasst, die sich durch eine der folgenden Eigenschaften ausweisen:

- Materialien, die zumindest teilweise aus Biomasse hergestellt (biobasiert) sind, ungeachtet der Bioabbaubarkeit
- Materialien, die bioabbaubar gemäß anerkannter Normen (z.B. EN 13432) sind
- Materialien, die beide Eigenschaften zur gleichen Zeit besitzen

⁷ „CEN/TR 15932: Plastics – Recommendation for terminology and characterisation of biopolymers and bioplastics“

In Analogie dazu umfasst der Begriff der **Biokunststoffverpackungen** damit folgende Gruppen:

- bioabbaubare Kunststoffverpackungen (fossil- oder biobasiert)
- nicht bioabbaubare Biokunststoffverpackungen (ganz oder teilweise biobasiert)
- bioabbaubare und gleichzeitig biobasierte Kunststoffverpackungen

Im Weiteren werden Begriffe aufgeführt, die ebenfalls im Kontext der Studie relevant sind.

Konventionelle Kunststoffe: nicht bioabbaubare Kunststoffe auf fossiler Rohstoffbasis

Copolymer: Kunststoff aus unterschiedlichen Monomeren aufgebaut, die sowohl fossilbasiert als auch biobasiert sein können

Bioabbaubarkeit: Eignung zum biologischen Abbau, also die Zersetzung durch Lebewesen bzw. deren Enzyme bis hin zur Mineralisierung, so dass die organischen Verbindungen zu Stoffen wie Kohlendioxid, Sauerstoff und Ammoniak zerlegt werden. Im Gegensatz zur Kompostierbarkeit bezeichnet die Bioabbaubarkeit eine inhärente Eigenschaft, die unabhängig von Zeit und Raum ist, während die Kompostierbarkeit sich spezifisch auf die Gegebenheiten in einer Kompostierungsanlage bezieht.

Die Bioabbaubarkeit eines Materials/Produkts wird durch einen von der International Standards Organization (ISO) erarbeiteten Standard zur Bioabbaubarkeit, ISO14855, geprüft. Dieser Standard beinhaltet im Gegensatz zu Kompostierbarkeit-Standards keine Prüfung auf ökotoxische Wirkungen und Desintegration.

Der Begriff bioabbaubar beinhaltet hier nicht die oftmals ebenfalls als „bioabbaubar“ bezeichneten oxoabbaubaren Kunststoffe (siehe unten Definition für oxoabbaubare Materialien).

Kompostierbarkeit: Vermögen zum biologischen Abbau innerhalb einer definierten Zeit unter kontrollierten Kompostanlagenbedingungen. Die Zertifizierung der Kompostierbarkeit erfolgt durch DIN Certco (EU-akkreditiertes Zertifizierungsinstitut) anhand unterschiedlicher Standards [Schnarr 2010]. Neben dem Comité Européen de Normalisation (CEN) mit dem Standard EN 13432 für Biokunststoffverpackungen und EN 14995 für Kunststoffabfall haben weitere internationale Organisationen Standards bezüglich der Testmethoden zur Kompostierbarkeit etabliert:

- American Society for Testing and Materials (ASTM) ASTM 6400-99
- Deutsches Institut für Normung (DIN) DIN V49000

Die europäische Norm ist jedoch mit dem erforderlichen Abbau von 90% innerhalb von 90 Tagen strenger als ASTM, CEN und DIN, die 60% Abbau innerhalb von 180 Tagen vorschreiben.

Allen Standards gleich ist die Anforderung folgender 3 Kriterien:

1. **Biodegradation:** Bioabbaubarkeit nach EN14046 (auch ISO 14855), d.h. die Messung der metabolischen Umwandlung des kompostierbaren Materials in CO₂.
2. **Desintegration:** Fragmentierung, d.h. sichtbarer Zerfall des Produkts im finalen Kompost nach EN14045

3. **Ökotoxizität:** keine toxischen Wirkungen auf Mikroorganismen und Pflanzen und keinen negativen Einfluss auf den Kompostierungsprozess

Der Begriff „bioabbaubar“ ist somit strenggenommen nicht mit „kompostierbar“ gleichzusetzen. Jedoch sind aufgrund der in der Praxis geläufigen Begriffshandhabung in diesem Bericht mit dem Begriff „bioabbaubare“ Kunststoffverpackungen in aller Regel „kompostierbare Kunststoffe“ gemeint.

Biobasiertheit: basierend auf nachwachsenden Rohstoffen.

Diese Eigenschaft kann anhand der Radiokarbonmethode (auch 14C-Datierung genannt) gemäß dem Standard ASTM D-6866 oder CEN/TS 16137 nachgewiesen werden. Dieses Verfahren beruht darauf, dass in abgestorbenen Organismen die Menge an gebundenen radioaktiven 14C-Atomen gemäß dem Zerfallsgesetz abnimmt. Für fossilen Kohlenstoff können aufgrund des hohen Alters keine 14C-Atome mehr nachgewiesen werden.

Es gibt zwei Möglichkeiten den biobasierten Anteil eines Produkts / Materials anzugeben, und zwar bezogen auf den

- gesamten Kohlenstoffgehalt des Kunststoffes=**Biobasierter Kohlenstoffgehalt:**
- Gewichtsanteil von Biomasse im Kunststoff=**Biomassegehalt**

Diese Werte können sich unterscheiden, weil bei letzterem auch andere chemische Elemente wie Sauerstoff, Wasserstoff oder Stickstoff einbezogen werden. Ein Beispiel: Coca-Cola gibt den Biomasseanteil in der PET-„PlantBottle“ korrekt mit 30 Prozent an, wobei der biobasierte Kohlenstoffanteil bei 20 Prozent liegt [European Bioplastics 2011b].

Im Rahmen der Prüfung nach dem Zertifizierungsprogramm von DIN Certco (Gesellschaft für Konformitätsbewertung mbH) ist eine Doppelmindestanforderung festgelegt. Der festgelegte Mindestgehalt an organischem Material muss 50 % betragen und der Anteil biobasierten Kohlenstoffs 20 % überschreiten. Es werden hierbei 3 verschiedene Klassen mit unterschiedlichen Anteilen an biobasiertem Kohlenstoff unterschieden:



Die Prüfung nach dem Zertifizierungsprogramm von Vincotte (belgischer Zertifizierungsdienstleister) stellt ebenfalls Mindestanforderungen, wobei hier ein Gehalt von mindestens 30% biobasiertem Kohlenstoff und 20% Biomasse zur Zeichenvergabe erforderlich ist. Der Biomassegehalt wird mithilfe von ASTM D6866 und der biobasierte Kohlenstoffanteil mithilfe des TS-OK20

Standards von Vincotte⁸ gemessen. Je nach Prozentzahl der im Produkt enthaltenen Biomasse werden vier verschiedene Klassen mit 1-4 vergebenen Sternen unterschieden.

			
zwischen 20 und 40 % biobasiert	zwischen 40 und 60 % biobasiert	zwischen 60 und 80 % biobasiert	über 80% biobasiert

Oxoabbaubare Kunststoffe: Oxoabbaubare Kunststoffe werden nicht im eigentlichen Sinne zu den bioabbaubaren Kunststoffen gezählt, da deren Abbauprozess 2-stufig verläuft und die Zugabe von Additiven erfordert. Der erste Schritt geschieht durch den Einfluss von UV-Strahlung und Sauerstoff, er wird auch häufig Fragmentierung genannt, da dabei mikroskopisch kleine Fragmente entstehen. Der zweite Schritt des Abbaus ist dann die typische Biodegradation dieser Ketten durch Mikroorganismen in die ursprünglichen Elemente. Dieser Vorgang ist jedoch im Gegensatz zu den kompostierbaren Produkten nicht der Anforderung an eine vorgegebene zeitliche Begrenzung unterworfen und kann über Jahre hinweg andauern. Ökotoxische Auswirkungen sind ebenfalls im Gegensatz zu den kompostierbaren Kunststoffen nicht genau bekannt. Oxoabbaubare Kunststoffe können durch ASTM 6954-04 zwar als oxobioabbaubar gekennzeichnet werden, werden in diesem Bericht jedoch nicht zu den bioabbaubaren Kunststoffen gezählt.

⁸ www.vincotte.com/

2 Marktanalyse

In diesem Kapitel wird Datenmaterial zum deutschen Markt für Biokunststoffverpackungen aufbereitet. Zunächst wird im Kapitel 2.1 eine Übersicht zum deutschen Kunststoffverpackungsmarkt gegeben. Im Kapitel 2.2 wird Zahlenmaterial zum Markt für Biopolymere zusammengestellt. Im Kapitel 2.3 finden sich Informationen zum aktuellen deutschen Markt für Biokunststoffverpackungen sowie eine Einschätzung zur weiteren Marktentwicklung.

Die Ausführungen in Kapitel 2.1 ermöglichen es, die Biokunststoffverpackungen im Verhältnis zum gesamten deutschen Kunststoffverpackungsmarkt einzuordnen. Die Ausführungen in Kapitel 2.2 geben einen Überblick über die globale Biopolymerentwicklung und liefern Hinweise auf die Relevanz der einzelnen Werkstofftypen.

2.1 Kunststoffverpackungen in Deutschland

Informationen zur Verwendung von Kunststoffen in Deutschland finden sich in [IK2010] und [Consultic2010]. Die dort bereit gestellten Daten umfassen aber teilweise den gesamten Kunststoffbereich und wurden vom IFEU daher weiter bearbeitet, um einen Zuschnitt auf den Kunststoffverpackungssektor zu erhalten.

In Abbildung 1 ist der Verpackungsverbrauch nach Kunststoffarten in Deutschland im Jahr 2009 dargestellt. Die Zahlen beruhen auf Angaben zur Gesamtverarbeitung von Kunststoffen in Deutschland [Consultic2010, S.6], dem Gesamtverbrauch an Kunststoff-Werkstoffen im Verpackungssektor von 2645kt [Consultic2010, S.9], sowie der Einschätzung zu den Anteilen des Verpackungssektors bei der Verwendung der einzelnen Kunststoffarten [Consultic2010, S.7].

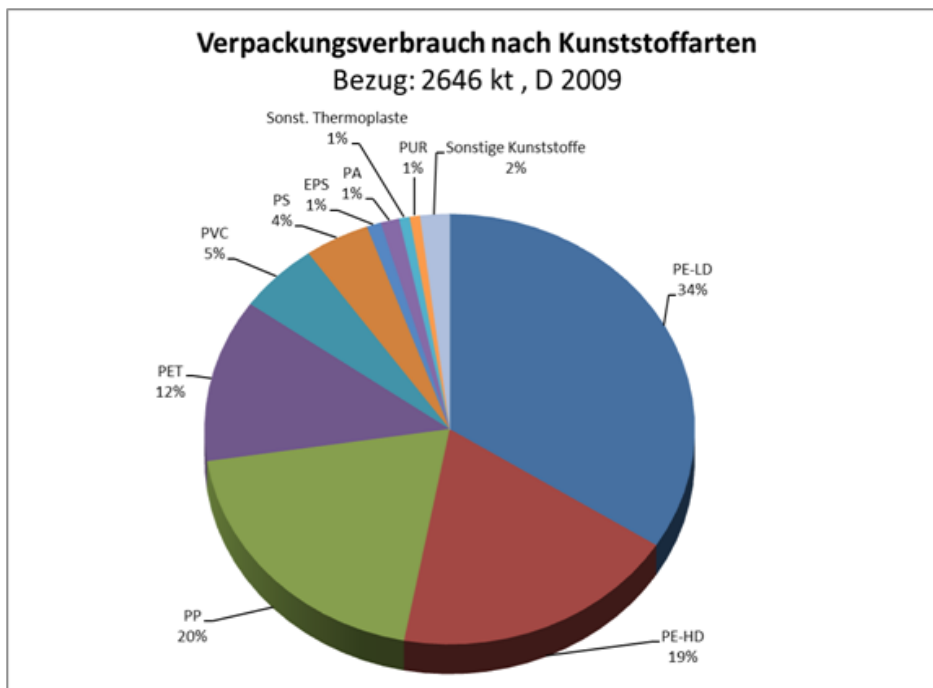


Abbildung 1: Verpackungsverbrauch nach Kunststoffarten in Deutschland (2009)

Quelle: IFEU-Bearbeitung auf Basis von [Consultic2010]

Dabei zeigt sich, dass die verwendeten Verpackungen zu 85% aus Polyolefinen (PE und PP) und Polyethylenterephthalat (PET) hergestellt werden. Der Anteil von Polyvinylchlorid (PVC) und Polystyrol (PS) liegt zusammen genommen bei 10%.

In Abbildung 2 wird dargestellt in welchen Anwendungsbereichen die Kunststoffe zum Einsatz kommen. Zur Herleitung des Mengengerüsts wurden die Daten zur Produktion von Kunststoffverpackungen [IK2010, S.41] mit den Angaben zu den Exportanteilen [IK2010, S.42] sowie Informationen zum Verbrauch von Kunststoffverpackungen [IK2010, S.43] verschnitten. Die Bezugsmenge des Gesamtverbrauchs ist dabei mit 2646kt die gleiche wie in Abbildung 1.

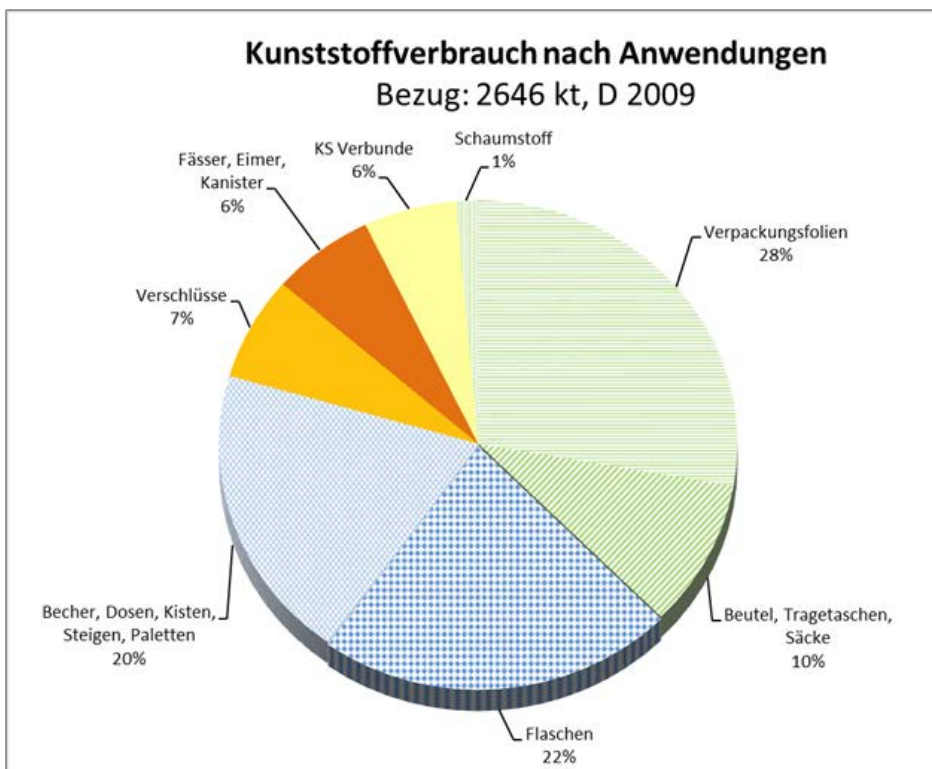


Abbildung 2: Kunststoffverbrauch im Verpackungssektor nach Anwendungen in Deutschland (2009)

Quelle: IFEU-Bearbeitung auf Basis von [IK 2010]

Die in Abbildung 2 sichtbare Anwendungstypologie beruht auf [IK2010]. Wie dabei ersichtlich ist, sind Folienprodukte eine der Hauptanwendungen im Verpackungsbereich. Die Gruppe der Verpackungsfolien umfasst vermutlich sowohl flexible Folien als auch halbstarre Folien (für Tiefziehenanwendungen). Die Gruppe Beutel, Tragetaschen, Säcke dürfte komplett aus flexiblen Folienprodukten und Netzen bestehen. Daneben sind Flaschenanwendungen sowie andere formstabile Anwendungen, wie Dosen, Becher, Kisten etc. wichtige Einsatzbereiche.

Die Daten in [IK2010] und [Consultic2010] geben nicht an, welche Kunststoffarten in welchen Anwendungen eingesetzt werden. Nach IFEU-Einschätzung ist von folgenden Zuordnungen auszugehen:

- Bei den flexiblen Folienprodukten dominiert Polyethylen (PE), wobei in diesem Bereich auch Polypropylen (PP) eingesetzt wird

- Bei den halbstarren Folien dürften Polypropylen (PP) und Polystyrol (PS) dominieren, werden aber zunehmend durch Polyethylenterephthalat (PET) ersetzt
- Bei den Flaschen kommt vor allem PET und PE-HD (PE hoher Dichte) zum Einsatz
- Für formstabile Produkte wie Becher, Dosen etc. kommt vor allem PP und PE-HD zum Einsatz
- Bei den Verschlüssen dominieren ebenfalls PP und PE-HD

Die Farben grün und blau in Abbildung 2 sollen auf die Anwendungsbereiche für Biokunststoffe hinweisen:

- Grüngestreift: Haupteinsatzbereich für Biokunststoffe im Jahr 2009
- Blaukariert: zusätzliche wichtige Einsatzbereiche für Biokunststoffe ab dem Jahr 2010

(siehe dazu auch die Ausführungen in Kapitel 3.3)

2.2 Produktionskapazitäten für Biokunststoffe

Daten zur globalen Produktion von Biokunststoffen werden von der Fachhochschule Hannover im Auftrag des Branchenverbands European Bioplastics (Berlin) bei allen bekannten Biokunststoffherstellern erhoben [European Bioplastics 2011]. Die Daten in Abbildung 3 beziehen sich auf Produktionskapazitäten und spiegeln daher nicht unbedingt die real produzierten Mengen wieder.

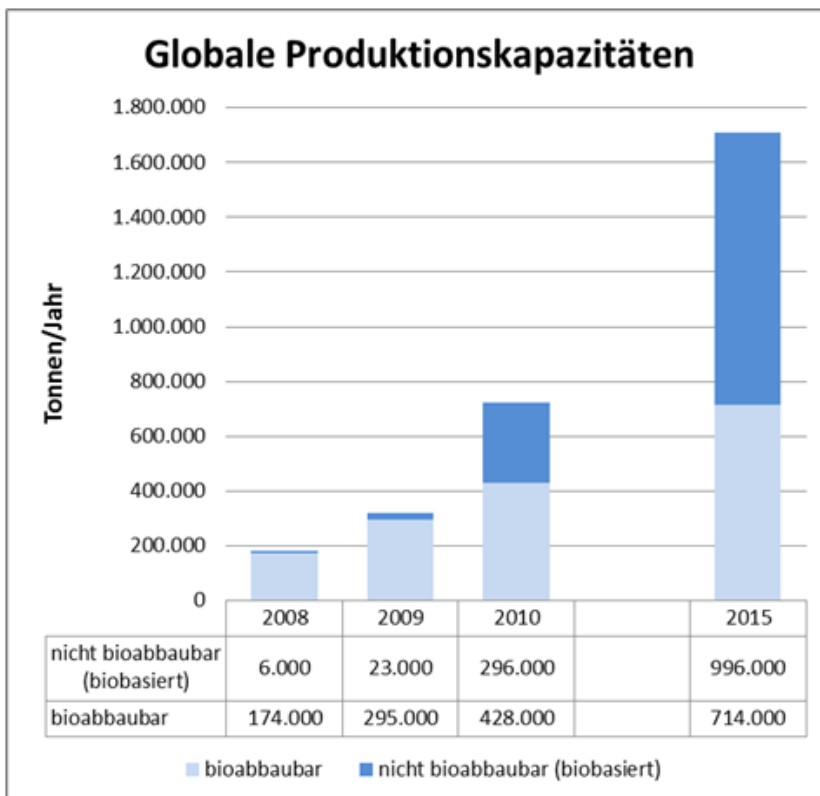


Abbildung 3: Globale Produktionskapazitäten für Biokunststoffe

Quelle: [European Bioplastics 2011]; Grafik IFEU

Abbildung 3 zeigt, dass Biokunststoffe bis zum Jahr 2010 überwiegend biologisch abbaubar waren. Die Prognose für das Jahr 2015 lässt erkennen, dass zukünftig der Anteil an nicht bioabbaubaren Biokunststoffen überwiegen könnte.

Durch den globalen Bezug lassen die Daten in [European Bioplastics 2011] keinen Zuschnitt auf die deutsche Produktion zu. Dies wäre auch nicht sinnvoll, da die Werkstoffe für die in Deutschland hergestellten Biokunststoffverpackungen aus einem globalen Rohstoffmarkt stammen.

Informationen dazu, wie sich die globalen Produktionskapazitäten auf einzelne Werkstofftypen verteilen, finden sich in Abbildung 4 für die Bezugsjahre 2010 und 2015 und in Abbildung 5 für die Bezugsjahre 2009-2015 und 2020. Die beiden Abbildungen unterscheiden sich in den ihnen zugrundeliegenden Quellen. Während Abbildung 4 sich auf Daten von [European Bioplastics 2011] bezieht, basiert Abbildung 5 auf Daten aus [Pro-Bip 2009] sowie eigenen Recherchen.

Die bioabbaubaren Werkstoffe finden sich im oberen Teil, die nicht bioabbaubaren im unteren Teil der Grafik.

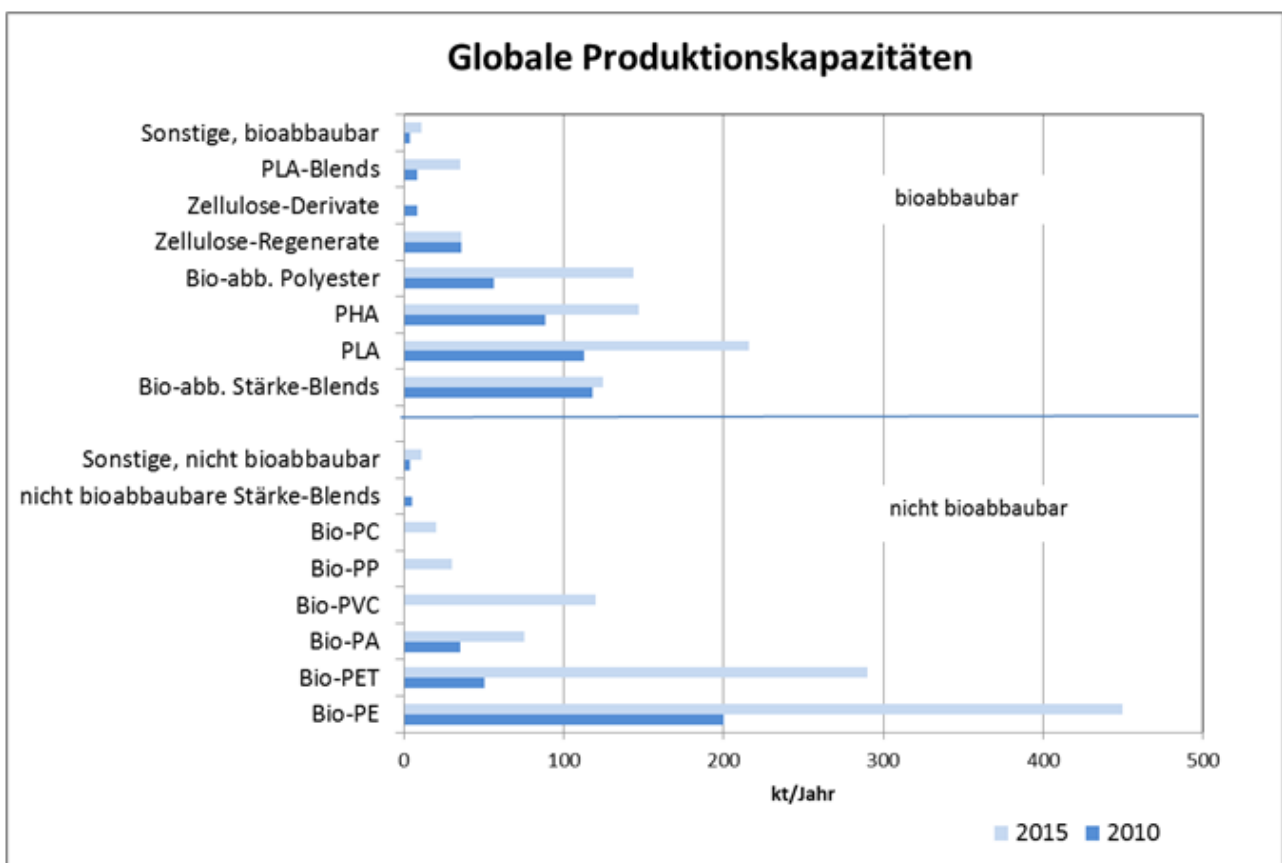


Abbildung 4: Globale Produktionskapazitäten für Biokunststoffe nach Kunststofftypen

Quelle: [European Bioplastics 2011]; Grafik IFEU

Die nicht bioabbaubaren Biokunststoffe sind überwiegend Materialien, die stoffgleich zu den konventionellen Kunststoffen PE, PP, PET, PA, PC und PVC sind. Es unterscheidet sich die Rohstoffbasis, die bei diesen Biokunststoffen teilweise oder ganz biobasiert ist. Die größten Kapazitäten werden in den nächsten Jahren bei Bio-PE und Bio-PET erwartet. Beide Materialien sind

erst seit Ende 2009 (Bio-PET) bzw. Anfang 2011 (Bio-PE) auf dem Markt. Der Hauptanwendungsbereich dieser Werkstoffe dürfte in den kommenden Jahren im Verpackungsbereich liegen (IFEU-Schätzung: >80% der hergestellten Bio-PE und Bio-PET Mengen).

Auf Anwenderseite geht man davon aus, dass sich diese Biokunststoffe im Verarbeitungsprozess identisch zu den konventionellen Kunststoffen verhalten. Diese Erwartung besteht auch hinsichtlich des Verhaltens beim Recycling, wobei dies gemäß [Christiani2011] in der Praxis noch zu belegen ist.

Bei den bioabbaubaren Kunststoffen sind die größten Produktionskapazitäten bei PLA, Stärke-Blends, Polyestern und PHA zu finden. Dabei kommen besonders die drei erstgenannten Werkstoffe im Verpackungsbereich zum Einsatz (IFEU-Schätzung: >85% in 2009). Der Verpackungsbereich wird für diese Kunststoffe in Zukunft möglicherweise weniger relevant sein [Pro-Bip 2009], dürfte aber in absehbarer Zeit immer noch den Hauptanwendungsbereich darstellen (IFEU-Schätzung: 60%-70% in 2015).

Für die genannten Werkstoffe wird für die kommenden Jahre weiterhin ein deutliches Wachstum prognostiziert. Ausnahme gemäß [European Bioplastics 2011] sind die Stärke-Blends. In [Pro-Bip2009] wird jedoch auch bei den Stärkekunststoffen eine weitere Zunahme der globalen Produktionskapazitäten erwartet (Abbildung 5).

Sowohl Abbildung 4 als auch Abbildung 5 stellen die globalen Produktionskapazitäten für Biokunststoffe dar. Die Daten gehen aber auf unterschiedliche Quellen zurück und erlauben daher auch noch einen Quervergleich der Einschätzungen zur Entwicklung der globalen Produktionskapazitäten. In Abbildung 5 sind zusätzlich die biobasierten Monomere genannt; nämlich immer dann, wenn die verfügbaren Daten sich genau auf diese bezogen. In Klammern findet sich dann eine Angabe zu dem Kunststofftyp, der nach derzeitiger Einschätzung daraus hergestellt wird.

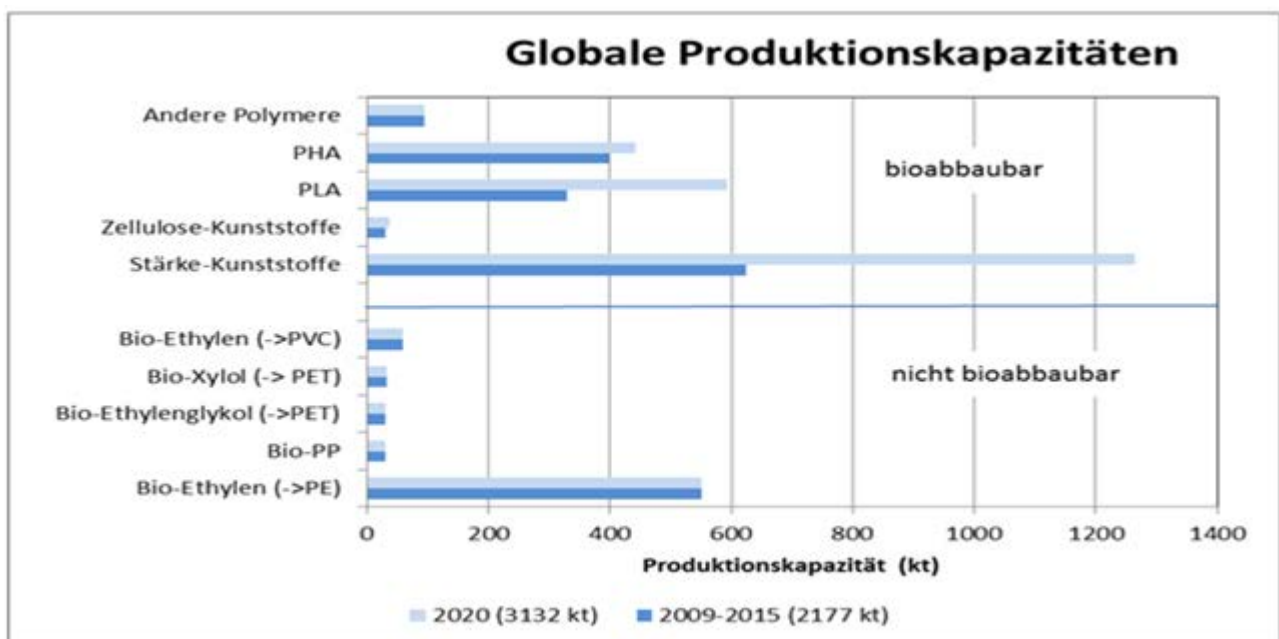


Abbildung 5: Globale Produktionskapazitäten für Bio-Monomere und daraus gebildete Biokunststoffe, z.B. Bio-Ethylen ist das Monomer für die Herstellung von Polyethylen (-> PE)

Quelle: [Pro-Bip2009] und eigene Recherchen; Grafik und Bearbeitung IFEU

Nach [European Bioplastics 2011] wurde im ersten Halbjahr 2011 bei der globalen Produktionskapazität für Biokunststoffe die „1-Millionen-Tonnen-Marke“ erreicht. Die Kapazitäten sind nahezu gleichmäßig über die fünf Regionen Europa, Nordamerika, Südamerika und Asien/Ozeanien verteilt (Abbildung 6 und Abbildung 7).

Die prozentuale Aufteilung in Abbildung 6 bezieht sich auf die Produktionskapazitäten im Jahr 2010, die in Abbildung 3 für den gleichen Bezugszeitraum angegeben sind.

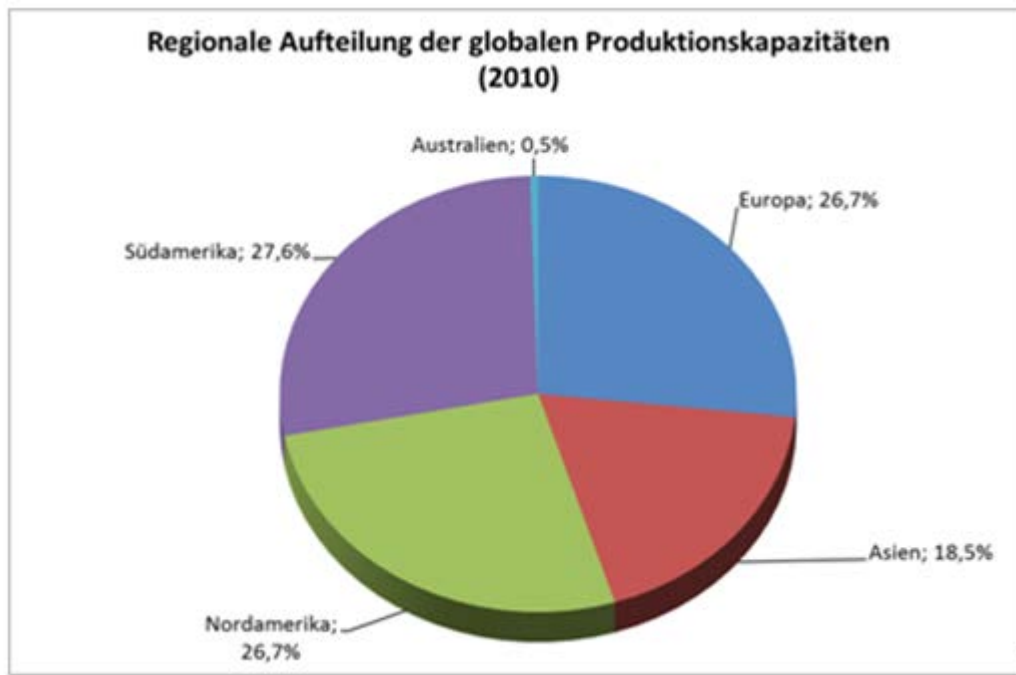


Abbildung 6: Regionale Aufteilung der globalen Produktionskapazitäten von Biokunststoffen (2010)

Quelle: [European Bioplastics 2011]; Grafik IFEU

In Abbildung 7 findet sich eine weitere Darstellungsform der globalen Produktionskapazitäten. Hierbei werden die jeweiligen Biokunststoffe nach Herstellern aufgelistet. Die in Deutschland ansässigen Hersteller sind mit dem Zusatz „(DE)“ ersichtlich. Demnach sind die Produktionskapazitäten in Deutschland bei den Firmen BASF und BIOTEC angesiedelt. Es gibt weitere Hersteller wie z.B. FKUR, zu deren Produktionskapazitäten jedoch keine Daten vorliegen.

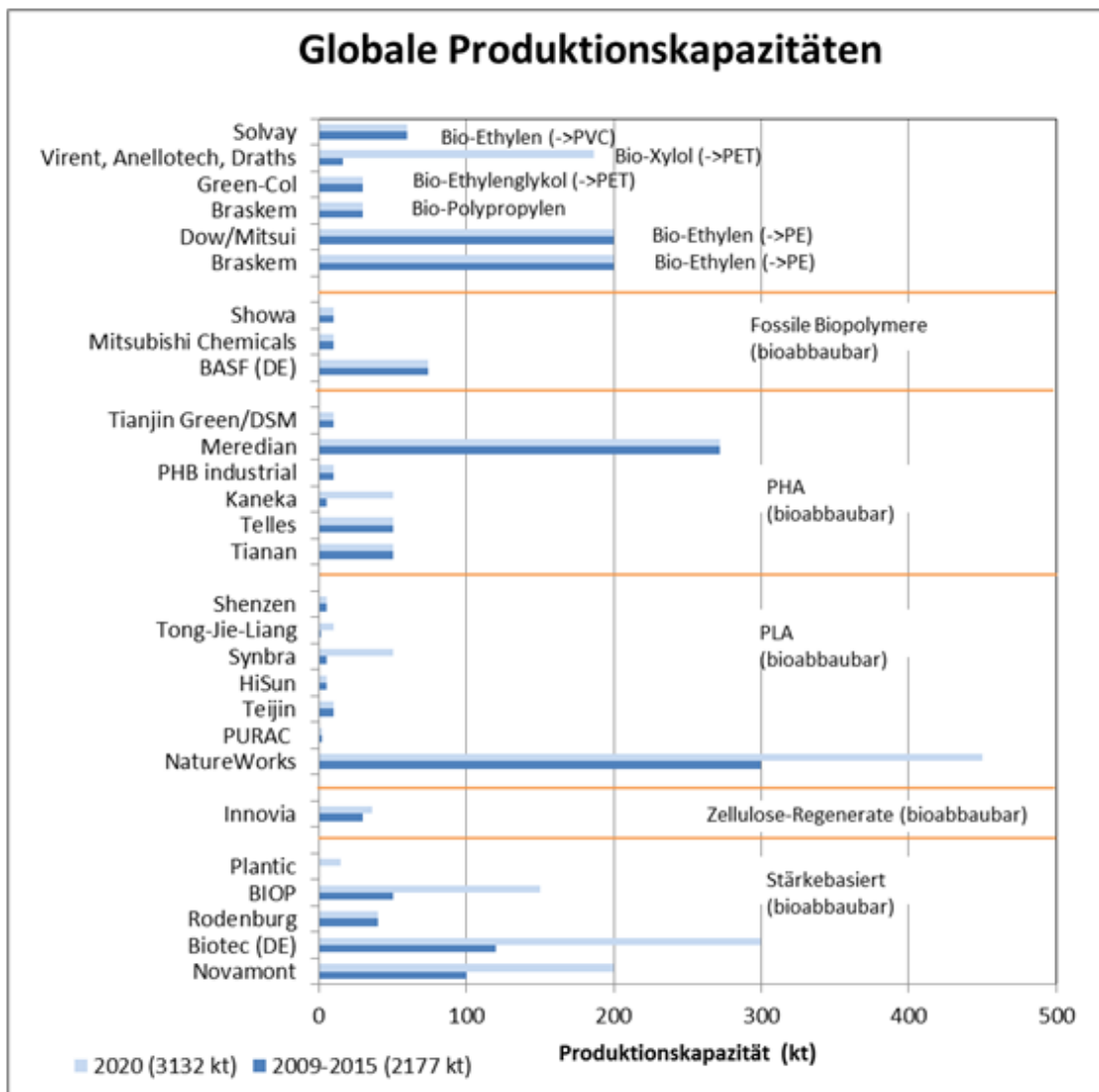


Abbildung 7: Produktionskapazitäten für Biokunststoffe aufgeteilt nach den Herstellern

Quelle: IFEU-Bearbeitung auf Basis von [Endres 2009], [Pro-Bip2009] und verschiedenen Pressemitteilungen („→“ weist auf die aus den Monomeren hergestellten Biokunststoffe hin)

Angesichts der begrenzten Produktionskapazitäten in Deutschland kann man davon ausgehen, dass in Deutschland derzeit hauptsächlich eine Weiterverarbeitung der Biopolymere zu Werkstoffen für die Packstoffherstellung (Compounds) bzw. die Packstoffherstellung selbst stattfindet. Das Unternehmen BIOP betreibt die technische Produktentwicklung ebenfalls in Deutschland, jedoch ist das Geschäftsmodell so ausgerichtet, dass die Herstellung der Biokunststoffes BIOPAR auf Lizenzbasis am Standort der Lizenznehmer erfolgt.

In [Endres 2009] werden die Biopolymere nach Anzahl der globalen Verarbeiter aufgelistet (Abbildung 8). Es überwiegen dabei die Verarbeiter für PLA-basierte und Stärke-basierte Biopolymere, was im Grunde die schon zuvor ersichtliche Bedeutung dieser beiden Werkstoff-Gruppen im bisherigen Biokunststoffmarkt bestätigt.

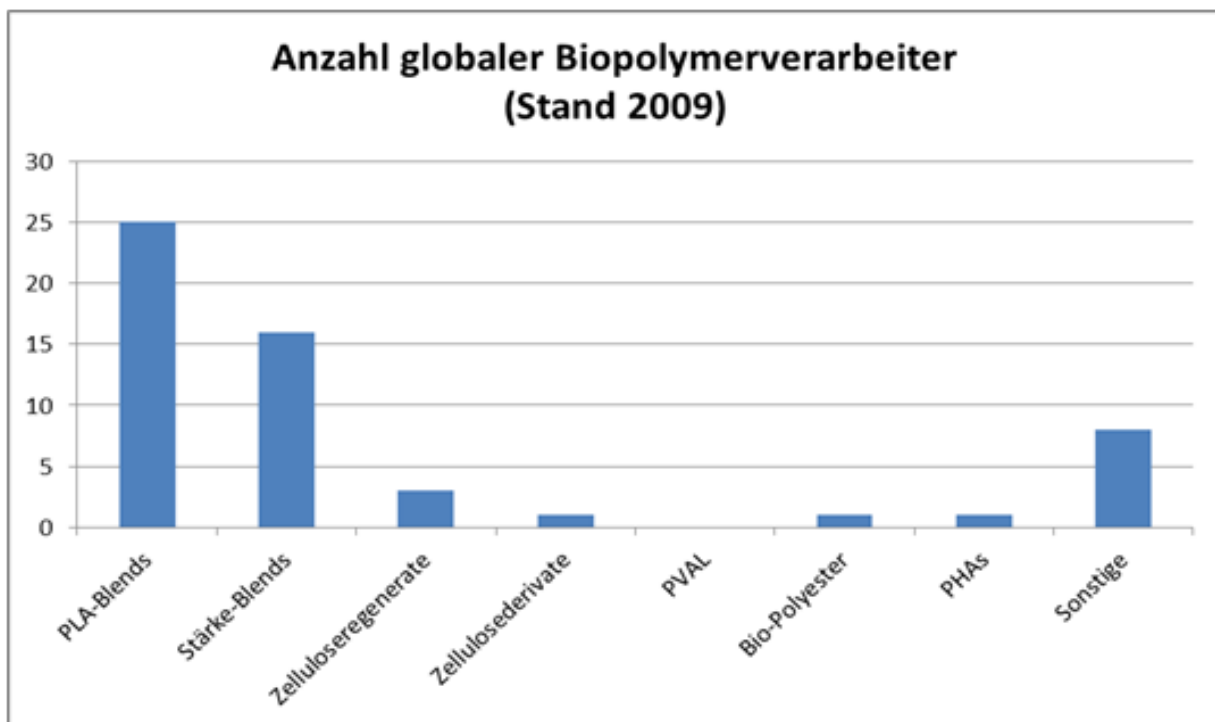


Abbildung 8: Biopolymer-Verarbeiter nach Werkstoff-Typen (2009)

Quelle: [Endres 2009]; Grafik IFEU

Für die Verarbeitung der in Abbildung 8 genannten Biokunststoffe ist in der Regel eine Anpassung bestehender Maschinen und Werkzeuge erforderlich. Das Know-How dazu wird von den Verarbeitern häufig in Eigenregie entwickelt und kann über die Konkurrenzfähigkeit entscheiden. Hinzu kommt, dass je nach Verarbeitungsverfahren spezielle Hilfsstoffe und Additive (Gleitmittel, UV-Stabilisatoren, Schlagzähigkeitsverbesser („Impact Modifier“), u.a.) in die Kunststoffmatrix eingearbeitet werden, um sowohl die Verarbeitungsfähigkeit als auch die technischen Eigenschaften der Biokunststoffe auf das gegebene Anforderungsprofil anzupassen.

Für Biokunststoffe, wie Bio-PE oder Bio-PET, die stoffgleich mit konventionellem PE oder PET sind, geht man davon aus, dass keine weitere Adaptation des Maschinenparks erforderlich ist und dass die schon erprobten Additive zur Anwendung kommen können. Die Verarbeiter wären dann potenziell deckungsgleich mit den schon existierenden Verarbeitern konventioneller Kunststoffe.

Zu den Verbrauchsmengen an Biokunststoffen in Deutschland gibt es keine aktuellen, öffentlich verfügbaren Zahlen. European Bioplastics schätzt den Verbrauch in Europa auf 100.000 Tonnen im Jahr 2007, während sich Schätzungen der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR)⁹ auf eine Bandbreite von 60.000 bis 70.000 Tonnen belaufen. Diese Zahlen lassen jedoch keine direkten Rückschlüsse auf die Verwendung im Verpackungssektor zu.

⁹ Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe Teil II. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow 2007

2.3 Verpackungen aus Biokunststoffen in Deutschland

Die in diesem Kapitel abgeleitete Situation des Markts für Biokunststoffverpackungen in Deutschland beruht zum einen auf Daten, die im Rahmen einer Fragebogenaktion erhoben wurden. Zum anderen wurden diese Daten über Hintergrundgespräche (Telefonate und Präsenztermine) mit Vertretern der Branche um weitere quantitative Informationen zu einzelnen Produkten ergänzt. Dies war aber nur unter Zusicherung einer strengvertraulichen Handhabung der erhaltenen Informationen möglich.

In den meisten Fällen ist es daher aus Vertraulichkeitsgründen nicht möglich, die einzelnen Hersteller in Verbindung mit Mengenangaben zu deren Produkten zu benennen. Dies gilt auch für einen Großteil der kontaktierten Personen, die ebenfalls nicht namentlich genannt werden wollen. Dies betrifft folgerichtig die Darstellung der Mengenströme, die im vorliegenden Bericht nur in aggregierter Form erfolgen kann.

Der Dateneingang ist sicherlich nicht ausreichend, um ein repräsentatives Bild der Branche im statistisch belastbaren Bereich abzuleiten. Insgesamt ergibt der Fragebogenrücklauf zusammen mit den Informationen, die im Rahmen der genannten Hintergrundgespräche erhalten wurden, aber ein recht klares Bild. Letztlich muss das vorgelegte Ergebnis als eine Experteneinschätzung gewertet werden.

Bei der Datenerhebung ist zwangsläufig von einer gewissen Unschärfe auszugehen, da die vielfältigen Kunden- und spezifische Lieferbeziehungen zwischen Biokunststoffherstellern und Verarbeitern nicht bekannt sind. Doppelzählungen können daher nicht ausgeschlossen werden.

Ein Sonderfall sind die bioabbaubaren Mülltüten, die gemäß VerpackV nicht zu den Verpackungen zählen. Sie sind jedoch Bestandteil des Produktportfolios von Herstellern verschiedener Folienverpackungen. In der durchgeführten Marktanalyse ist daher davon auszugehen, dass die Mengenangaben zu Folienverpackungen zu einem nicht genauer bestimmbareren Anteil auch bioabbaubare Mülltüten einschließen.

Status quo-Analyse

Aufgrund der angesprochenen Vertraulichkeit der bei den Marktteilnehmern erhobenen Informationen werden die Angaben zu Biokunststoffverpackungen am deutschen Markt in diesem Kapitel relativ zu der Gesamtzahl an Kunststoffverpackungen dargestellt. Dieser belief sich in 2009 auf 2 645 000 Tonnen.

Nach unserer Erkenntnis lag der Anteil an Biokunststoffverpackungen am Kunststoffverpackungsmarkt anhand der erfragten Mengenangaben in 2009 deutlich unter 0,5%. Da einerseits Doppelzählungen vorliegen können, andererseits nicht alle relevanten Bio-Verpackungshersteller Daten bereitgestellt haben, gehen die Autoren von 0,5% als Obergrenze für eine realistische Schätzung des Marktanteils aus.

Eine Schätzung der relativen Anteile einzelner Werkstoff-Gruppen findet sich in Abbildung 9. Demnach wurden etwa 80% der im Jahr 2009 verbrauchten Biokunststoffverpackungen aus Stärke-Blends hergestellt, während etwa 20% aus PLA hergestellt wurden. Die genaue Zuordnung von Produkten, die praktisch ausschließlich aus PLA hergestellt wurden und solchen, die aus PLA-Blends hergestellt wurden, war nicht immer eindeutig. In der Praxis ist daher eine etwas stärkere Gewichtung der PLA-Blends möglich.

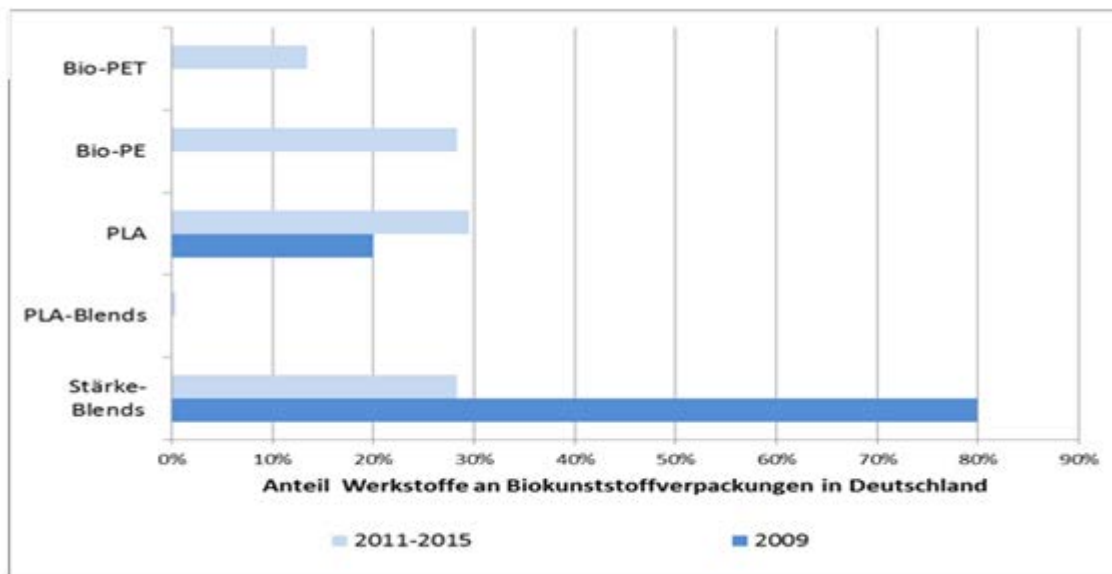


Abbildung 9: Aufteilung der Biokunststoffverpackungen nach Werkstoffen in %. Quelle: IFEU Marktbefragung
(Im Jahr 2009 betrug der Anteil der Biokunststoffe am Verpackungsmarkt Deutschland <0,5% und im Jahr 2011-2015 voraussichtlich 1%-2%)

Eine Schätzung der relativen Anteile der Verpackungsanwendungen findet sich in Abbildung 10. Demnach wurden Biokunststoffe im Jahr 2009 überwiegend für flexible Folienanwendungen und als Loose-Fill-Verpackung eingesetzt. Der Anteil von Bechern und Schalen auf dem Verpackungsmarkt kann im Jahr 2009 als sehr gering eingeschätzt werden. Flaschen aus Biokunststoffen waren nach Kenntnis der Autoren im Jahr 2009 nicht auf dem deutschen Markt in Verwendung. Bei den flexiblen Folien werden neben Stärke-Blends und PLA-Blends auch zellulosebasierte Werkstoffe eingesetzt. Deren Anteil scheint jedoch sehr gering und ließ sich anhand des Datenrücklaufs nicht genau bestimmen.

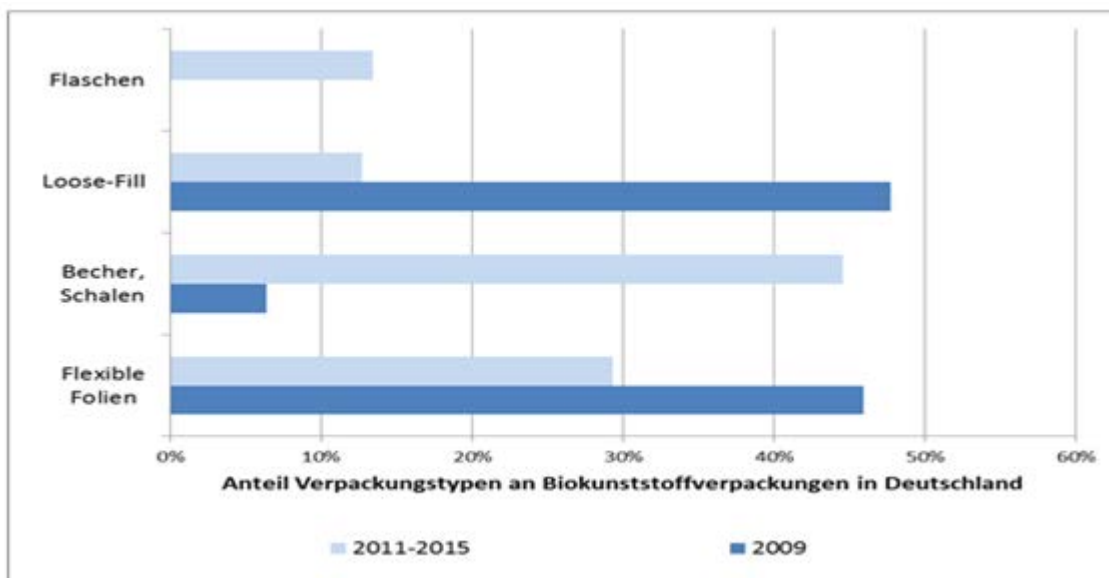


Abbildung 10: Aufteilung der Biokunststoffverpackungen nach Anwendungen in %. Quelle: IFEU Marktbefragung
(Im Jahr 2009 betrug der Anteil der Biokunststoffe am Verpackungsmarkt Deutschland <0,5% und im Jahr 2011-2015 voraussichtlich 1%-2%)

Die bioabbaubaren Verpackungen enthalten häufig Additive und fossile Co-Polymere. Bei den Loose-Fill-Packmitteln liegt der Anteil an PVOH bei etwa 13% [Würdinger et. al. 2002], bei den zumeist aus PLA bestehenden Bechern und Schalen werden bis zu 5% fossilbasierte Additive zugesetzt. Bei den flexiblen Folien liegt der biobasierte Masseanteil gemäß den erhobenen Daten zwischen 30%-50%. Der fossile Anteil besteht hier in der Regel aus bioabbaubaren Co-Polyestern, wie z.B. PBAT.

Prognose

Abbildung 9 und Abbildung 10 enthalten auch Angaben für den Zeitraum 2011 bis 2015. Es ist absehbar, dass sich der Anteil an Biokunststoffen am gesamten Kunststoffverpackungsmarkt auf 1%-2% erhöht. Dem liegen Einschätzungen einzelner Verpackungshersteller zu ihren eigenen Marktpotenzialen in Deutschland zugrunde. Zudem wurden die im Jahr 2011 schon stattfindenden bzw. angekündigten Marktaktivitäten bezüglich der Verwendung von Bio-PE und Bio-PET bei der Herstellung von Folien und Flaschen berücksichtigt. Die Angabe eines Zeitraums von 2011 bis 2015 wurde so gewählt, weil die Umsetzung wie erwähnt schon in 2011 begonnen hat und der von den Marktakteuren erwartete Umsetzungszeitraum im Gespräch häufig auf die nächsten zwei bis vier Jahre bezogen wurde.

Praktisch alle befragten Verpackungshersteller erwarten in diesem Zeitraum eine positive Absatzentwicklung für ihre Verpackungsprodukte aus Biokunststoffen. Ein Hersteller gab an, dass er sich eher auf die Verwendung von Recyclingmaterial aus konventionellen Kunststoffen konzentriert und das Biokunststoffgeschäft nicht weiter proaktiv entwickeln möchte.

Darüber hinaus machten die befragten Marktakteure auch Angaben zu der erwarteten Entwicklung des Gesamtmarkts. Die größte Zunahme wird im Bereich der Tragetaschen und Beutel erwartet. Die Bandbreite war jedoch sehr hoch. Hier einige Nennungen:

- Flexible Folienprodukte allgemein: eine erwartete Steigerung von 10%
- Beutel: eine erwartete Steigerung von 50%
- Tragetaschen: eine erwartete Steigerung von 200%

Die Wachstumserwartung gilt auch für die geschäumten Produkte, wobei hier keine Zahlenangaben gemacht wurden.

Bei den formstabilen Produkten wird besonders bei Getränkeflaschen (eher aus Bio-PET und Bio-PE als aus PLA), Schalen und Joghurtbechern (beide vermutlich vor allem aus PLA) eine positive Absatzentwicklung erwartet. Es finden sich hier Angaben von 5% bis 25%, wobei man diese Schätzungen auch vor dem Hintergrund des extrem niedrigen Marktvolumens von 2009 sehen muss.

Hier ist etwa zu beachten, dass Danone im laufenden Jahr 2011 verschiedene Biokunststoffverpackungen in den Markt gebracht hat. Die PLA-Menge der Joghurtbecher (Activia) beläuft sich auf 3000 Tonnen. Danone ist zudem auch mit Bio-PET Flaschen und Bio-PE-Verpackungen auf dem deutschen Markt. Auch Coca-Cola ist mit Bio-PET-Flaschen im Bioverpackungssegment aktiv und bringt ab Mitte August 2011 Getränke in Bio-PET-Flaschen auf den deutschen Markt [Coca-Cola 2011].

Bio-PE befindet sich seit diesem Jahr (2011) auch in Form von Tragetaschen (Tengelmann) auf dem deutschen Markt.

Was die verschiedenen Typen an Biokunststoffen angeht, besteht bei den bereits etablierten Werkstoffen auf Basis von Stärke und PLA weiterhin eine klare Wachstumserwartung. Wie schon zuvor angedeutet, wird sich deren relativer Anteil aber durch die zunehmende Marktpresenz von Verpackungen aus Bio-PE und Bio-PET verringern.

Sehr verhalten fällt die Wachstumsprognose der Bioverpackungshersteller für etabliertere Polymere wie den fossilen bioabbaubaren Polyestern und zellulosebasierten Kunststoffen sowie den bislang wenig eingesetzten Polyhydroxyalkanoaten aus. Allerdings zeigt die globale Kapazitätsentwicklung, dass fossile Copolyester wie PBAT in jüngster Zeit durchaus Kapazitätszuwächse erfahren haben.

Im Fragebogen wurden auch Bio-1,3-Propandiol basierte Polymere und Bio-Polyamide berücksichtigt. Diese scheinen auf dem deutschen Verpackungsmarkt 2009 keine Rolle zu spielen. Jedoch besteht einigen Marktakteuren zufolge die Erwartung, dass sich dies zukünftig ändern wird.

Die Werkstoffe Bio-PE und Bio-PET werden aus Bio-Ethanol hergestellt, das derzeit wohl überwiegend aus brasilianischem Zuckerrohr gewonnen wird. Vermutlich wird zudem auch Zuckermelasse aus Indien eingesetzt.

Der biogene Anteil im Bio-PE dürfte zwischen 85% und 100% liegen. Der untere Wert bezieht sich auf Bio-PE-LLD, das einen höheren Zusatz von fossilen Co-polyestern erfordert als Bio-PE-LD oder Bio-PE-HD. Beim Bio-PET ist derzeit nur das Monomer Monoethylenglykol (MEG) biogenen Ursprungs. Da PET aus MEG und Terephthalsäure (TPA) hergestellt wird, liegt der biogene Masseanteil des fertigen PET-Polymers bei etwa 30%. Kürzlich wurde über Produktionskapazitäten für biogenes p-Xylol berichtet (s.a. Abb. 7). Aus diesem wiederum kann TPA hergestellt werden. Damit könnte in absehbarer Zeit überwiegend bzw. vollständig biogenes PET auf den Markt gelangen.

Die oben geschilderten Aktivitäten zur Einführung von Biokunststoffverpackungen bei Markenprodukten könnten dem deutschen Markt für Biokunststoffverpackungen durchaus einen größeren Schub verleihen. Der für die nächsten Jahre geschätzte Anteil von Biokunststoffverpackungen von 1%-2% könnte dann durchaus höher liegen. Insgesamt lässt sich aber das mögliche Ausmaß eines solchen Marktimpulses nicht belastbar quantifizieren.

Im EUWID 28.2011 wird auf eine aktuelle Marktstudie des Marktforschungsinstituts Frost & Sullivan verwiesen, der zu Folge der europäische Markt für Biokunststoffverpackungen von 142,8 Mio. Euro im Jahr 2009 auf 475,5 Mio. Euro bis 2016 zulegen soll. Dies entspricht gut einer Verdreifachung und liegt im Umfang der hier für den deutschen Markt im gleichen Zeitraum abgeschätzten Mengenzunahme.

Systematik der Biokunststoffe im Verpackungsmarkt

Basierend auf den vorangehenden Kapiteln und Abschnitten wird hier nochmal zusammenfassend eine Übersicht über die Struktur des Bio-Verpackungsmarktes gegeben.

Hinsichtlich der im Verpackungsbereich in Deutschland derzeit eingesetzten Biokunststofftypen bietet sich anhand von Abbildung 4 folgende Unterteilung an:

- Stärkebasierte Blends (Stärke-Blends)
- PLA-basierte Blends (PLA-Blends)

- Biokunststoffe aus thermoplastischer Stärke (TPS)
- Biokunststoffe aus PLA (PLA)
- Zellulosebasierte Kunststoffe (Zellstoff)
- Biobasierte Biokunststoffe (Bio-PE, Bio-PET)

Bei den ersten beiden Gruppen wird der bio-basierte Anteil in der Regel mit einer bioabbaubaren, fossilen Materialkomponente zusammen gebracht. Dadurch werden bestimmte technische Verarbeitungs- und Anwendungseigenschaften gezielt eingestellt.

Unter den bioabbaubaren, fossilen Polymeren sind folgende im Verpackungsbereich relevant:

- Polybutyladipinterephthalat (PBAT)
- Polyvinylalkohol (PVOH)
- Polycaprolacton (PCL)

Die genannten Biokunststoffsorten werden nachfolgend einzelnen Verpackungsanwendungen zugeordnet. Dabei werden folgende Gruppen als relevant erachtet:

- Getränkeflaschen (ohne milchbasierte Getränke): Bio-PET
(konventionelles fossiles Polymer: PET)
- Getränkeflaschen für milchbasierte Getränke: Bio-PET, PE-HD
(konventionelle fossile Polymere: PET, PE-HD)
- Becher, Schalen: PLA, zukünftig auch Bio-PET
(konventionelle fossile Polymere: PP, PET, PS)
- Flexible Folienprodukte: Stärke- und PLA basierte Co-Polyester;
zellulosebasierte Polymere
(konventionelle fossile Polymere: PE-LLD, PE-LD, PE-HD, PP)
- geschäumte Verpackungen: geschäumte stärkebasierte Co-Polymere
(konventionelles fossiles Polymer: PS-E [expandiertes Polystyrol])

Welche Biomasse eingesetzt wird, wie sie verarbeitet wird und aus welcher Region sie stammt, kann insbesondere für die ökologische Bewertung von Relevanz sein. Dieser Aspekt wurde daher auch bei der Literaturanalyse berücksichtigt und in den Steckbriefen gesondert ausgewiesen.

In Tabelle 1 ist der Zusammenhang zwischen Biokunststoffen und den verwendeten Grund- bzw. Biomasserohstoffen exemplarisch aufgezeigt.

Tabelle 1: Übersicht eingeführte biologisch abbaubare Kunststoffe und Hersteller zum Stand August 2009

Quelle: [UBA 2009]

Rohstoff	Grundstoff	Kunststoff	Hersteller
Stärke, Zucker	z.B. Glucose	PHB/PHV	Biomer; Metabolix; PHB Industrial S/A
Maisstärke	Milchsäure	Polylactid (PLA)	Nature Works; Synbra Technology; FKUR Kunststoff GmbH
Kartoffel, Weizen, Mais	Stärke	thermoplastische Stärke bzw. Stär-keblends	Novamont; Biotec GmbH; BIOP; Rodenburg Biopolymers; Plantic Technologies (DuPont)
Holz	Cellulose	Zellglas	Eastman; Innovia Films; FKUR Kunststoff GmbH
		abbaubare Polyester	BASF SE

In der Praxis gibt es hinsichtlich der hier dargestellten Wertschöpfungsstufen Überlappungen. Die in Tabelle 1 genannten Hersteller befinden sich teilweise an unterschiedlichen Stellen in der Verarbeitungskette. So kümmert sich NatureWorks um die Herstellung von PLA aus stärkehaltigen Rohstoffen (derzeit nur Mais), während die Weiterverarbeitung zu Blends bzw. die Umformung von anderen Firmen übernommen wird. Novamont ist sowohl an der Herstellung der bioabbaubaren Kunststoffe als auch an der Herstellung verschiedenster Blends beteiligt. Firmen wie BIOP oder FKUR haben ihre Stärken in der Herstellung von verarbeitungsfähigen Compounds.

Abschließend ist in Abbildung 11 die Biokunststoffsystematik dargestellt, soweit diese für den Verpackungssektor als relevant eingeschätzt wird. Die kursiv gedruckten Biokunststoffe bzw. -monomere sind zum Zeitpunkt der Fertigstellung des vorliegenden Berichts noch nicht auf dem Markt verfügbar.

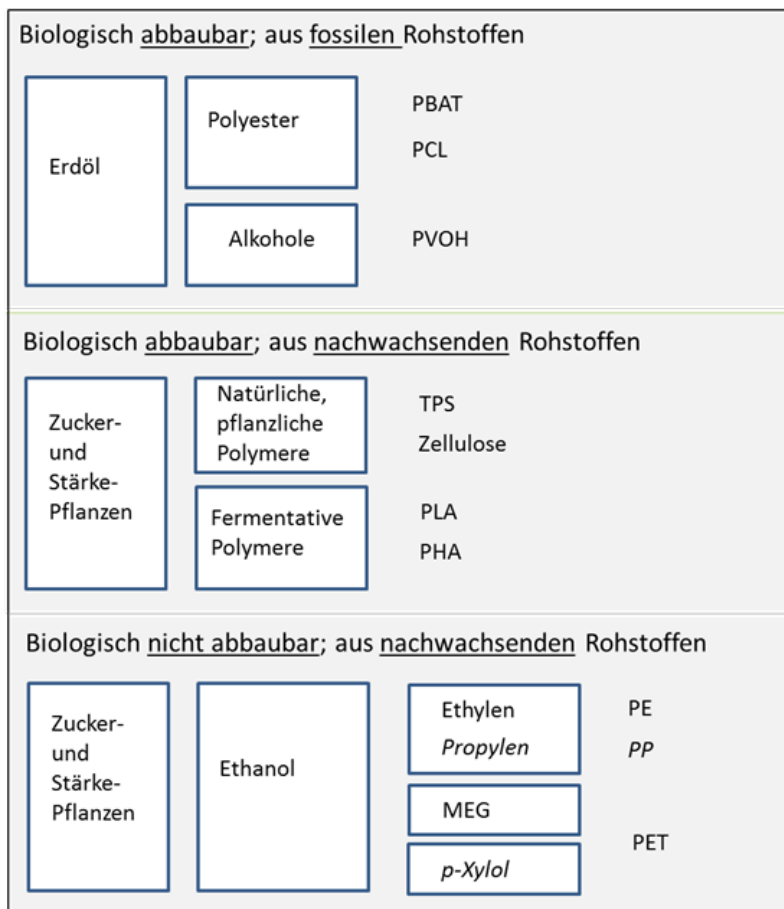


Abbildung 11: Systematik der Biokunststoffe im Verpackungssektor, adaptiert auf Basis von [UBA 2009]

2.4 Entsorgungssituation

Gemäß Consultic belief sich das Aufkommen an Verpackungsabfällen aus Kunststoffen in Deutschland auf 2459kt im Jahr 2009 [Consultic2010]. Es handelt sich dabei um die gesamten Kunststoff-Verpackungsabfälle in Deutschland, also nicht nur die Abfälle die beim privaten Endverbraucher anfallen, sondern auch diejenigen die bei gewerblichen Endverbrauchern entstehen. Hinsichtlich der Entsorgungspfade überwiegt die energetische Verwertung mit 55%. Diese schließt die Abfallverbrennung mit Energierückgewinnung ein. Die werkstoffliche Verwertung erreicht 42% (Abbildung 12).

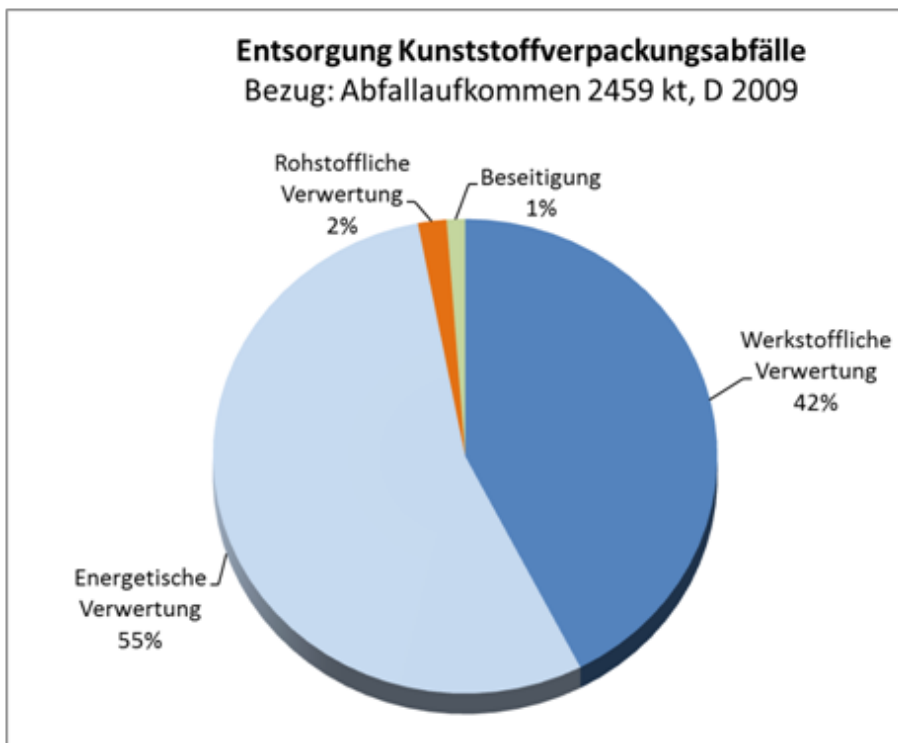


Abbildung 12: Entsorgung der Kunststoffverpackungsabfälle (Deutschland, 2009)

Quelle: [Consultic 2010]

Dies zeigt, dass selbst für die etablierten Kunststoffverpackungen nur stark aggregierte Daten veröffentlicht vorliegen. Dabei wird auch nicht zwischen konventionellen Kunststoffen und Biokunststoffen unterschieden.

Für die Informationsermittlung zum Mengenstrom im Bereich der Entsorgung wurden die folgenden Verbände und Unternehmen kontaktiert:

- Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung e.V. (BVSE)
- Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.
- Duales System Interseroh SE
- Bundesverband der Deutschen Entsorgungs-, Wasser- und Rohstoffwirtschaft e.V. (BDE)
- Duales System Deutschland GmbH

Dabei wurden folgende Informationen abgefragt:

- Welche Mengen und Verpackungsarten gelangen per Hausmüll in die Kompostierung bzw. Vergärung? Unterschieden nach:
 - „Industrielle“ Kompostierung
 - Heimkompostierung
 - Vergärung
- Welche Mengen und Verpackungsarten gelangen über besondere Aktivitäten in die Kompostierung bzw. Vergärung? Unterschieden nach:

- Events, Veranstaltungen
- Andere?
- Welche Mengen und Verpackungsarten gelangen in den gelben Sack?
 - Und von dort: in welche Sortierfraktionen?
- Welche Mengen und Verpackungsarten gelangen in den Restmüll?
- Generelle Stellungnahme zu bioabbaubaren Kunststoffverpackungen

Die Fragen zur Entsorgung waren übrigens auch in den Fragebögen, die an die Hersteller von Biokunststoffen und die Verpackungshersteller gingen, enthalten.

Von den genannten Adressaten steuerten die drei erst genannten konkrete Informationen bei. Dabei zeigte sich, dass kaum quantitative Aussagen gemacht wurden bzw. werden konnten. Lediglich der BVSE gab eine Einschätzung zur relativen Relevanz der einzelnen Entsorgungswege für Biokunststoffverpackungen (s.u.).

Die Kosten für Biokunststoffe zu Verpackungszwecken liegen nach wie vor über denen der konventionellen Verpackungskunststoffe. Es ist daher zu erwarten, dass ihre Anwendung vor allem dort erfolgt, wo ein Zusatznutzen, etwa in Form eines positiven Marketings, realisiert werden kann. Daher gehen wir für die weiteren Überlegungen davon aus, dass der Einsatz von Biokunststoffverpackungen überwiegend als Primärverpackung von Produkten des privaten Endverbrauchs stattfindet. Dies deckt sich auch mit den Aussagen der befragten Marktteilnehmer. Lediglich bioabbaubare Loose-Fill-Chips und Luftpolsterfolien könnten auch im Zwischenhandel anfallen, insbesondere wenn sie als Transportverpackung eingesetzt werden.

Der Abfall an Biokunststoffverpackungen fällt damit hauptsächlich in den privaten Haushalten an. Dort gelangt er entweder in den gelben Sack, in den Restabfall oder in den Biomüll. Wie zuvor diskutiert, befanden sich im Jahr 2009 überwiegend flexible Folien und Loose-Fill-Verpackungen sowie zu einem kleineren Anteil halbstarre Folienprodukte wie Becher und Schalen im Einsatz. In Form und Aussehen sind diese Produkte für den privaten Endverbraucher bei flüchtiger Betrachtung kaum von den analogen Produkten aus konventionellen Kunststoffen zu unterscheiden.

Einige der Verpackungen sind mit einem Logo versehen, das auf ihre Kompostierbarkeit hinweist. Bei genauerem Hinsehen wäre zumindest hier für den Verbraucher eine Unterscheidung möglich. Wir nehmen an, dass eine gesonderte Handhabung von Biokunststoffverpackungen seitens des Verbrauchers am ehesten bei bioabbaubaren Tüten stattfindet, die zur Bioabfallsammlung genutzt werden. Hier kann man durchaus annehmen, dass diese zusammen mit dem Inhalt in die Biotonne gelangen. Bioabbaubare Abfalltüten dürften jedoch im Jahr 2009 gemäß der uns vorliegenden Daten massebezogen nicht mehr als 10% des Markts für Biokunststofffolien ausmachen.

Die weiteren Überlegungen zu den Entsorgungspfaden für Biokunststoffverpackungen gehen von der Prämisse aus, dass der Verbraucher diese größtenteils analog zu den konventionellen Kunststoffverpackungen behandelt.

Das Ergebnis dieser Überlegungen ist in Abbildung 13 in Form eines vereinfachten Stoffflusses dargestellt. Hierbei wurden auch auf Informationen aus [HTP-IFEU 2001], [Cyclos-http 2011], [Kauertz et. al. 2011] und [Christiani2011] zurückgegriffen. Das Fließbild stellt die Entsor-

gungswege für die Biokunststoffverpackungen der Anwendungsgruppen Flexible Folien und Becher/Schalen dar. Es wird in der Folge näher erläutert.

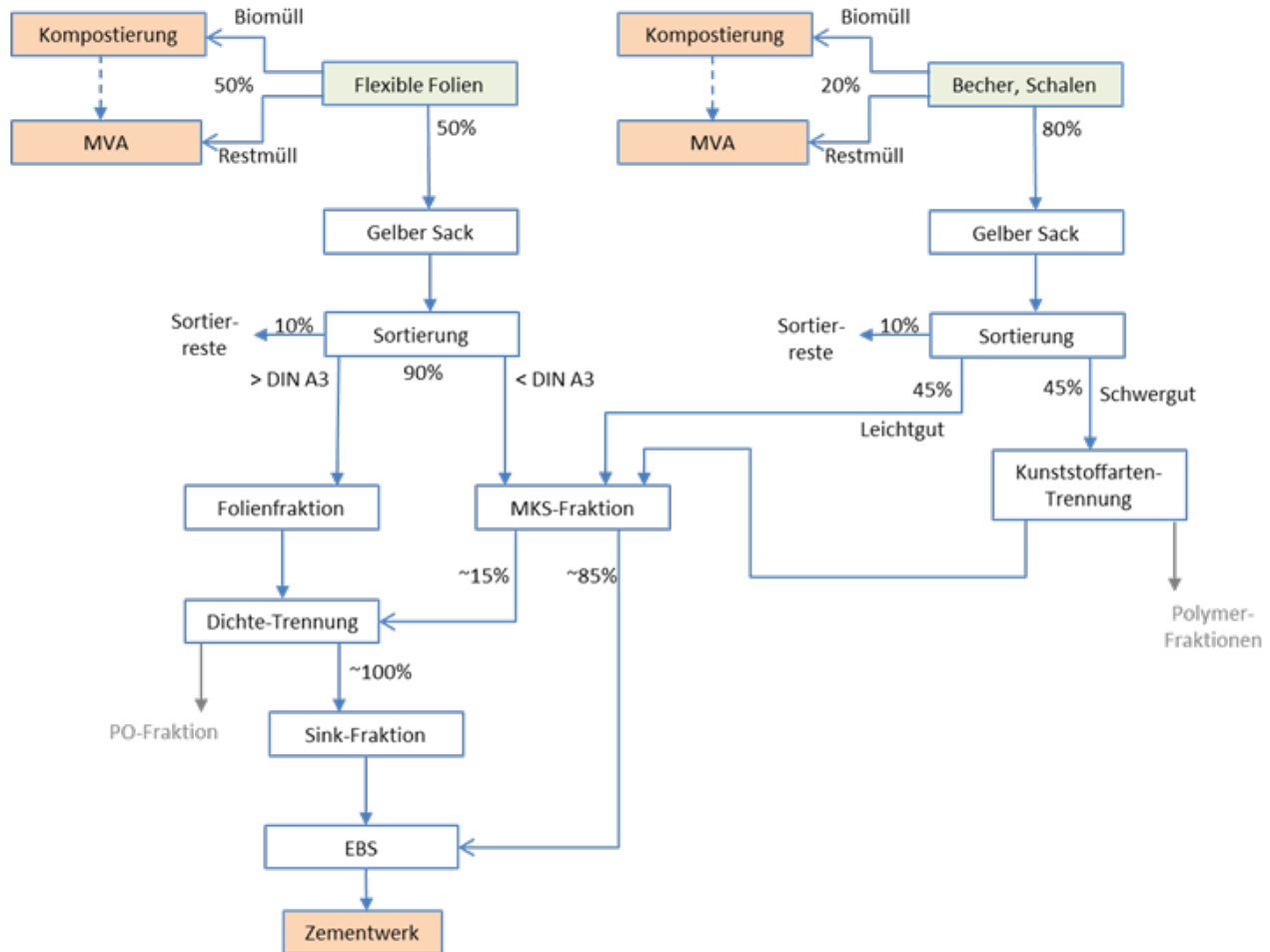


Abbildung 13: Entsorgungswege von Bio-Kunststoffverpackungen

Quelle: IFEU-Einschätzung abgeleitet aus [HTP-IFEU 2001], [Cyclos-HTP 2011], [Kauertz et. al. 2011] und [Christiani 2011] (Bezug: Deutschland, 2009)

Zunächst stellt sich die Frage, in welcher Sammelfraktion die Verpackungen landen. Dabei nehmen wir an, dass die flexiblen Folien zu 50%, die Becher/Schalen zu 80% im gelben Sack landen. Abgeleitet wurden diese Zahlen anhand der spezifischen Erfassungsquoten für Verpackungsmaterial- bzw. Artikelgruppen gemäß [HTP-IFEU 2001, Abb.2.2.1], sowie [Kauertz et al. 2011, Abb. 2.2].

Die verbliebene Menge würde dann in die Abfallbehandlung via MVA oder Kompostierungsanlage gelangen; zu welchen Anteilen ist jedoch nur schwer einzuschätzen. Letztlich dürften aber auch viele der mit dem Biomüll gesammelte Biokunststoffe in die Müllverbrennung gelangen, da sie in den meisten deutschen Kompostierungsanlagen schon vor der Rotte über eine Siebtrommel als Störstoffe herausortiert werden [Wellenreuther et al. 2009b].

Die Folienfraktion im gelben Sack gelangt je nach Größe in unterschiedliche Sortierfraktionen. Folien ab einer Größe von etwa DIN A3 werden in die Folienfraktion sortiert. Hierzu zählen z.B. Kunststofftragetaschen. Die Folienfraktion wird beim Recycler zunächst einer Dichtentrennung (Schwimm-Sink-Trennung) mit dem Ziel unterzogen, Polyolefine von anderen Kunststoffen zu trennen. Die bioabbaubaren Biokunststofffolien auf der Basis von Stärkeblends und PLA-Blends haben alle eine Dichte >1 und gelangen daher in die Sink-Fraktion, die wiederum in einem nachfolgenden Schritt zu Ersatzbrennstoff (EBS) aufgearbeitet wird.

Folien kleiner DIN A3 gelangen in die Mischkunststoff-Fraktion (MKS). Auch die Mischkunststoffe werden einer Dichtentrennung unterzogen, so dass die bioabbaubaren Verpackungen der MKS-Fraktion letztlich auch zu Ersatzbrennstoff (EBS) aufgearbeitet werden.

Die Materialgruppe Becher/Schalen gelangt je nach Auslegung der Sortieranlage teilweise in die Leichtgutfraktion und teilweise in die Schwergutfraktion. Eine hälftige Aufteilung dürfte im Mittel zutreffend sein [Christiani 2011]. Das Leichtgut gelangt direkt in die MKS-Fraktion. Das Schwergut durchläuft eine Trennstrecke, bei der nach Kunststoffarten sortiert wird. Was die Biokunststoffe angeht, dürften sich in 2009 lediglich PLA-Produkte in der Schwergutfraktion befunden haben. Die Sortieranlagen sind bislang selektiv für die Kunststoffe PET, PP, PE und PS ausgelegt. Die PLA-Produkte landeten möglicherweise in der verbliebenen MKS-Fraktion bzw. in den Sortierresten. Loose-Fill-Materialien dürften ebenfalls im Leichtgut zu finden sein und damit auch in der MKS-Fraktion verwertet werden.

Man kann somit davon ausgehen, dass gebrauchte Biokunststoffverpackungen zu einem größeren Teil zusammen mit den konventionellen Kunststoffen zu Ersatzbrennstoff aufgearbeitet wurden und letztlich energetisch in Zementwerken verwertet wurden. Die restlichen Abfälle aus Biokunststoffverpackungen gelangten weitgehend in die Abfallverbrennung, sei es über die Sortierreste der Wertstoffsartieranlagen, direkt über den Restmüll oder die Störstoffsartierung der Kompostierungsanlagen.

Die hier dargelegte Entsorgungssituation steht etwas im Kontrast zur Einschätzung des BVSE, von dem folgende Aufteilung vermutet wird: 20% Kompostierung, 10% Eigenkompostierung, 10% Vergärung, 30% gelber Sack, 30% Müllverbrennung. Der Anteil am gelben Sack erscheint dabei aus unserer Sicht zu niedrig angesetzt. Die vom BVSE genannte Aufteilung könnte aber für bioabbaubare Abfallbeutel gut zutreffen.

Bezüglich der oben dargelegten Entsorgungssituation ist zu beachten, dass es gemäß den Aussagen der DSD GmbH [Kauertz 2011] auch möglich wäre, dass PLA-Becher in der Schwergutfraktion nach dem derzeitigen Stand der Sortiertechnik nicht als Kunststoffe erkannt werden und damit nicht in der MKS-Fraktion sondern in den Sortierresten enden. Die weitere Entsorgung würde dann über die MVA anstatt über die energetische Nutzung von EBS verlaufen.

Wie aus den vorausgehenden Erläuterungen ersichtlich wird, ist der Kenntnisstand zur Entsorgungssituation von Biokunststoffverpackungen sehr beschränkt. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe. Zum einen ist der Zugang zu konsistentem, die nationalen Abfallströme umfassendes Datenmaterial seit der Zerschlagung der Duales System Deutschland GmbH erheblich schwieriger geworden, da im Grunde kein zentraler Mengenstromnachweis mehr geführt wird. Zum anderen sind die von den seither existierenden verschiedenen Dualen Systembetreibern erhobenen Daten zur Zusammensetzung des Sammelguts im gelben Sack an den quotenrelevanten

Werkstoffgruppen orientiert. Eine separate Erfassung von Biokunststoffverpackungen findet dabei nicht statt.

Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob und wie zukünftig der Zugriff auf solche Informationen überhaupt möglich sein wird. Denn aufgrund der nun gegebenen Konkurrenzsituation ist die Bereitschaft der Dualen Systembetreiber zur öffentlichen Bereitstellung von Daten in der benötigten Detailtiefe zurückgegangen.

Wie oben skizziert, geht es bei der Sortierung der gebrauchten Verpackungen um die Gewinnung möglichst homogener sortenspezifischer Fraktionen. In dieser Hinsicht werden die Biokunststoffe derzeit quasi wie Störstoffe behandelt und gelangen entweder in die Sortierreste oder in die MKS-Fraktion. Letztere dient somit als Sammelgruppe für die nicht positiv in eine sortenspezifische Zielfraktion selektierten Kunststoffe. Andererseits wird immer wieder darauf verwiesen, dass Biokunststoffe das werkstoffliche Recycling der sortenspezifischen Fraktionen stören könnten.

Der Grund für eine solche Störung liegt etwa darin, dass die Schmelztemperaturen von Biokunststoffverpackungen schon in sich relativ uneinheitlich sind und häufig unter denen der konventionellen Kunststoffe liegen. Sie gelangen dann bei der Schmelzfiltration mit in das Produkt und können dadurch zu funktionellen Störungen bei der Verarbeitung oder der Produktanwendung führen.

Trotz der genannten Sortier- und Trennschritte besteht die Möglichkeit, dass Biokunststoffe in geringen Mengen in die sortenspezifischen Zielfraktionen gelangen. So liegt zum Beispiel bei der Dichtentrennung die Trennschärfe nicht bei 100%. Die Trennschärfe ist abhängig von der eingesetzten Technik und einer ausreichenden Dimensionierung der Anlage. In der Praxis sind die Anlagen aus Kostengründen häufig leicht unterdimensioniert. Eine Verschleppung von Biokunststoffen in die Leichtfraktion wäre daher durchaus möglich¹⁰.

Vor dem Hintergrund der zuvor geschilderten aktuellen Entsorgungsoptionen von Biokunststoffverpackungen lassen sich Überlegungen zu den weiteren Entwicklungen in den kommenden Jahren anstellen. Dabei wären drei Gruppen von Biokunststoffverpackungen zu unterscheiden:

- A. Stoffgleiche Anwendungen zu den konventionellen Kunststoffen, vor allem aus Bio-PE, Bio-PP und Bio-PET
- B. Bioabbaubare Verpackungen bzw. Verpackungsbestandteile aus Monomaterialien, vor allem PLA und PHA
- C. Bioabbaubare Verpackungen aus Materialgemischen, vor allem stärkebasierte und PLA-basierte Copolymere sowie Mehrschichtfolien auf Zellulose-Basis

Die Gruppen B und C wurden mit dem Ziel der Bioabbaubarkeit entwickelt und erfüllen in den meisten Fällen das Kriterium der Kompostierbarkeit gemäß EN 13432. Man hätte also erwarten

¹⁰ Derzeit läuft hierzu ein Forschungsvorhaben der EU unter Beteiligung der Fachhochschule Hannover und HTP [Christiani 2011]

können, dass die Vorgabe der VerpackV zur Entwicklung von Entsorgungsstrukturen eine stärkere Gewichtung der Kompostierung bewirken würde, was jedoch nicht erfolgt ist.

Exkurs: Kompostierung

Immerhin war schon in den Jahren 2001 und 2002 in Kassel ein Großversuch mit kompostierbaren Verpackungen durchgeführt worden. Dabei wurde in verschiedenen Einzelhandelsgeschäften ein gutes Dutzend Produkte in kompostierbaren Verpackungen vertrieben. Zugelassen wurden nur solche Verpackungen, welche hinsichtlich ihrer Kompostierbarkeit geprüft und zertifiziert waren, zum Beispiel Folien auf Basis nachwachsender Rohstoffe, stärkebasierte Tragetaschen, die auch als Säcke für Bioabfall genutzt werden können sowie Knotenbeutel für Obst und Gemüse (www.modellprojekt-kassel.de).

Mit dem Kasseler Modell war die Erwartung verbunden, der Marktentwicklung von bioabbaubaren Werkstoffen (BAW) einen Schub zu bringen. Die Projektträger sahen die Popularität dieser Werkstoffklasse infolge des Modellprojekts als gewachsen an. Die Untersuchung der Mitsammlung der BAW über die Biotonne zeigte keine signifikante Veränderung der Bioabfallqualität. Den Rotteprozess selbst störten BAW-Verpackungen nicht.

In Norditalien wurde Mitte der Neunziger Jahre ein optimiertes Verfahren für die getrennte Bioabfallsammlung entwickelt, welches auch als das Italienische Modell bezeichnet wird. Dieses Modell zeichnet sich laut der Firma Novamont¹¹ „durch höhere Erfassungsquoten, eine geringe Fehlwurfrate und niedrige Kosten aus“. Die Sammlung erfolgt mit bioabbaubaren Mülltüten.

Gemäß Novamont zeigten „mehrjährige Erfahrungen der Entsorger, dass die Bürger sich aktiv daran beteiligen - sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht - wenn Ihnen die Sammlung durch regelmäßige Abfuhr der vor der Haustür bereitgestellten Abfälle und kürzere Abfuhrzyklen soweit als möglich erleichtert wird. Die Kompostieranlagen können dabei häufig auf eine mechanische Vorsortierung des Bioabfalls verzichten“. Die bioabbaubaren Mülltüten werden zusammen mit dem Bioabfall kompostiert.

In den Niederlanden arbeiten zahlreiche Kompostieranlagen mit nachträglicher Siebung [Schnarr 2011]. Dies sei ein Hinweis darauf, dass eine mechanische Vorbehandlung zur Kunststoffaus-sortierung nicht zwingend erforderlich ist.

Nach der geltenden Fassung der deutschen Bioabfall-Verordnung werden nur solche bioabbaubaren Werkstoffe als geeignete Abfälle zur getrennten Sammlung und Verwertung in Bioabfallbehandlungsanlagen akzeptiert, die vollständig biobasiert sind. Im Entwurf zur Novellierung der Bioabfall-Verordnung wird diese Regelung nun so verändert, dass auch bioabbaubare Werkstoffe aus überwiegend nachwachsenden Rohstoffen als zulässiger Bioabfall gelistet sind. Damit soll für als kompostierbar zertifizierte Biokunststoffabfälle und Bioabfalltüten gemäß dem Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe „ein flächendeckender und uneingeschränkter Zugang zu Bioabfallsammelsystemen möglich sein“ [BMELV 2009].

¹¹ <http://www.novamont.com/default.asp?id=640>

Die zuvor genannten Beispiele zeigen einerseits, dass eine Entsorgung von bioabbaubaren Verpackungen bzw. Abfallbeuteln über die Bioabfallschiene möglich wäre. Alle genannten Beispiele zeigen aber auch, dass es dazu einer gezielten Informationspolitik auf Seiten bzw. unter Einbindung der Kommunen bedarf, etwa um die unerwünschte Zunahme einer Verunreinigung des Bioabfalls mit nicht bioabbaubaren Kunststoffen zu vermeiden. Der finanzielle und zeitliche Aufwand dafür wäre erheblich. Da die entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaften über Freiräume in der Gestaltung der Abfallsammelsysteme verfügen, wäre für eine weitreichende oder gar flächendeckende Umsetzung zusätzlich ein Abstimmungsprozess zur einheitlichen Vorgehensweise erforderlich.

Exkurs: Vergärung

Nach [Grundmann und Wonschik 2011] werden in einigen Entsorgungsregionen in Deutschland vom öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger Bioabfallsäcke aus biologisch abbaubaren Kunststoffen angeboten bzw. zur Nutzung empfohlen, allerdings fände dies fast ausschließlich in Entsorgungsregionen mit aerober Bioabfallverwertung statt. Zudem ist [Grundmann und Wonschik 2011] zufolge davon auszugehen, dass „Bioabfälle zukünftig vermehrt in Vergärungsanlagen oder in Kompostierungsanlagen mit vorgeschalteter Vergärungsstufe verwertet werden“.

Zum Verhalten von bioabbaubaren Kunststoffen in Vergärungsanlagen liegen bislang kaum Informationen vor. An der TU Dresden wurden kürzlich Ergebnisse zu Versuchen der Hydrolyse und anaeroben Co-Vergärung verschiedener biologisch abbaubarer Kunststoffe durchgeführt. Verwendet wurden Mater-Bi, ein TPS-basierter Biokunststoff, und Bio-Flex, ein PLA-basierter Biokunststoff [Grundmann und Wonschik 2011].

Die durchgeführten Versuche geben Hinweise darauf, dass für die Vergärung der untersuchten Biokunststoffe thermophile Bedingungen erforderlich sind. Bei den Versuchen wurde als Vorstufe eine Hydrolyse bei Temperaturen zwischen 60°C bis 70°C durchgeführt. Die erzielte Abbaurate betrug maximal 20%.

Die Ergebnisse zeigen, dass hinsichtlich der Vergärung von Biokunststoffen noch erheblicher Optimierungsbedarf besteht. Dabei sind auch mögliche Probleme vor allem in Verbindung mit der Co-Vergärung von Folienprodukten zu beachten, da diese durch Umwicklung von Pump- und Rühraggregaten Störungen verursachen können. Eine vorgeschaltete Hydrolyse könnte u.U. helfen, diese Probleme zu vermeiden.

Während es europäische Prüfnormen und darauf beruhende Kompostierbarkeitszeichen gibt, liegen solchen hinsichtlich der anaeroben Behandlung von Biokunststoffen noch nicht vor.

3 Meinungsbild zur bestehenden Sonderregelung für bioabbaubare Kunststoffverpackungen in der VerpackV

Bei der Befragung der Marktakteure sollte ein Meinungsbild zur Behandlung von bioabbaubaren Kunststoffen in der Verpackungsverordnung erhoben werden. Die drei nachfolgend genannten Optionen dienten dabei als Leitfragen:

- A. Eine Verlängerung der bestehenden Sonderregelungen
- B. Eine komplette Abschaffung von Sonderregelungen
- C. Eine Modifikation und Anpassung der bestehenden Regelungen zur Berücksichtigung aktueller bzw. zukünftig absehbarer Entwicklungen

Die Leitfragen wurden um Detailfragen etwa zur Art von ggf. gewünschten Förderinstrumenten ergänzt. Ein Aspekt, der ebenfalls berücksichtigt wurde, galt der Beobachtung, dass sich der Fokus bei der Vermarktung von Biokunststoffen von der biologischen Abbaubarkeit zunehmend auf den Aspekt der „Biobasiertheit“, also die Verwendung nachwachsender Rohstoffe verschiebt (siehe etwa [Danone 2011]).

In der Folge wird zwischen zwei Akteursgruppen unterschieden, deren Sichtweisen zum Teil relativ weit auseinanderliegen:

- a. Die Hersteller von Kunststoffen und Biokunststoffen sowie Biokunststoffverpackungen
- b. Die Entsorger

3.1 Hersteller von Biokunststoffen und Biokunststoffverpackungen

Die Herstellerseite geht eher davon aus, dass die Biokunststoff-Verpackungen weitgehend im gelben Sack und zum Teil in der Abfallverbrennung landen. Allerdings beruht dies rein auf Annahmen. Empirischen Daten liegen dazu auf Herstellerseite nicht vor. Daher können diese auch keine Informationen über die mögliche weitere Verwertung von Biokunststoffverpackungen als „Materialkomponente“ via den gelben Sack bereitstellen.

Kritisiert wird in diesem Kontext eine „ungeklärte Entsorgungssystematik“ bzw. dass „gesetzliche Rahmenbedingungen zur Entsorgung von Biokunststoffverpackungen nicht eindeutig gegeben“ seien. Aus den Antworten lässt sich heraus lesen, dass sich dies vor allem darauf bezieht, dass einerseits die Kompostierbarkeit der Biokunststoffverpackungen bislang ein wichtiges Kriterium am Markt war; vielleicht sogar das wichtigste Verkaufsargument (Zitat: „in Deutschland hat der Verbraucher ein offenes Ohr für den Begriff biologisch abbaubar“). Fast alle Biokunststoffverpackungen auf dem deutschen Markt tragen bislang das Kompostierbarkeitszeichen „geprüft durch DIN CERTCO“.

Auf der anderen Seite besteht der Eindruck, dass es bislang keinen Zugang für Biokunststoffverpackungen zu den deutschen Kompostierungssystemen gibt (Zitat: „a big constrain was that there was no access to the German composting systems“). Andererseits wird angeführt, dass „eine Trennung (Anmerkung: vermutlich im Sinne von „Unterscheidung“) zwischen normalen Kunststoffen und Biokunststoffen für den Endverbraucher nicht möglich“ sei.

Insgesamt wünschen alle Hersteller, die geantwortet haben, eine Verlängerung bzw. eine Modifikation und Anpassung der Sonderregelung. Dabei ist die fast einhellige Erwartung, dass die Sonderregelung –wie bisher– eine Kompensation des derzeit noch vorhandenen Preisunterschieds bewirken soll.

Allerdings scheint die bisherige Regelung für die meisten Produkte (z.B. Joghurtbecher, Verpackungsfolien) nicht anwendbar gewesen zu sein. Neun Hersteller sagen, dass ihre Produkte nicht von der Sonderregelung profitiert haben. Ein Hersteller sagt explizit, dass sie „bei Tragetaschen auf jeden Fall“ genützt habe. Insgesamt war die Rückmeldung von Herstellern und Anwendern von Tüten (Tragetaschen, Obsttüten) positiv. Bei diesen Anwendungen scheint man im Allgemeinen problemlos von der Sonderregelung Gebrauch zu machen.

Als Grund für die Nichtanwendbarkeit wird angegeben, dass die Sonderregelung in der Anwendung zu „restriktiv“ ist, da die komplette Verpackung (also z.B. Becher und Verschlussfolie) aus bioabbaubaren Werkstoffen bestehen muss. Es sei jedoch schwierig, Verpackungen, die den üblichen Industrienormen genügen, komplett aus bioabbaubaren Materialien herzustellen. Ein Beispiel wäre der PLA-Becher von Danone, dessen Deckelfolie aus einer nicht biologisch abbaubaren Kunststoffverbundfolie besteht.

Ein Hersteller übt eine recht ausgeprägte Kritik und meint, dass die existierende Sonderregelung auf „den Markt geworfen wurde, ohne nennenswerte Koordination und Konsens“ mit den Industriepartnern.

Dem Kriterium „Bioabbaubarkeit“ oder „Kompostierbarkeit“ wird von einer Reihe von Herstellern relativ wenig Wertschätzung zuteil. Es würde nur für bestimmte Anwendungen (z.B. Fast Food-Restaurants oder Uni-Kantinen) bzw. Bioabfallbeuteln Sinn ergeben und dies auch nur dann, wenn eine anschließende Kompostierung sichergestellt werden kann. In die gleiche Richtung gehen Aussagen der europäischen Verbände PlasticsEurope and EuPC in einem Positionspapier aus dem Jahr 2009 [PlasticsEurope and EuPC 2009] in dem für kompostierbare Kunststoffprodukte aus dem Verpackungsbereich folgende Einsatzsatzgebiete als sinnvoll bezeichnet wurden:

- Kompostierung von Lebensmittelverpackungen zusammen mit den Inhalten
- Kompostierbare Catering-Produkte
- Kompostierbare Bioabfalltüten

Des Weiteren wird dort ausgeführt, dass bioabbaubare Kunststoffprodukte keine Lösung für Littering seien, da letzteres ein Verhaltensproblem sei.

Einige Hersteller vertraten jedoch die Meinung, dass das Kriterium „Bioabbaubarkeit“ durchaus wertbehaftet sei, da es einerseits ja sowohl beim Anwender als auch beim Verbraucher ein wichtiges Differenzierungs- bzw. Erkennungsmerkmal für diese Werkstoffgruppe sei. Zudem hätte die Bioabbaubarkeit auf wichtigen europäischen Märkten (diese sind insbesondere Großbritannien, Italien, Frankreich) im Rahmen der Abfallwirtschaft und zur Vermeidung von Littering nach wie vor eine wichtige funktionelle Bedeutung.

Allerdings sieht man in der Branche einen klaren Trend hin zu Kunststoffen, die weitgehend bzw. vollständig aus Biomasse hergestellt werden. Für die Sonderregelung in der Verpackungsverordnung können sich einige Hersteller durchaus vorstellen, dass diese zukünftig auf „biobasierte, nicht biologisch abbaubare Kunststoffe abzielen sollte“. Ein Hersteller fordert sogar „eine

Förderung nach Carbon Footprint bzw. Energieverbrauch“. Einige sind der Meinung, dass die Regelung dahingehend verändert werden sollte, dass „Biobasiertheit“ und „Bioabbaubarkeit“ etwa gleichwertig gewichtet sind.

Ein Hersteller fordert, dass eine zukünftige Sonderregelung unter dem Dach der Lead Market-Initiative der EU für biobasierte Produkte angesiedelt sein sollte bzw. sich auf diese beziehen sollte.

Die Industrieverbände PlasticsEurope, Industrievereinigung Kunststoffverpackungen (IK) und European Bioplastics (EuBP) wurden ebenfalls um eine Stellungnahme gebeten. Die erhaltenen Stellungnahmen sind im Anhang I vollständig wieder gegeben. Allen drei Verbänden stimmen darin überein, dass die Sonderregelung hauptsächlich ein politisch unterstützendes Signal für die Branche darstellt, aber am Markt wenig bewegen konnte, und daher auch nicht zum Marktdurchbruch der Biokunststoffverpackungen geführt hat.

Der hohe Preis der Biokunststoffe ist dabei als ein wesentliches Hemmnis anzusehen. Darüber hinaus wird eine mangelnde Verfügbarkeit (PlasticsEurope und IK) sowie ein oft nicht ausreichendes Leistungsprofil (IK) gegenüber konventionellen Kunststoffen als Grund angeführt.

PlasticsEurope und EuBP weisen auch auf die fehlende Harmonisierung der gesetzlichen Rahmenbedingungen hin. So richtet sich die bestehende Sonderregelung der VerpackV auf als kompostierbar zertifizierte bioabbaubare Verpackungen, während die bestehende Bioabfallverordnung zusätzlich eine vollständige Biobasiertheit voraussetzt. Damit war ein Großteil der im Jahr 2009 auf dem Markt befindlichen Biokunststoffverpackungen gar nicht für die Biotonne zugelassen. Die novellierte Fassung der Bioabfallverordnung könnte hier nach Ansicht beider Verbände Abhilfe schaffen.

Einig sind sich alle drei Verbände wiederum hinsichtlich des Trends hin zu biobasierten Kunststoffen.

Hinsichtlich des weiteren Umgangs mit der Sonderregelung unterscheiden sich die Sichtweisen von PlasticsEurope und IK gegenüber EuBP erheblich. Die beiden erstgenannten Verbände sind für eine Abschaffung der Sonderregelung. Insbesondere der Sachverhalt, dass die bestehende Regelung am Lebensende der Verpackungen ansetzt, wird als nicht zielführend gewertet. Vielmehr sollten Instrumente wie die Innovationsförderung zur Anwendung kommen.

EuPB spricht sich für eine Modifikation der bestehenden Regelung aus. Als ein Grund wird aufgeführt, dass der Trend zur Einführung von biobasierten, nicht kompostierbaren Verpackungen auf dem deutschen Markt zum Zeitpunkt der Verabschiedung der Sonderregelung noch nicht absehbar war. Damit zielen Biokunststoffverpackungen auch nicht mehr allein auf die Kompostierung ab.

Nach Auffassung des EuPB ist die VerpackV ein wichtiges Element einer Gesamtstrategie zur Förderung von Biokunststoffverpackungen, die aus Gründen der „Förderung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe, Klimaschutz, Schonung fossiler Ressourcen und verbesserte Kreislauf- und Kaskadenwirtschaft“ anzustreben sei. Weitere Fördermechanismen sollte jedoch geprüft werden. Als Beispiele werden u.a. ein Innovationsbonus oder ein Nawaro-Bonus bei energetischer Verwertung (etwa im Kontext des EEG) genannt.

3.2 Entsorger

In diesem Bereich liegen Informationen vom BVSE, der Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) und Interseroh vor. Die Rückmeldung der DSD GmbH und des BDE war eher dahingehend, dass keine Informationen zu Marktmengen und Entsorgungsmengen von Biokunststoffverpackungen vorliegen; auch bzgl. des Meinungsbilds wurden hier keine Angaben gemacht.

Seitens des BVSE und der BGK werden die Mengen, die im gelben Sack bzw. in der Bioabfalltonne landen, als „Fehlwürfe“ bezeichnet, da sie „bei Entsorgung und Recycling“ hinderlich seien [BVSE 2009], [BGK 2009a,b].

Nach Meinung des BGK ist die Entsorgung über die Bioabfalltonne nur sinnvoll, wenn die Erfassung seitens der Kommune mit der abnehmenden Kompostierungsanlage abgestimmt ist (entsprechende Vorsortiertvorgaben beschränken sich hier i. d. R. auf kompostierbare Folienbeutel für die Biotonnen oder für Vorsortiergefäße). Eine stoffliche Verwertung ist zwar grundsätzlich möglich, allerdings würden die Materialien dabei praktisch vollständig abgebaut, wodurch ein nennenswerter Nutzen für erzeugte Komposte nicht gegeben ist. Zusätzlich wird bemängelt, dass in der Praxis die üblichen Rottezeiten vielfach kürzer sind als die 12 Wochen, die der Prüfung der Bioabbaubarkeit zugrunde liegen. Verpackungsbestandteile könnten somit nicht vollständig abgebaut werden.

Aus Sicht des BVSE hat die Sonderregelung („leider“) zu einer verbesserten Konkurrenzfähigkeit von Bio-Verpackungen beigetragen. Eine Verlängerung der Sonderregelung ist nicht dort gewünscht.

Nach Auffassung von Interseroh seien bioabbaubare Verpackungen insbesondere für Tüten und Beutel sinnvoll, diese sollten daher als Zielanwendungen angestrebt werden. Diese Anwendungen sind im Zuge des Abfallmanagements nur begrenzt gut stofflich zu verwerten und böten sich daher für eine Verwertung über die Kompostierung an. Dazu bedürfe es folgender Voraussetzungen:

1. Anerkennung der Kompostierung für die stofflichen Verwertungsquoten in der VerpackV (gemäß der Europäischen Direktive zu Verpackungen und Verpackungsabfällen sei dies möglich)
2. Flächendeckende Einführung von bioabbaubaren Tüten aller Art. Damit wären die Möglichkeit von Fehlwürfen seitens des privaten Endverbrauchers praktisch nicht mehr gegeben
3. Eine entsprechende Marketing- und Informationspolitik

Der Vorteil wäre, dass man die Sammel- und Sortieraufwendungen der Dualen Systeme und die damit verbundenen Kosten einsparen würde. Andererseits entfielen dann jedoch die Energiegutschrift aus der Abfallverbrennung und der Nutzung als Ersatzbrennstoff.

Interseroh weist darauf hin, dass über die Sonderregelung verbreitet über die Presse (z.B. EUWID) informiert worden sei. Zudem kann man sich beim Branchenverband European Bioplastics dazu informieren. Informationsdefizite sollten nach Auffassung von Interseroh daher bei den Marktteilnehmern eigentlich nicht bestehen.

Ein ergänzender Hinweis zum Ende dieses Kapitels: Zwei Hersteller im Folienbereich wiesen darauf hin, dass es Erkenntnisse aus Ökobilanzen gäbe, dass Folienprodukte (z.B. Tüten) aus Recycling-Material (im Vergleich zu Primärmaterial sowie den Biokunststoffen) die besten Umweltergebnisse liefern würden. Daher wäre doch auch zu überlegen, ob nicht Verpackungen gemäß ihrem Rezyklatgehalt über eine monetäre Sonderregelung eine Förderung erfahren sollten. Die eingesparten Kosten könnten zur Weiterentwicklung von Trenn- und Recycling-technologien genutzt werden. Letztere könnten gerade dann erforderlich sein, wenn der Anteil von Biokunststoff in den entsprechenden Abfallströmen zunähme.

4 Ökologische Bewertung

4.1 Vorgehensweise Literaturrecherche

Im Zentrum des Forschungsvorhabens steht die ökologische Bewertung von Verpackungen aus Biokunststoffen. Das Ziel ist es, belastbare Aussagen zum ökologischen Stellenwert von Biokunststoffen im Vergleich zu den konventionellen Verpackungskunststoffen zu treffen. Dazu sollen insbesondere bereits bestehende vergleichende Ökobilanzen ausgewertet werden.

Einzelheiten zur Literaturrecherche, wie z.B. die bei der Literatursuche verwendeten Stichworte und einbezogene Datenquellen sowie die Ergebnisübersicht finden sich in der Exceltabelle im Anhang V. Die recherchierte Literatur ist dort ebenfalls zusammengestellt. Sie wurde in zwei Schritten analysiert:

- A. Basisanalyse
- B. Vertiefte Analyse

Die Basisanalyse wurde für die komplette recherchierte Literatur durchgeführt (s. Anhang V). Für die vertiefte Analyse wurde eine Auswahl getroffen.

A. Basisanalyse

Aufgrund des recht umfangreichen Datenmaterials war es notwendig, dies zur besseren Übersicht und Vergleichbarkeit in einem einheitlichen Raster zu erfassen. Dazu wurden die gesammelten Dokumente in Tabellenform anhand einheitlicher Kriterien aufgelistet. Die Zuordnung der Basisanalyse erfolgte anhand der nachfolgenden Merkmale:

- Bibliographische Daten
 - Titel
 - Autoren
 - Ggf. Auftraggeber
 - Erscheinungsjahr
- Untersuchungsgegenstand
 - Verpackungsanwendungen
 - Kunststoffsorten
 - Rohstoffe
- Untersuchungsziel
- Funktionale Einheit
- Informationen zur ISO-Konformität
- Auswahlstatus (geeignet/nicht geeignet für den Zweck des Forschungsvorhabens)

Die ausgewählten Studien unterscheiden sich teilweise erheblich in der Detailtiefe ihrer Angaben, den untersuchten Wirkungskategorien und dem betrachteten Lebensweg. Daher wurde schon im Zuge der Basisanalyse eine Gruppenbildung vorgenommen:

1. **Vollständige Ökobilanzstudien:** Dies bezieht Studien ein, die den kompletten Lebensweg sowie mehrere relevante Wirkungskategorien berücksichtigen. Innerhalb dieser Gruppe wurde unterschieden zwischen:
 - a. Studien mit ISO-Konformitätsnachweis
 - b. Studien ohne ISO-Konformitätsnachweis
2. **Studien, die nur Teilbilanzen umfassen:** Typisch wären hier
 - a. Studien zu einem Teillebensweg: z.B. „Cradle to pellet“
 - b. Studien mit einer reduzierten Wirkungsabschätzung. Häufig wurden und werden Studien durchgeführt, die sich ausschließlich auf Treibhausgase und fossile Ressourcen fokussieren
 - c. Sachbilanz-Studien; hierunter wären Studien zu gruppieren, deren Fokus auf einer Energiebilanzierung, ergänzt um dezidierte Emissionsparameter, liegt
3. **Ökobilanzbasierte Informationen:** Diese Gruppe betrifft Berichtsformen, die zwar auf Ökobilanzen beruhen, aber diese nur in einer stark komprimierten bzw. reduzierten Form dokumentieren.
 - a. Environmental Product Declaration (wird z.B. von Novamont gerne benutzt)
 - b. Fachartikel
4. **Metastudien und Übersichtsbilanzen:** Diese Gruppe betrifft Berichtsformen, mit denen eine Auswertung schon bestehender Studien oder aber eine parallele Bilanzierung vieler Produkte bezweckt wird. Dabei wurde weiter unterschieden zwischen:
 - a. Studien mit dem Zweck der Zusammenschau bestehender Studien („Review“)
 - b. Studien, in denen eine stark vereinfachte Bilanzierung durchgeführt wird, um möglichst viele Produkte und Stoffströme berücksichtigen zu können

Bei der Literaturrecherche wurden insgesamt 85 Ökobilanzen/Studien/Fachartikel gefunden, die einer Basisanalyse unterzogen wurden. Die gesammelte Literatur ist dem Anhang V zu entnehmen.

B. Vertiefte Analyse

Studien, die nach Einschätzung der Auftragnehmer für den Zweck des Forschungsvorhabens von besonderem Interesse waren, wurden genauer analysiert. Eine Übersicht und Auswertung dieser Studien findet sich im Kaptiel 4.3. Insgesamt wurden für die Bewertung 19 Studien herangezogen.

Die Relevanz der Studien für das Forschungsvorhaben ergab sich durch das Erfüllen eines oder mehrerer wichtiger Aspekte. So spielt der geographische Bezug einer Studie auf den deutschen Raum, sowie die Aktualität der Studie eine wichtige Rolle bei der Selektion. Studien, die vor dem Jahr 2005 veröffentlicht wurden, wurden beispielsweise nur dann herangezogen, wenn diese eine Thematik, einen Werkstoff oder eine /Prozesstechnologie untersuchten, die in jüngeren Studien nicht betrachtet wurden und gleichzeitig für das Forschungsvorhaben als relevant eingestuft wurden. Höchste Priorität bei der Auswahl lag bei Studien, in denen einerseits komplette Lebenswege von Verpackungssystemen untersucht wurden und andererseits das Kriterium der ISO-Konformität erfüllt war.

Ausgewählte Studien

Studien mit ISO-Konformitätsnachweis

- [Kauertz et al. 2011] „LCA Activia-Becher“; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Joghurtbecher aus PLA
- [Binder und Woods 2009] Comparative Life Cycle Assessment of Drinking Cups; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Trinkbecher aus PLA
- [Wellenreuther et al. 2009a] “Life Cycle Assessment of Waste Bags”; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Abfalltüten aus Biopar (Stärke + PBAT-Anteil 49%) bzw. aus Ecovio (PLA + PBAT-Anteil 68%)
- [Murphy et al. 2008] “Life Cycle Assessment (LCA) of Biopolymers for single-use Carrier Bags”; betrachtete Anwendung und Biokunststoff: Tragetaschen aus Mater-Bi (50% Stärke, 50% Polycaprolacton) bzw. aus PLA+Ecofoil (fossilbasierter bioabbaubarer Biokunststoff)
- [Ovam 2006] “Comparative LCA of 4 types of drinking cups used at events”; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Trinkbecher aus PLA (Einweg)
- [Detzel und Krüger 2006] “Life Cycle Assessment of Polylactide (PLA) - A comparison of food packaging made from NatureWorks® PLA and alternative materials”; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Klappschalen aus PLA
- [Würdinger et al. 2002] „Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen – vergleichende Ökobilanz für Loose-Fill-Packmittel aus Stärke bzw. aus Polystyrol“; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Loose-Fill aus Stärke
- [Razza et al. 2008] "Compostable cutlery and waste management: An LCA approach"; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Essbesteck aus Mater-Bi

Studien an ISO orientiert, aber ohne ISO-Konformitätsnachweis

- [Hermann 2010] “Twisting biomaterials around your little finger: environmental impacts of bio-based wrappings”; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: laminierte Verpackungsfolien aus unterschiedlichen Biokunststoffen, wie PLA, metallisiertes PLA, Bio-PE, Papier-Laminate mit z.B. biobasiertem Polyester (BBP) oder Ethylvinylacetat (EVA)
- [Madival et al. 2009] “Assessment of the environmental profile of PLA, PET and PS Klappschale containers using LCA methodology”; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Klappschalen aus PLA

- [Liptow und Tillman 2009] „Comparative life cycle assessment of polyethylene based on sugarcane and crude oil“; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Bio-PE-Polymer
- [Pladerer et al. 2008] Vergleichende Ökobilanz verschiedener Bechersysteme beim Getränke-ausschank an Veranstaltungen
- [Chaffee et al. 2007] “Life Cycle Assessment for Three Types of Grocery Bags”; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Tragetaschen aus einer Mischung aus 65% EcoFlex®(fossilbasierter bioabbaubarer Biokunststoff), 10% Polymilchsäure (PLA) und 25% Kalziumcarbonat

Studien, die nur Teilbilanzen umfassen:

A. „Cradle to pellet“ Studien¹²

- [Groot und Boren 2010] “Life cycle assessment of the manufacture of lactide and PLA biopolymers from sugarcane in Thailand”; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Lactide und PLA

B. Studien mit einer reduzierten Wirkungsabschätzung.

- [Kurdikar et al. 2002] „Greenhouse Gas Profile of a Plastic Material Derived from a Genetically Modified Plant“; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: PHA-Polymer

Sachbilanz-Studien

- [Garraín et al. 2007] “LCA of biodegradable multilayer film from biopolymers”; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Vielschichtfolien aus PLA und Stärkeblend
- [Bohlmann 2004]: “Biodegradable Packaging Life-Cycle Assessment”; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Joghurtbecher aus PLA

Metastudien und Übersichtsbilanzen

- [Shen und Patel 2008]: „Life Cycle Assessment of Polysaccharides: A Review“; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: unter anderem Loose-Fill aus Stärke
- [Patel et al. 2003a] “Environmental assessment of bio-based polymers and natural fibres”; betrachtete Anwendung und Biokunststoffe: Stärkebasierte Produkte, PHA und PLA

¹² Die in Zeitungs- und Fachpublikationen häufiger zitierte Literaturstelle [Tabone et al. 2010] wird in der vorliegenden Studie nicht berücksichtigt, da diese Literaturstelle erhebliche fachliche Schwächen aufweist und keine belastbaren Erkenntnisse liefert. Die wesentlichen Kritikpunkte an der Literaturstelle finden sich bei [Murphy et al. 2011] und [Dale 2011].

4.2 Ergänzende Übersichtsökobilanzen

4.2.1 Motivation

Im Rahmen der Marktanalyse und der Erhebung des Meinungsbildes konnten aktuelle Entwicklungen und Trends im Bereich der Verpackungen aus Biokunststoffen abgeleitet werden, zu denen bisher noch wenig oder keine Literatur vorliegt. An dieser Stelle wären insbesondere die folgenden Innovationen zu nennen:

1. Verpackungsprodukte, die aus Bio-PE hergestellt werden und die Produkte aus fossil basierten PE ersetzen
2. Verpackungsprodukte, die aus teilweise biobasiertem PET hergestellt werden und die Produkte aus rein fossilbasierten PET ersetzen
3. Die Ankündigung bzw. schon fortgeschrittene Entwicklung von alternativen Produktlinien, bei der Herstellung von PLA. Dazu zählt etwa die Herstellung von PLA auf der Basis von Zuckerpflanzen oder auch die Verwendung von Reststoffen der Landwirtschaft und Lebensmittelindustrie als Rohstoff für die PLA-Herstellung.

Um auch zu diesen noch neuen Entwicklungen qualifizierte Aussagen treffen zu können, wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens eigene ergänzende ökobilanzielle Analysen zu folgenden Themen durchgeführt:

1. Ökobilanzieller Vergleich einer Folienverpackungen aus PE-LD und Bio-PE
2. Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS unter Berücksichtigung alternativer Biomasse-Rohstoffe für die PLA-Herstellung.

Die Untersuchung wurde in Form von Übersichtsökobilanzen durchgeführt. Dabei werden für die Bilanzierung praxisnahe Festlegungen getroffen, ohne jedoch die Detaillierungstiefe und den Dokumentationsumfang von ISO-konformen Ökobilanzen anzustreben. Die Ergebnisse haben daher orientierenden Charakter.

Eine Betrachtung des Bio-PET war im gegebenen Rahmen nicht möglich.

4.2.2 Vorgehensweise / Methodik

Es wurde auf bestehende Stoffstrommodelle und im IFEU vorhandene Daten bzw. aus der Literatur abgeleitete Daten zurückgegriffen. Die folgenden grundlegenden Festlegungen sind für beide Analysen identisch:

- Der Bilanzraum der Berechnung ist jeweils Deutschland
- Es wird jeweils der möglichst vollständige Lebensweg der Verpackungen bilanziert
- Als Allokationsmethode wird in beiden Bilanzen der paritätische Ansatz (50%-Methode nach UBA) gewählt.

- Die Entsorgung von Recyclingprodukten im zweiten Lebenszyklus wird berücksichtigt¹³.
- Es werden die folgenden Wirkungskategorien und Sachbilanzgrößen ausgewertet:
 - Klimawandel
 - Fossiler Ressourcenverbrauch
 - Sommersmog (POCP)
 - Versauerung
 - Terrestrische und aquatische Eutrophierung
 - Humantoxizität: Feinstaub (PM10)
 - Naturraumbeanspruchung: Agrarfläche
 - Kumulierter Prozesswasserverbrauch
 - Kumulierter Energieaufwand (KEA) gesamt

Im Folgenden wird nun die Vorgehensweise und Methodik der beiden Übersichtsökobilanzen kurz beschrieben.

4.2.3 Ökobilanzieller Vergleich von Folien aus PE-LD und Bio-PE

Ziel der hier durchgeführten Übersichtökobilanz ist der Vergleich zweier identischer Folienverpackungen aus Bio-PE auf Basis von brasilianischem Zuckerrohr und aus fossilem PE aus europäischer Herstellung. Die weitere Verarbeitung des Bio-PE bzw. fossilen PE findet in Deutschland statt.

Die Funktionelle Einheit für den ökobilanziellen Vergleich ist 1 m² Folie, was ca. 30 g Packstoff entspricht.

Im Rahmen der Übersichtökobilanz werden die folgenden Lebenswegabschnitte berücksichtigt:

- Herstellung der Primärmaterialien (Bio-PE und PE-LD)
- Transport der Neuware zur Verarbeitung
- Herstellung der Folienprodukte
- Transport der Folienprodukte
- Beseitigung der Folien (MVA)
- Verwertung der Folien (Recycling)

¹³ Entsorgung zweiter Lebenszyklus bedeutet, dass für Regranulate aus dem Recycling nicht nur eine Materialgutschrift für das abgebende System vergeben wird, sondern das abgebende System auch Lasten für die finale Entsorgung der Regranulate übernimmt. Genauere Informationen dazu und wie dieses bspw. für biobasierte Produktlinien aussehen kann finden sich bspw. in [Kauertz et al. 2011].

- Allokation des Nutzens von Sekundärmaterialien und Sekundärenergie aus den Verwertungs- und Beseitigungsprozessen in Form von Gutschriften
- Anrechnung (Gutschriften) des im Bio-PE gebundenen CO₂

Weitere Festlegungen für den ökobilanziellen Vergleich sind:

- Foliengewicht: 30 g/ m²
- Erfassungsquote nach Gebrauch: 50% im gelben Sack
- Gutschrift aus der Verwertung: Polyolefin mit Substitutionsfaktor 0,7
- Gutschrift aus der Beseitigung: Strom und Heizenergie Deutschland

Ergebnisse:

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 14 bis 18 zu sehen. Die vergleichende Betrachtung von Folien aus Bio-PE und fossilem PE zeigt

- geringere Umweltlasten der Folienverpackungen aus Bio-PE in den Indikatoren:
 - Klimawandel
 - Fossiler Ressourcenverbrauch und
 - Sommersmog (POCP)
- höhere Umweltlasten der Folienverpackungen aus Bio-PE in den Indikatoren:
 - Versauerungspotenzial
 - Terrestrische Eutrophierung
 - Aquatische Eutrophierung
 - Humantoxizität: Feinstaub (PM₁₀)

Dabei gilt:

- Für die Mehrzahl der untersuchten Wirkungskategorien wird das Bilanzergebnis durch die Lasten des Lebenswegabschnitts der Rohmaterialherstellung bestimmt.
- Weitere relevante Einflussgrößen stellen zudem die vergebenen Gutschriften dar. Da Bio-PE und fossiles LDPE den gleichen Heizwert aufweisen gibt es keinen Unterschied in den vergebenen Energiegutschriften. Auch die Materialgutschriften unterscheiden sich nicht, da in den beiden untersuchten Systemen das recycelte Material eine PO-Gutschrift erzielt.
- Das Bio-PE erhält zudem eine Gutschrift für das im Material fixierte CO₂, das die Pflanzen während der Wachstumsphase aufgenommen haben. Diese Gutschrift wird nur im Indikator Klimawandel sichtbar, trägt dort jedoch deutlich zum Ergebnis des Verpackungssystems aus Bio-PE bei.
- Im Indikator Klimawandel tragen die CO₂- Emissionen aus der Beseitigung des Verpackungsmaterials sichtbar zum ökobilanziellen Ergebnis der untersuchten Verpackungen bei.

- In den Wirkungskategorien Versauerungspotenzial, terrestrische Eutrophierung und Feinstaub tragen die Lasten aus dem Lebenswegabschnitt „Transport der Neuware“ einen sichtbaren Anteil am Ergebnis des Bio-PE Systems. Diese Lasten werden durch die NO_x-, SO_x- und PM₁₀-Emissionen bedingt, die beim Transport des Materials per Seeschiff und LKW von Brasilien nach Deutschland hervorgerufen werden.

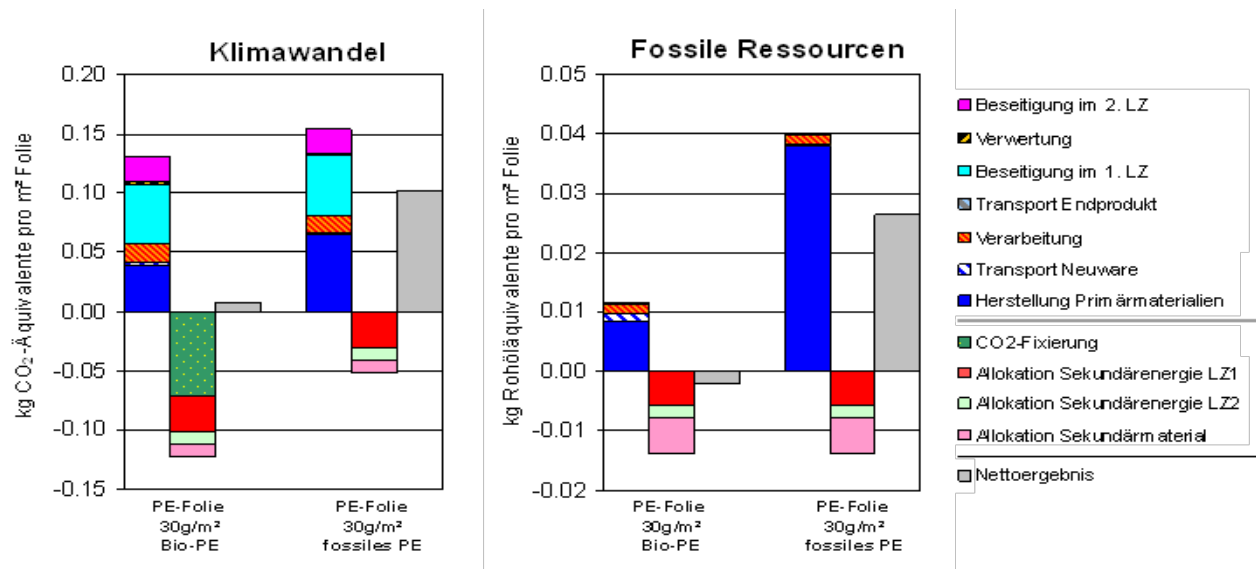


Abbildung 14: Ökobilanzieller Vergleich von Folienverpackungen aus fossilem PE und Bio-PE (Ergebnisse für den Indikator Klimawandel und fossiler Ressourcenverbrauch)

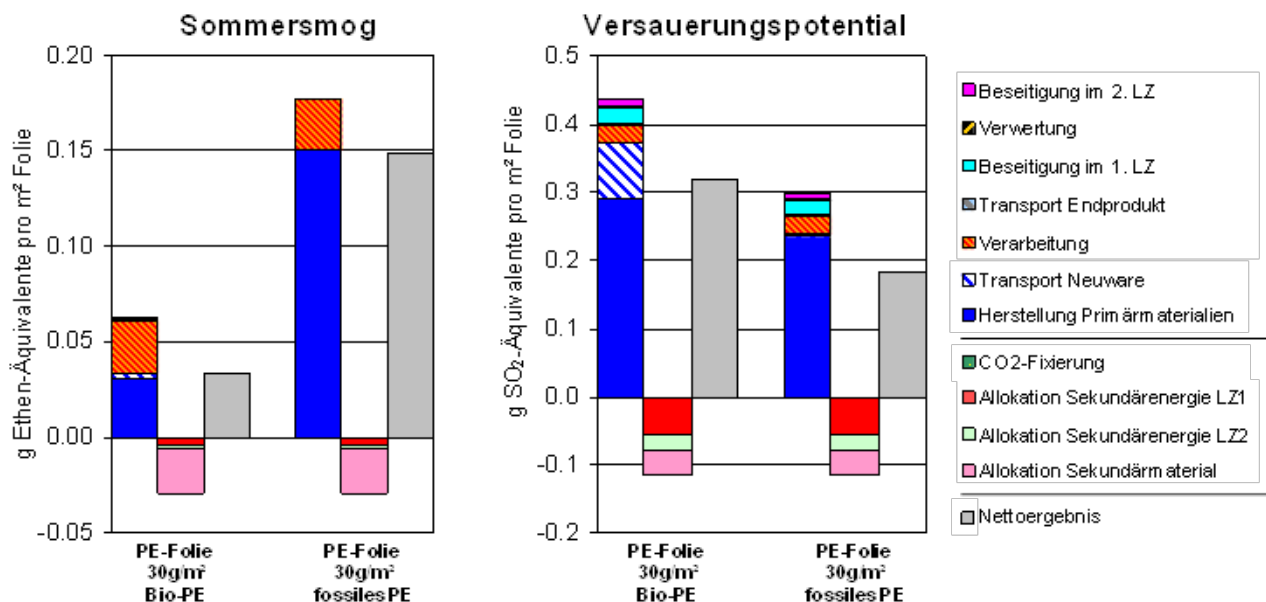


Abbildung 15: Ökobilanzieller Vergleich von Folienverpackungen aus fossilem PE und Bio-PE (Ergebnisse für den Indikator Sommersmog [POCP] und Versauerung)

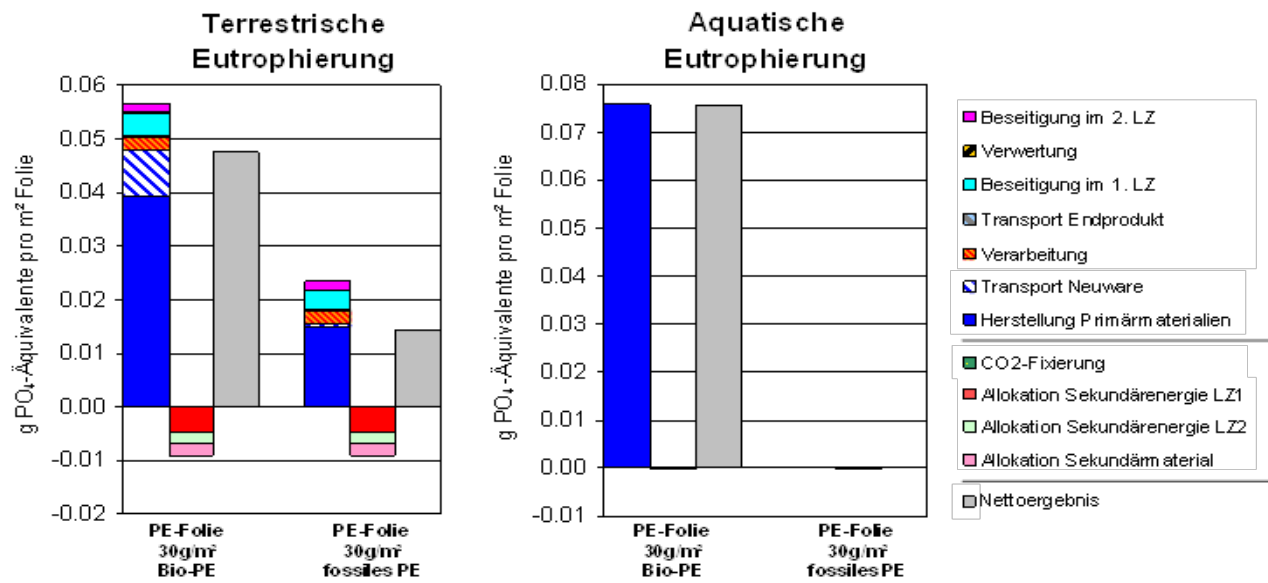


Abbildung 16: Ökobilanzieller Vergleich von Folienverpackungen aus fossilem PE und Bio-PE (Ergebnisse für den Indikator terrestrische und aquatische Eutrophierung)

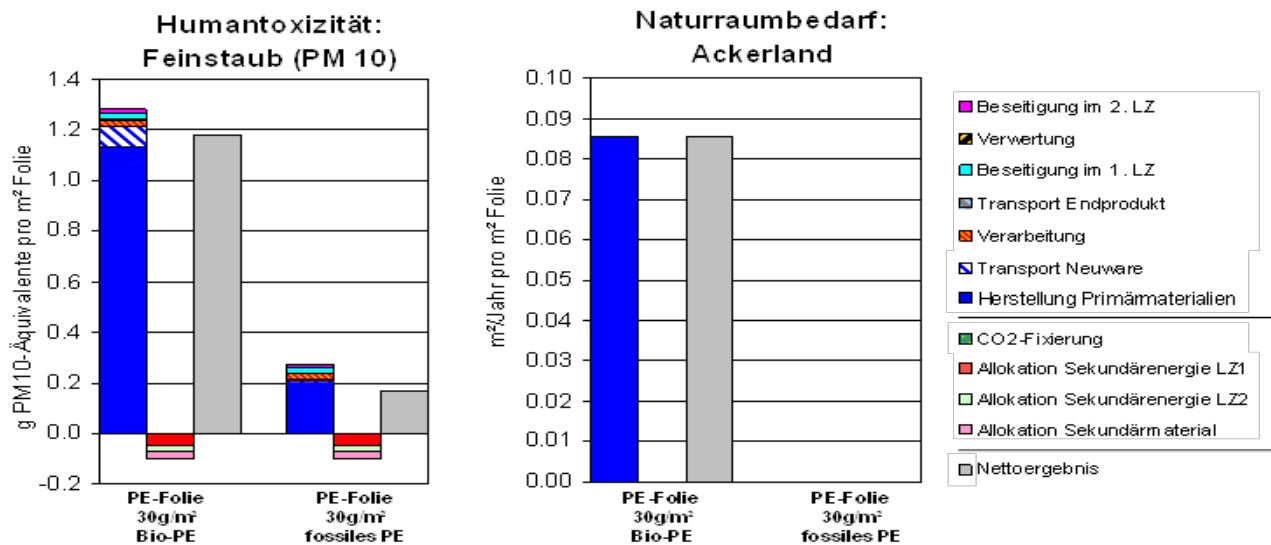


Abbildung 17: Ökobilanzieller Vergleich von Folienverpackungen aus fossilem PE und Bio-PE (Ergebnisse für den Indikator Humantoxizität: Feinstaub [PM10] und Naturraumbeanspruchung: Ackerland)

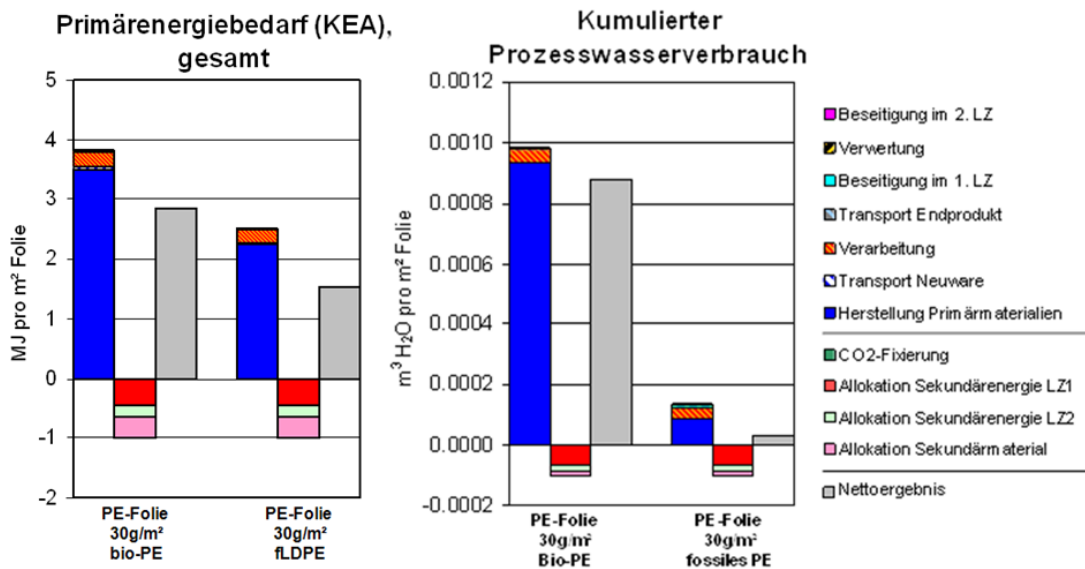


Abbildung 18: Ökobilanzieller Vergleich von Folienverpackungen aus fossilem PE und Bio-PE
(Ergebnisse für die Indikatoren KEA gesamt und kumulierter Prozesswasserverbrauch)

Der Indikator „Naturraumbeanspruchung Ackerland“ wird anhand des Flächenbedarfs dargestellt. Es handelt sich dabei lediglich um eine Information aus der Sachbilanz. Eine Bewertung auf der Ebene der Wirkungsabschätzung war im Rahmen der Übersichtsökobilanzen nicht möglich.

In den Wirkungskategorien Versauerungspotenzial, terrestrische und aquatische Eutrophierung kommen im Bio-PE System nennenswerte Beiträge aus dem Zuckerrohranbau. In der Wirkungskategorie Feinstaub resultieren die hohen Beiträge des Lebenswegabschnitts der Rohmaterialherstellung im Bio-PE System aus der Zuckerrohrkonversion, insbesondere den Emissionen der Bagasseverbrennung.

Dieser Befund ist durchaus typisch für Produktlinien aus agrarischer Biomasse. Andererseits ist darauf hinzuweisen, dass bezüglich der direkten Emissionen aus diesen Prozessschritten nur wenige Daten existieren, die sich auf die brasilianischen Randbedingungen beziehen. Die Belastbarkeit der Daten kann daher nur schwer eingeschätzt werden.

Die Auswertung der Sachbilanzgröße kumulierter Energieaufwand (KEA) gesamt zeigt einen deutlich höheren Primärenergiebedarf für das Bio-PE-System. Der KEA ergänzt im Regelfall als „Kennzahl“ über den gesamten Energieaufwand der untersuchten Produktsysteme die Wirkungskategorien fossiler Ressourcenverbrauch und Klimawandel. Im vorliegenden Fall ist jedoch auffällig, dass die Ergebnisse des KEA (gesamt) in einem diametralen Gegensatz zu den Ergebnissen der Wirkungsabschätzung für die Indikatoren Klimawandel und fossiler Ressourcenverbrauch steht. Die Erklärung zu diesem Sachverhalt findet sich im hohen Anteil der regenerativen Primärenergie die im Rahmen der Bio-PE-Herstellung aufgewendet wird.

Auch der kumulierte Prozesswasserverbrauch ist eher als Sachbilanzgröße anzusehen, die keine Bewertung auf der Ebene der Wirkungsabschätzung enthält. Das Bio-PE-System zeigt einen deutlich höheren Wasserverbrauch als die fossil basierte Produktlinie. Die Grafik zeigt, dass die

Beiträge in weiten Teilen der Rohmaterialherstellung entstammen, im vorliegenden Fall des Bio-PE-Systems also auf die Daten zum Zuckerrohranbau zurückzuführen sind.

Abschließend kann festgehalten werden, dass das Bio-PE-System in den für die öffentliche und politische Diskussion relevanten Wirkungskategorien mit globalem Fokus Klimawandel und fossiler Ressourcenverbrauch Vorteile gegenüber der fossilbasierten Produktlinie zeigt. Dabei dürfen allerdings nicht die Nachteile des Bio-PE-Systems in den Wirkungskategorien Versauerung, Eutrophierung und Humantoxizität verschwiegen werden. Die Grafiken zeigen, dass die Nachteile des Bio-PE-Systems bei den eutrophierenden Emissionen und den Feinstaubemissionen gegenüber dem fossilem PE-System evident sind. Eine abschließende Gesamtbewertung kann daher nur aus einem Abwägungsprozess unterschiedlicher Werthaltungen hervorgehen.

In Anlehnung an die UBA-Methode zur Bewertung der Ergebnisse von Ökobilanzen würde sich kein gesamtökologischer Vor- oder Nachteil für das Bio-PE-System ableiten lassen¹⁴.

4.2.4 Ökobilanzieller Vergleich von 15g-Klappdeckelschalen aus PLA und PS

Grundstoff für die PLA-Herstellung ist Milchsäure, die aus pflanzlichen Agrarprodukten gewonnen wird. Derzeit wird überwiegend Mais als Ausgangsprodukt die PLA-Herstellung verwendet, prinzipiell eignen sich für die Milchsäureherstellung aber auch andere Feldfrüchte wie bspw. Zuckerrüben oder auch Ernterückstände, wie Weizen- oder Maisstroh. Ziel der hier durchgeführten Übersichtsökobilanz ist es, Klappdeckelschalen aus PLA und Polystyrol miteinander zu vergleichen.

In der vorliegenden Übersichtsökobilanz werden Zuckerrüben und Lignozellulose aus Maisstroh als Biomasse-Ausgangsprodukte für die PLA-Herstellung bilanziert. Die Allokation erfolgt gemäß den Vorgaben der RED-Richtlinie.

Für die Zuckerherstellung aus Lignozellulose sowie die Milchsäureproduktion werden jeweils zwei technologische Bezüge verwendet. Der erste bildet den heute üblichen Stand der Technik ab, der zweite stellt eine Prognose zukünftiger Herstellungstechniken dar.

Das Gewicht für alle untersuchten Schalen wird mit 15 g angesetzt, die funktionelle Einheit für den ökobilanziellen Vergleich sind 1000 Klappschalen.

Im Rahmen der Übersichtsökobilanz werden die folgenden Lebenswegabschnitte berücksichtigt:

- Anbau der Feldfrüchte
- Transport der Biomasse
- Verarbeitung der Biomasse
- Milchsäureherstellung

¹⁴ Derzeit wird nach Auskunft des brasilianischen bio-PE Herstellers Braskem eine Ökobilanz für Bio PE erarbeitet, deren Konformität zu ISO 14044 durch die Einbeziehung eines Gremiums kritischer Gutachter sichergestellt werden soll. Die Studie wird vermutlich im 1. Halbjahr des Jahres 2012 fertig gestellt werden. Damit könnte die ökologische Bewertung von bio-PE zukünftig anhand einer einheitlichen und belastbaren Datengrundlage erfolgen.

- Polymerisierung der Milchsäure
- PS-Produktion
- Transport der Rohmaterialien
- Herstellung der Klappschalen
- Verwertung
- Beseitigung
- Allokation des Nutzens von Sekundärmaterialien und Sekundärenergie aus den Verwertungs- und Beseitigungsprozessen in Form von Gutschriften
- Anrechnung (Gutschriften) des PLA gebundenen CO₂

Für den ökobilanziellen Vergleich werden die folgenden fünf Szenarien bilanziert:

A. 15g-Klappschale aus PLA / Zuckerrübe „heute“

- Verpackungsmaterial: PLA aus Zuckerrübe
- Milchsäureherstellung: Status quo
- Gewicht: 15 g
- Erfassungsquote: 80%
- Recyclingquote: 0%
- Gutschrift aus der Verwertung:
 - Polymerrecycling: erfolgt nicht
 - werkstoffliche Verwertung: Polyolefin-Gutschrift (Substitutionsfaktor 0,7)
 - energetische Verwertung: Substitution von Steinkohle im Zementwerk
 - Gutschrift aus der Beseitigung: Strom und Heizenergie Deutschland

B. 15g-Klappschale aus PLA / Zuckerrübe „Zukunft“

Identische Annahmen zum vorigen Szenario A, mit der Ausnahme, dass ein technisch verbesserte Milchsäureherstellung (Milchsäureherstellung: Zukunft) angesetzt wird.

C. 15g-Klappschale aus PLA/ Lignozellulose „heute“

D. 15g-Klappschale aus PLA/ Lignozellulose „Zukunft“

Der Unterschied zwischen Szenarien C und A sowie D und B besteht im Biomasserohstoff und der Konversion zu Zucker. Alle anderen Annahmen sind identisch.

E. 15g-Klappschale aus PS

Die Unterschiede zu den Szenarien A-D sind:

- Verpackungsmaterial: PS

- Recyclingquote: 64% der zur Verwertung erfassten Verpackungen (analog zur Danone-Joghurtbecherstudie [Kauertz et al. 2011])
- Gutschrift aus der Verwertung:
 - Polymerrecycling: PS-Gutschrift (Substitutionsfaktor 0,98)
 - werkstoffliche Verwertung: PO-Gutschrift (Substitutionsfaktor 0,7)
 - energetische Verwertung: Substitution von Steinkohle im Zementwerk

Ergebnisse:

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 19 bis 28 zu sehen. Die vergleichende Betrachtung von Klappschalen aus PLA und PS zeigt:

- geringere Umweltlasten der Klappschalen aus PLA in den Indikatoren
 - Klimawandel
 - Fossiler Ressourcenverbrauch und
 - Sommersmog (POCP)
 - *Versauerungspotenzial (nur Szenario Lignozellulose Zukunft)*
 - *Humantoxizität: Feinstaub (PM10) (nur Zukunftsszenarien)*
- höhere Umweltlasten der Klappschalen aus PLA in den Indikatoren
 - *Versauerungspotenzial (nur gegenüber dem Szenario Lignozellulose Zukunft)*
 - Terrestrische Eutrophierung
 - Aquatische Eutrophierung
 - *Humantoxizität: Feinstaub (PM10) (nur gegenüber den Status quo-Szenarien)*

Dabei gilt:

- Die Ergebnisse aller ausgewerteten Indikatoren werden sowohl für die PLA-Systeme als auch für die PS-Systeme durch die Lasten der Rohmaterialherstellung bestimmt.
- Die Aufteilung der Lasten der Rohmaterialherstellung für die PLA-Systeme zeigt, dass die Milchsäureherstellung der bestimmende Lebenswegabschnitt in der PLA Herstellung ist. In der Mehrzahl der ausgewerteten Indikatoren sind die Lasten der Milchsäure auch der größte Einzelbeitrag an den gesamten Systemlasten.
- Die Beiträge aus der PS-Herstellung lassen sich aufgrund der Datenlage (aggregierter Datensatz) leider nicht weiter ausdifferenzieren.
- Die Ergebnisse der Klappschalen aus PLA aus Lignozellulose tragen keine Lasten in den Lebenswegabschnitten Anbau und Transport der Biomasse, da die Lignozellulose entsprechend der RED-Richtlinie als Ernterückstand gewertet wird und somit keine Lasten des Anbaus trägt.

- Die PLA-Systeme erhalten –mit Ausnahme des Indikators Klimawandel– geringere Gutschriften als das PS-System, weil ihnen keine Materialgutschriften für Regranulat aus der Polymerreinfraction angerechnet werden, da derzeit in Deutschland kein PLA-Recycling stattfindet. Die ausgewiesenen Materialgutschriften entstammen der PO-Gutschrift für das Regranulat aus der werkstofflichen Aufbereitung der Mischkunststofffraktion. Auch fallen die Energiegutschriften aufgrund des im Vergleich zum PS geringeren Heizwertes des PLA niedriger aus als beim PS-System.
- Beim Indikator Klimawandel erhalten die PLA-Systeme eine Gutschrift für das im Material fixierte CO₂, das die Pflanzen während der Wachstumsphase aufgenommen haben.
- Im Indikator Klimawandel tragen zudem die CO₂-Emissionen aus der Beseitigung des Verpackungsmaterials sichtbar zum ökobilanziellen Ergebnis der untersuchten Verpackungen bei.
- Die überdurchschnittlich hohen Beiträge aus dem Lebenswegabschnitt Milchsäureherstellung in der Wirkungskategorie Versauerungspotenzial entstammen zu großen Teilen der Schwefelsäurevorkette, die auf einem EcoInvent-Modul basiert, welches von den Verfassern des vorliegenden Berichts nicht weiter validiert werden konnte.

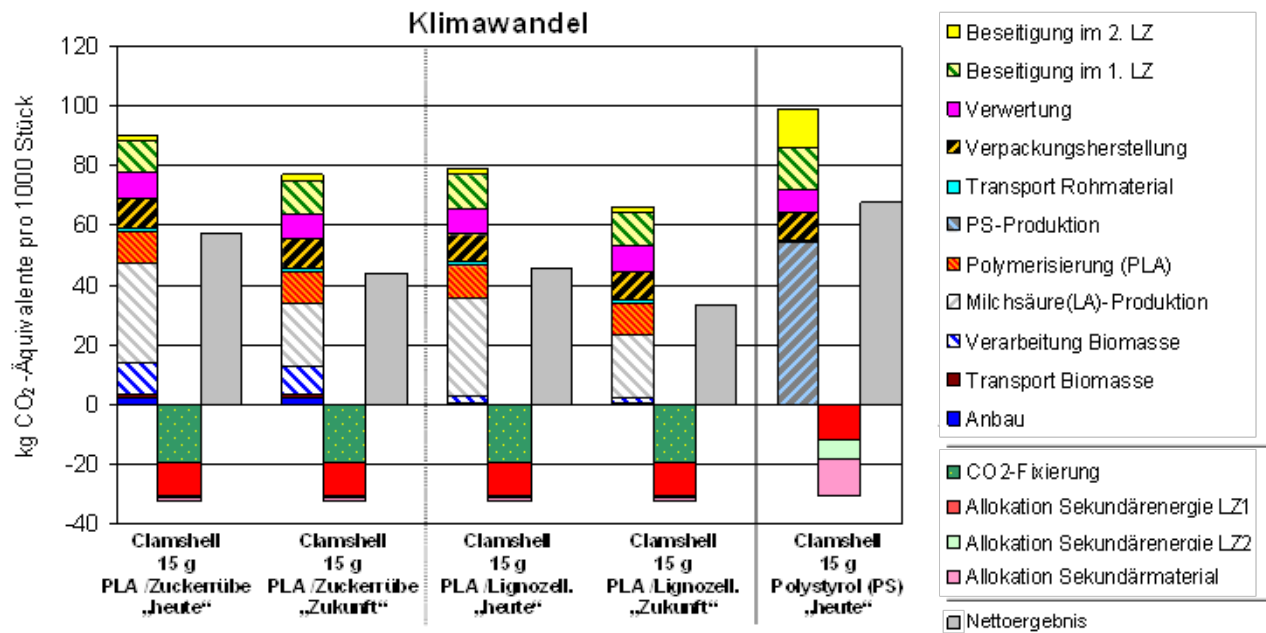


Abbildung 19: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Klimawandel)

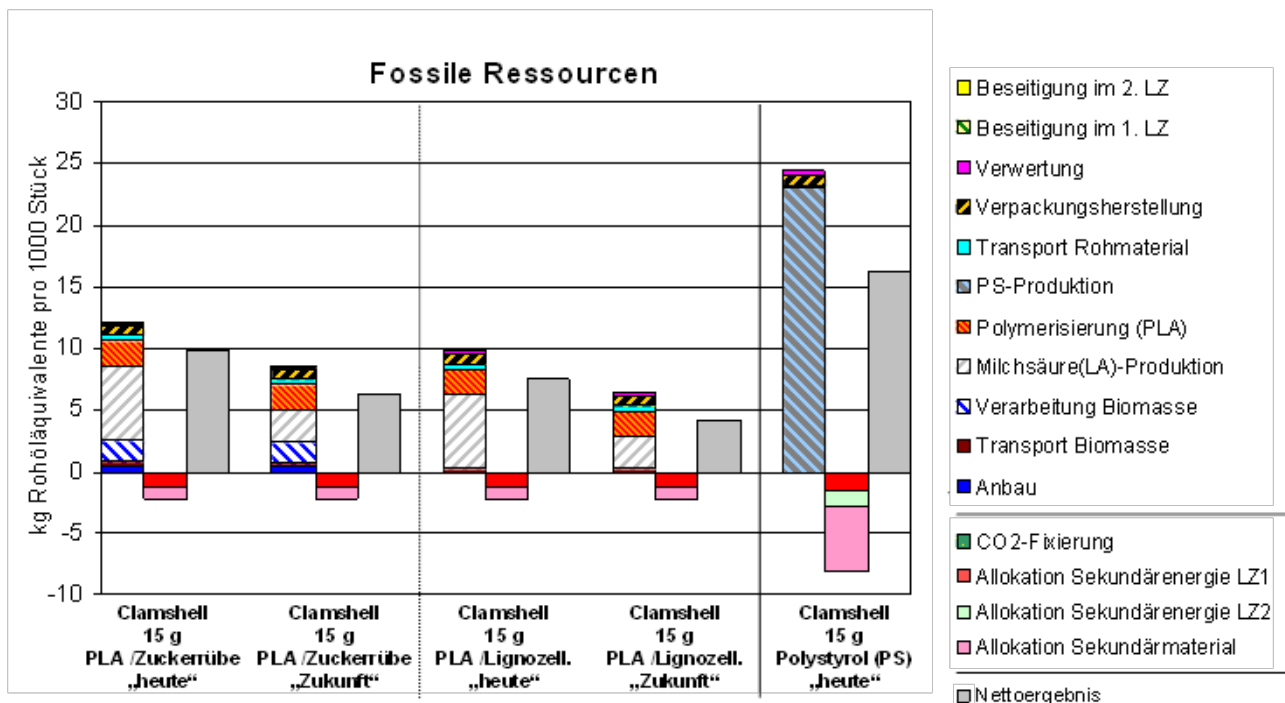


Abbildung 20: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator fossiler Ressourcenverbrauch)

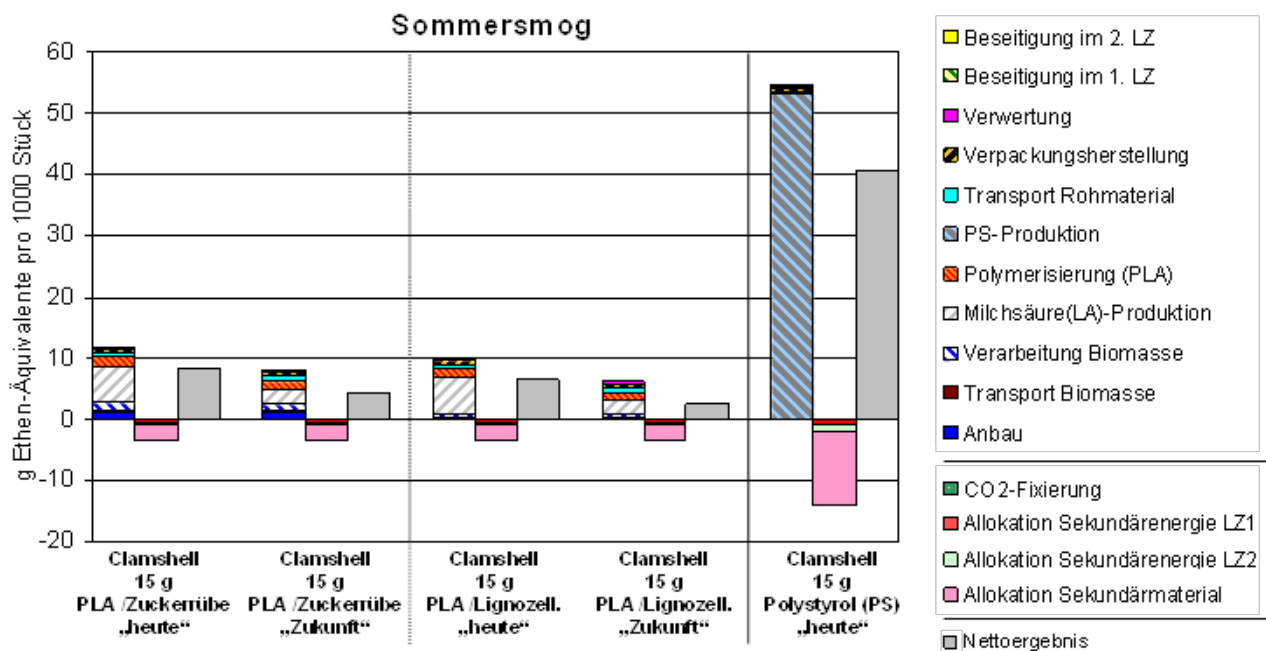


Abbildung 21: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Sommersmog POCP)

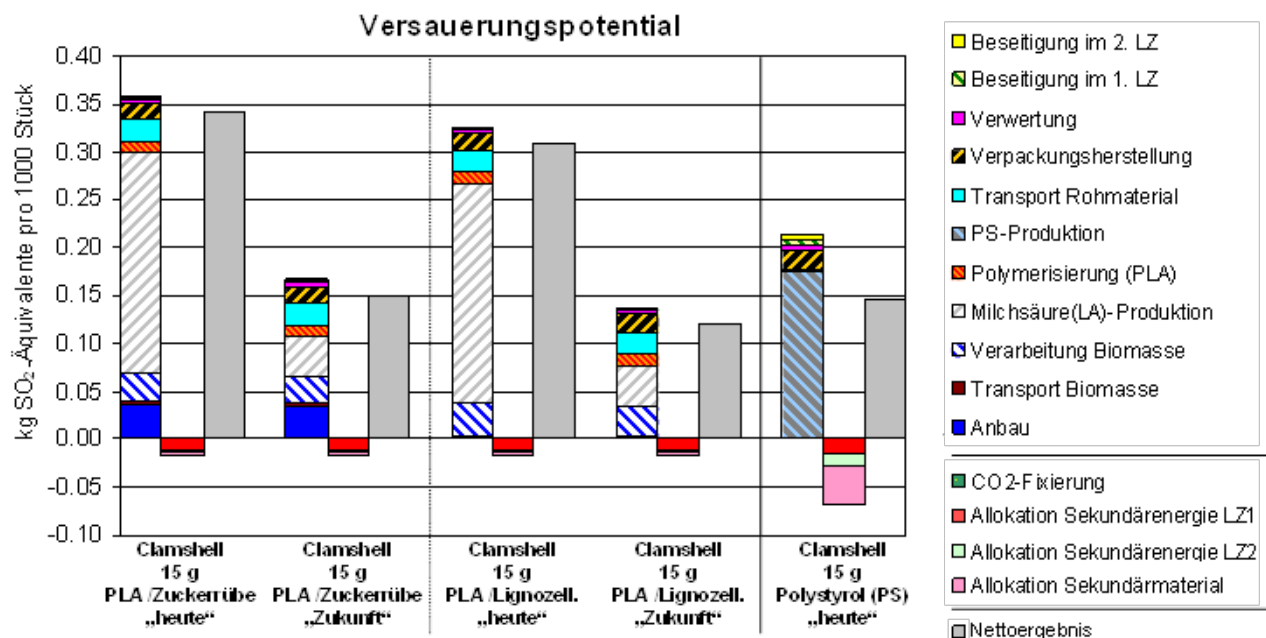


Abbildung 22: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Versauerung)

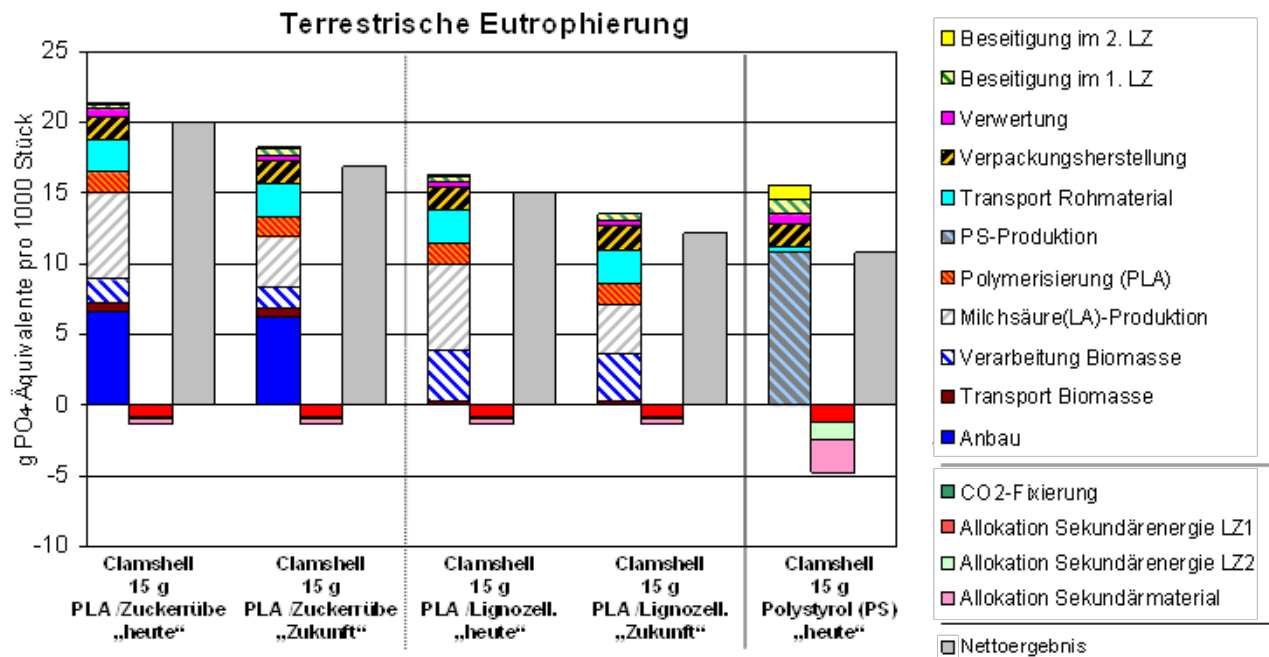


Abbildung 23: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator terrestrische Eutrophierung)

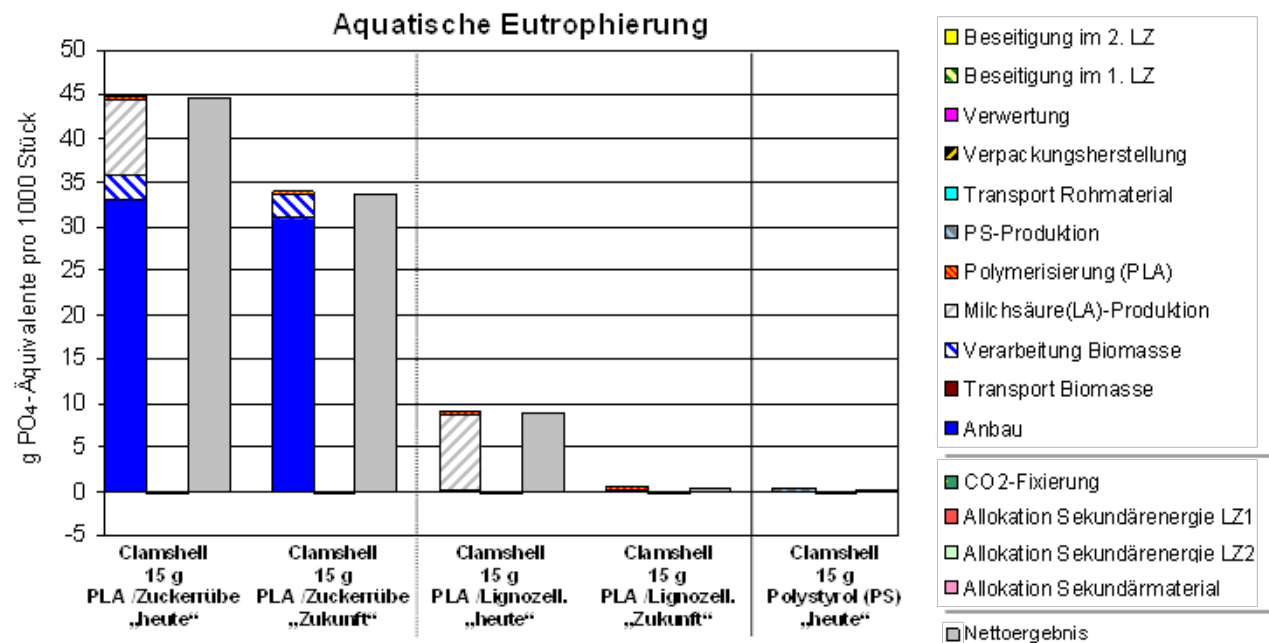


Abbildung 24: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator aquatische Eutrophierung)

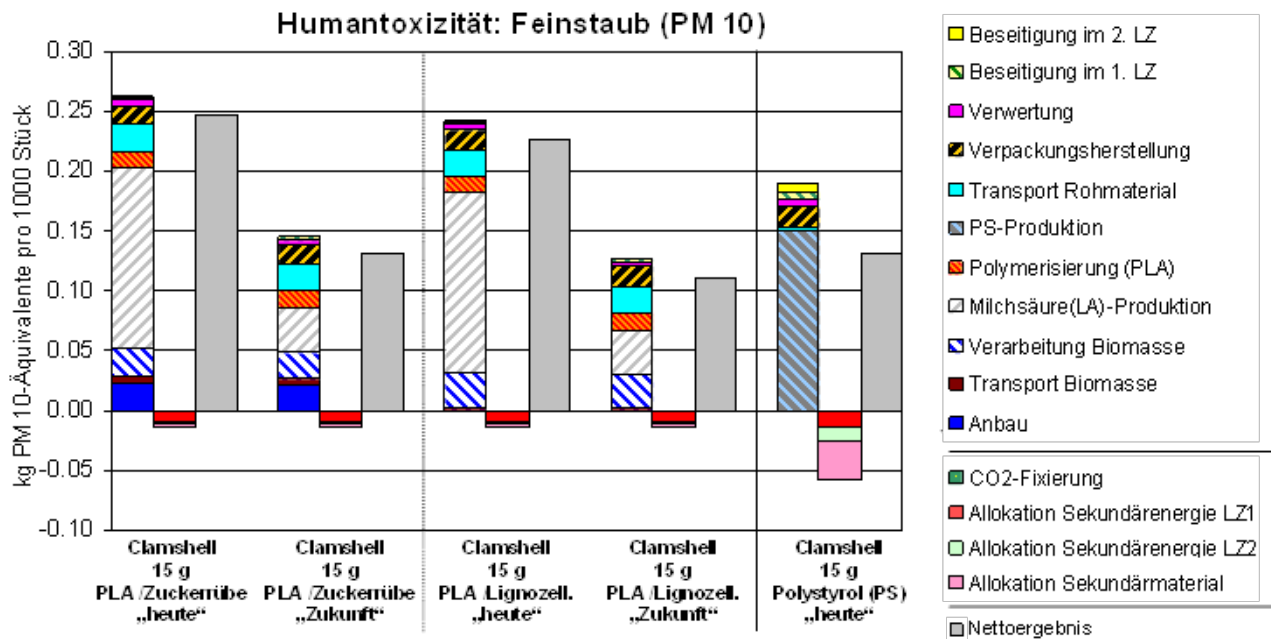


Abbildung 25: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Humantoxizität: Feinstaub PM10)

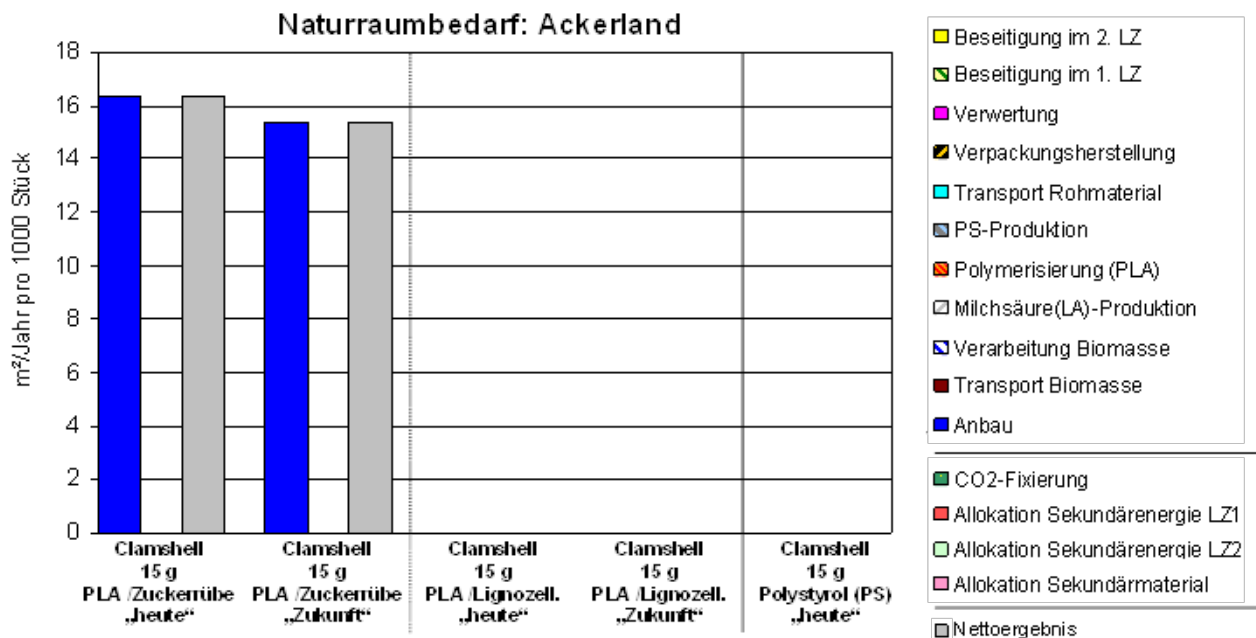


Abbildung 26: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Naturraumbedarf: Ackerland)

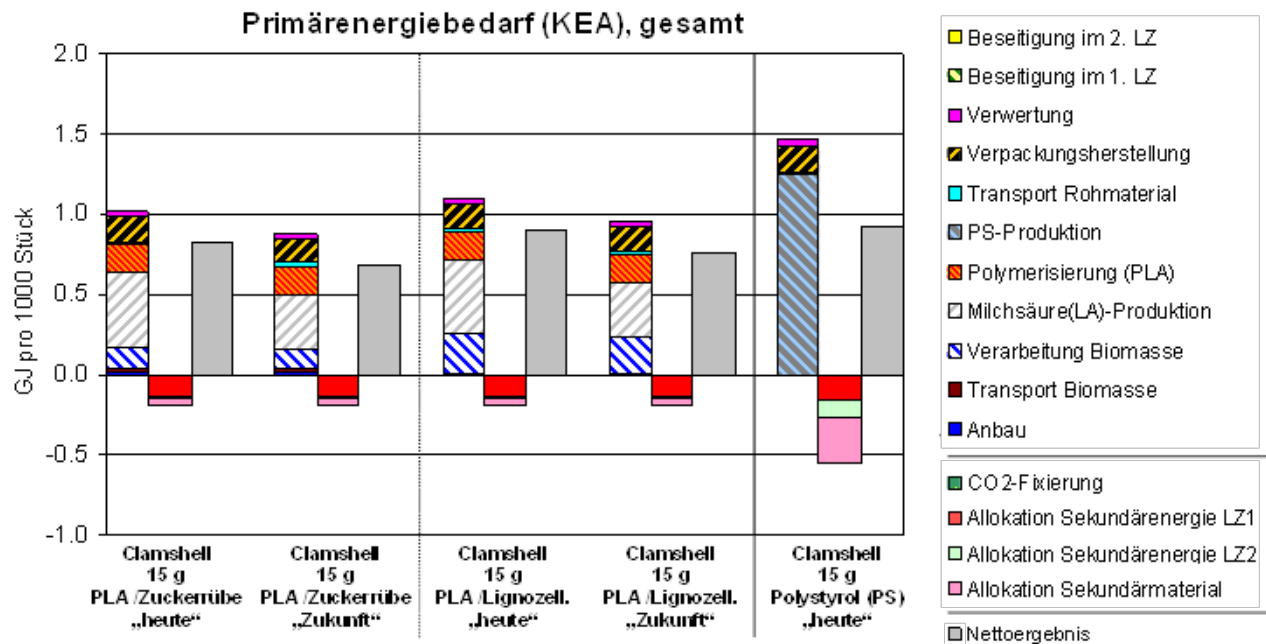


Abbildung 27: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator Primärenergiebedarf KEA gesamt)

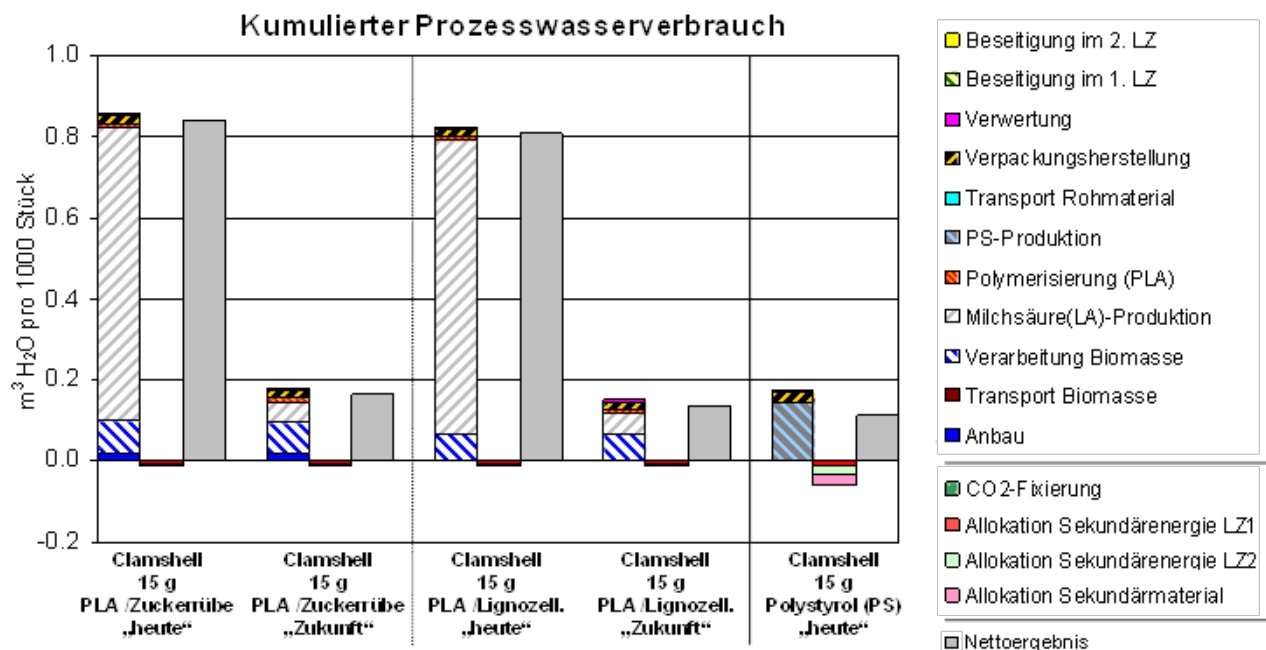


Abbildung 28: Ökobilanzieller Vergleich von Klappdeckelschalen aus PLA und PS (Ergebnisse für den Indikator kumulierter Prozesswasserverbrauch)

Der Indikator „Naturraumbeanspruchung Ackerland“ wird anhand des Flächenbedarfs dargestellt. Es handelt sich dabei lediglich um eine Information aus der Sachbilanz. Eine Bewertung auf der Ebene der Wirkungsabschätzung war im Rahmen der Übersichtsökobilanzen nicht möglich.

In den Wirkungskategorien terrestrische und aquatische Eutrophierung zeigt der Lebenswegabschnitt des Anbaus der Biomasse vergleichsweise hohe Beiträge, die wie im Falle des Bio-PE auf die Feldemissionen zurückzuführen sind. Sie entfallen in den Szenarien PLA aus Lignozellulose aufgrund der Allokation nach RED-Richtlinie. Daher zeigen diese Szenarien deutlich geringere Beiträge zu den Wirkungskategorien terrestrische und aquatische Eutrophierung.

Die Zukunftsabschätzung der Milchsäureherstellung zeigt eine deutlich sichtbare Verbesserung der Umweltauswirkungen dieses Prozessschrittes. Die Reduktion der Emissionen wird durch die Verringerung des Energie- und Prozessmittelbedarfs sowie eine Verbesserung der Prozessausbeute bewirkt, welche auch in reduzierten Lasten in den vorhergehenden Lebenswegabschnitten sichtbar wird. Der treibende Lebenswegabschnitt hinter den Beiträgen zur Sachbilanzgröße kumulierter Prozesswasserverbrauch ist die Milchsäureproduktion.

Eine abschließende Bewertung der hier gezeigten Ergebnisse fällt ohne Normierung und weitere Ordnung der untersuchten Wirkungskategorieen schwer, jedoch muss auf diese optionalen Elemente der Ökobilanz aus Aufwandsgründen verzichtet werden.

Die Ergebnisse zeigen ein ähnliches Bild wie die der Übersichtökobilanz zu den Folien, Vorteile für die biobasierten Produktlinien in den Wirkungskategorien Klimawandel, fossiler Ressourcenverbrauch und Sommersmog (POCP) und Nachteile in den Wirkungskategorien Versauerung, Eutrophierung und Humantoxizität.

Die PLA System die auf Basis von agrarischen Reststoffen hergestellt werden (PLA aus Lignozellulose) zeigen Vorteile gegenüber den Produkten aus PLA aus Zuckerrüben, da die Lasten des Anbaus gemäß der RED-Vorgaben zu 100 % auf das Korn allokiert werden, d. h. das Stroh geht ohne CO₂-Rucksack oder Anrechnung von Feldemissionen in die Berechnungen ein. Insofern zeigen die Klappdeckelschalen aus PLA aus Lignozellulose bessere Ergebnisse als die Klappdeckelschalen aus PLA aus Zuckerrüben und geringere Nachteile gegenüber den Schalen aus PS in den Wirkungskategorien die maßgeblich durch die Feldemissionen beeinflusst werden.

Auch gilt es für die Diskussion festzuhalten, dass die zukünftigen Verbesserungen die vorhandenen Unterschiede signifikant reduzieren können.

In Anlehnung an die UBA-Methode zur Bewertung der Ergebnisse von Ökobilanzen würde sich unter den Rahmenbedingungen der Status quo Szenarien kein gesamtökologischer Vor- oder Nachteil für die Klappdeckelschalen aus PLA ergeben.

Hinsichtlich der Zukunftsszenarien stellt sich die Situation so dar, dass der ökobilanzielle Vergleich der Zukunftsszenarien Klappdeckelschalen aus PLA/ Lignozellulose vs. Klappdeckelschalen aus PS einen gesamtökologischen Vorteil für die Klappdeckelschalen aus PLA/ Lignozellulose zeigt. Die Ergebnisse des ökobilanziellen Vergleiches der Zukunftsszenarien der Klappdeckelschalen aus PLA/ Zuckerrübe vs. den Klappdeckelschalen aus PS. zeigen zwar in der Summe einen gesamtökologischen Vorteil für die Klappdeckelschalen aus PLA/ Zuckerrübe. Dieses Ergebnis wäre jedoch zukünftig mit realen Prozessdaten zu verifizieren.

4.3 Auswertung der Studien

4.3.1 Überblick über die vertieft ausgewerteten Literaturstudien

Die einzelnen Studien werden in der Folge mit einer Kurzbeschreibung aufgelistet, wobei eine Einordnung in Abhängigkeit vom Untersuchungsgegenstand erfolgt.

Die ersten drei Gruppen A bis C (s.u.) bilden die Verpackungsanwendungen, die gemäß der Marktanalyse die wichtigsten Biokunststoffverpackungen im Status quo repräsentieren. Die hier ausgewerteten Ökobilanzstudien betrachten größtenteils den kompletten Lebensweg inklusive der Verpackungsherstellung und -anwendung sowie der Entsorgung. Sie bilden die Grundlage für die Bewertung des aktuellen ökologischen Stands der Biokunststoffverpackungen. In der Gruppe D sind zusätzlich zwei Übersichtsstudien ausgewertet, die ergänzend zur Bewertung herangezogen werden.

Für die neuartigen, zu den konventionellen Werkstoffen stoffgleichen Biokunststoffe lag nur eine veröffentlichte Ökobilanzstudie für Bio-PE vor (Gruppe E). Die diesbezügliche Bewertung wird mit Hilfe der Ergebnisse der im Kap. 4.2.3 geschilderten Übersichtsökobilanz ergänzt.

In der Gruppe F wurde eine Studie ausgewertet, bei der es um Verpackungen aus Mater-Bi geht, dem mengenmäßig wichtigsten Biokunststoff aus europäischer Herstellung. Es ist die einzige aktuellere Ökobilanz, die zu Mater-Bi gefunden wurde. Als Anwendung wird in der Studie Besteck betrachtet. Es passt daher nicht direkt in die Gruppen A-C. Andererseits verfolgt die Studie einen Ansatz, mit dem mögliche Vorteile von bioabbaubaren Biokunststoffen beim Bioabfallmanagement untersucht werden. Sie ist auch aus dieser Sicht für das Forschungsvorhaben interessant.

In der Gruppe G werden Studien ausgewertet, die sich mit PHA beschäftigen. Leider sind diese nur sehr eingeschränkt auf den Verpackungssektor bzw. die derzeit relevanten Verfahren der PHA-Herstellung ausgerichtet. In Ermangelung besserer Studien wurden diese dennoch herangezogen, da diese Werkstoffgruppe in Zukunft an Bedeutung im Verpackungssektor gewinnen könnte.

Verpackungsanwendungsgruppen bzw. Polymertypen

A. (Flexible) Folienprodukte

- [Wellenreuther et al. 2009a]

Titel: Life Cycle Assessment of Waste Bags

Gegenstand: Abfalltüten aus Polyethylen (PE-HD, LPE-LD) und Biokunststoffen

Biokunststoff-Werkstoffe: Biopar (Stärke + PBAT-Anteil 49%), Ecovio (PLA + PBAT-Anteil 68%)

Grund für Auswahl: konform mit ISO 14044, transparente Dokumentation, kompletter Lebensweg, umfassende Auswahl an Wirkungskategorien; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe; Abbildung deutscher Randbedingungen

- [Murphy et al. 2008]

Titel: Life Cycle Assessment (LCA) of Biopolymers for single-use Carrier Bags

Gegenstand: Tragetaschen aus PE-HD und Biokunststoffen

Biokunststoff-Werkstoffe: Tüte aus Mater-Bi® (50% Stärke, 50% Polycaprolacton)

Tütenprototyp Octopus aus Polymilchsäure (PLA) und Ecofoil (fossilbasierter bioabbaubarer Biokunststoff)

Grund für Auswahl: konform mit ISO 14044, kompletter Lebensweg, umfassende Auswahl an Wirkungskategorien; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe

Limitierung: vergleichende Auswertung mit Ein-Indikatorergebnissen; geographischer Bezug UK, Verwendung teilweise sehr alter Kunststoff-Inventare

- [Chaffee et al. 2007]

Titel: Life Cycle Assessment for Three Types of Grocery Bags

Gegenstand: Tragetaschen aus PE-HD und Biokunststoffen

Biokunststoff-Werkstoffe: Blend aus 65% EcoFlex®(fossilbasierter bioabbaubarer Biokunststoff), 10% Polymilchsäure (PLA) und 25% Kalziumcarbonat

Grund für Auswahl: kompletter Lebensweg, an ISO orientiert inkl. Critical Review, Auswahl an Wirkungskategorien nicht auf fossile Ressourcen und Klimaveränderung limitiert; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe

Limitierung: Geographischer Bezug USA

- [Garraín et al. 2007]

Titel: LCA of biodegradable multilayer film from biopolymers

Gegenstand: Bioabbaubare Vielschichtfolien zur Verpackung von Lebensmitteln

Biokunststoff-Werkstoffe: PLA und Stärke-Blend (Copolymer PCL)

Grund für Auswahl: kompletter Lebensweg, Auswahl an Wirkungskategorien nicht auf fossile Ressourcen und Klimaveränderung limitiert; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe

Limitierung: Geographischer Bezug nicht spezifiziert; Verwendung teilweise sehr alter Kunststoff-Inventare

- [Hermann 2010]

Titel: Twisting biomaterials around your little finger: environmental impacts of bio-based wrappings

Gegenstand: Vergleich lamierter Verpackungsfolien aus biobasierten Materialien mit jenen aus konventionellen Kunststoffen. Insgesamt wurden 32 Alternativen untersucht, davon 17 Innenverpackungen und 15 Außenverpackungen.

Biokunststoff-Werkstoffe:

Innenverpackungen

- Polymilchsäure-Lamine (PLA)
- Papier-Lamine

(Konventionelle Innenverpackung aus: OPP, Polyethylen (PE) und metallisiertes OPP (MOPP).

Als Außenverpackungen werden folgende Lamine untersucht:

- PLA
- metallisiertes PLA (MPLA)
- biobasiertes Polyethylen
- Papier-Lamine mit z.B. biobasiertem Polyester (BBP) oder Ethylvinylacetat (EVA)
- Zellulose-Folien

(Konventionelle Lamine aus OPP und PE)

Grund für Auswahl: kompletter Lebensweg; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe

Limitierung: Wirkungsabschätzung des kompletten Lebenswegs nur anhand von Klimawandel und Energie; breitere Auswahl an Umweltindikatoren nur bezogen auf „Cradle-to-Gate“, d.h. bis zur fertigen Folie, jedoch ohne Verpackungsanwendung und -entsorgung.

B. Formstabile Produkte aus PLA (Becher, Klappschalen)

- [Kauertz et al. 2011] Becher

Titel: LCA Activia-Becher

Gegenstand: Joghurtbecher aus PS und PLA

Biokunststoff-Werkstoffe: PLA

Grund für Auswahl: konform mit ISO 14044, kompletter Lebensweg, umfassende Auswahl an Wirkungskategorien; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe

- [Binder und Woods 2009] Becher

Titel: Comparative Life Cycle Assessment of Drinking Cups

Gegenstand: Einwegbecher aus PP, PET und PLA

Biokunststoff-Werkstoffe: PLA

Grund für Auswahl: ISO 14044 konforme Ökobilanz, kompletter Lebensweg, umfassende Auswahl an Wirkungskategorien; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe

- [Pladerer et al. 2008] Becher

Titel: Vergleichende Ökobilanz verschiedener Bechersysteme beim Getränkeausschank an Veranstaltungen

Gegenstand: Einwegbecher aus PS, PET und PLA ¹⁵

Biokunststoff-Werkstoffe: PLA

Grund für Auswahl: Ökobilanz mit teilweise deutschen Randbedingungen; an ISO 14044 orientiert, kompletter Lebensweg, umfassende Auswahl an Wirkungskategorien; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe

- [Ovam 2006] Becher

Titel: Comparative LCA of 4 types of drinking cups used at events

Gegenstand: Kaltgetränke-Becher aus PP und PLA (Einweg) und Polycarbonat (Mehrweg)

Biokunststoff-Werkstoffe: PLA

Grund für Auswahl: konform mit ISO 14044, kompletter Lebensweg, umfassende Auswahl an Wirkungskategorien; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe

Limitierung: vergleichende Auswertung mit Einindikator-Ergebnissen; geographischer Bezug Belgien, fehlende Dokumentation zur Repräsentativität der Datenquellen

- [Bohlmann 2004] Becher

Titel: Biodegradable Packaging Life-Cycle Assessment

Gegenstand: Joghurt-Becher aus PP und PLA

Biokunststoff-Werkstoffe: PLA

Grund für Auswahl: orientiert an ISO 14044 ohne Critical Review, kompletter Lebensweg; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe; untersucht Einfluss der Prozessoptimierung bei der PLA-Herstellung

Limitierung: Beschränkung auf Klimawandel und KEA; geographischer Bezug USA

- [Detzel und Krüger 2006] Klappschalen

Titel: Life Cycle Assessment of Polylactide (PLA) - A comparison of food packaging made from NatureWorks® PLA and alternative materials

Gegenstand: Klappschalen aus PET, PS, PP und PLA

Biokunststoff-Werkstoffe: PLA

Grund für Auswahl: konform mit ISO 14044, transparente Dokumentation, kompletter Lebensweg, umfassende Auswahl an Wirkungskategorien; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe; Abbildung deutscher Randbedingungen

¹⁵ Darüber hinaus noch Einwegbecher aus beschichtetem Karton, Einwegbecher aus Recyclingmaterial sowie Mehrwegbecher aus PP. Diese werden aber im vorliegenden Forschungsvorhaben nicht vertieft betrachtet.

- [Madival et al. 2009] Klappschalen

Titel: Assessment of the environmental profile of PLA, PET and PS Klappschale containers using LCA methodology

Gegenstand: Klappschalen aus PET, PS und PLA

Biokunststoff-Werkstoffe: PLA

Grund für Auswahl: orientiert an ISO ohne Critical Review, kompletter Lebensweg; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe;

Limitierung: mangelhafte Dokumentation zur Repräsentativität der Datenquellen; geographischer Bezug USA; Fokus auf Untersuchung des Einflusses der Transportentfernungen

- [Groot und Boren 2010] PLA Polymere

Titel: Life cycle assessment of the manufacture of lactide and PLA biopolymers from sugarcane in Thailand

Gegenstand: Lactiden und PLA im Vergleich zu unterschiedlichen konventionellen Kunststoff-polymeren (PET, PE, PP, PS, PA6, PC, PMMA, PVC, EPS, ABS)

Biokunststoff-Werkstoffe: Lactide und PLA aus thailändischem Rohrzucker

Grund für Auswahl: umfassende Auswahl an Wirkungskategorien; Betrachtung von Zuckerrohr als Rohstoffquelle für PLA

Limitierung: betrachteter Lebensweg endet nach der PLA-Herstellung;

C. Loose-Fill

- [Würdinger et al. 2002]

Titel: Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen – vergleichende Ökobilanz für Loose-Fill-Packmittel aus Stärke bzw. aus Polystyrol

Gegenstand: Vergleich Loose-Fill aus Stärke und fossilem PS

Biokunststoff-Werkstoffe: Geschäumte Stärke aus Kartoffeln, Weizen und Mais

Grund für Auswahl: Ökobilanz ISO 14044 Konform, transparente Dokumentation, kompletter Lebensweg, umfassende Auswahl an Wirkungskategorien; repräsentatives Beispiel für die Verpackungsanwendungsgruppe; Abbildung deutscher Randbedingungen

D. Verschiedene biobasierte Produkte und Polymere

- [Shen und Patel 2008]

Titel: Life Cycle Assessment of Polysaccharides: A Review

Gegenstand: Review verschiedener Studien, in denen stärkebasierte Produkte ökologisch bewertet wurden

Biokunststoff-Werkstoffe: unter anderem: Loose-Fill

Grund für Auswahl: Patel ist vielzitiertester Akteur im Kontext der Umweltbewertung von stärkebasierten Produkten

Limitierung: keine Originalökobilanz, sondern Literaturstudie

- [Patel et al. 2003a]

Titel: Environmental assessment of bio-based polymers and natural fibres

Gegenstand: Review verschiedener Studien, in denen verschiedene Biokunststoffe ökologisch bewertet wurden

Biokunststoff-Werkstoffe: Stärkebasierte Produkte, PHA und PLA

Grund für Auswahl: Patel ist vielzitiertester Autor im Kontext der Umweltbewertung von Stärke-basierten Produkten

Limitierung: keine Originalökobilanz, sondern Literaturstudie

E. Bio-Polyethylen (Polymer)

- [Liptow und Tillman 2009]

Titel: Comparative life cycle assessment of polyethylene based on sugarcane and crude oil

Gegenstand: Vergleich Bio-PE und fossiles PE

Biokunststoff-Werkstoffe: Bio-PE aus brasilianischem Zuckerrohr

Grund für Auswahl: Auswahl an Wirkungskategorien nicht auf fossile Ressourcen und Klimaveränderung limitiert; Betrachtung von Bio-PE als aktuelle Neuentwicklung im Bereich der Biokunststoffe

Limitierung: Emissionen in Boden und Wasser bei Bio-Ethanol-Herstellung wurden nicht berücksichtigt; fossiles PE mit geographischem Bezug zu Schweden; Lebensweg: ohne Verpackungsanwendung, Abfallentsorgung (der PE-Granulate) wird vereinfacht mit einem Verbrennungsprozess bilanziert

F. Formstabile Produkte aus Mater-Bi

- [Razza et al. 2008]

Titel: Compostable cutlery and waste management: An LCA approach

Gegenstand: Essbesteck aus PS und Mater-Bi inklusive der Entsorgung der Speisereste

Biokunststoff-Werkstoffe: Mater-Bi YI

Grund für Auswahl: kompletter Lebensweg; Wirkungskategorien nicht auf fossile Ressourcen und Klimaveränderung limitiert; Beispiel für „Verpackungsprodukt“ aus Mater-Bi als wichtigem Biokunststoff-Werkstoff, konform mit 14044; gibt Hinweise auf die Lenkungsmöglichkeiten im Zuge der Bioabfallbehandlungsstrategie bei Verwendung von bioabbaubaren Werkstoffen als „Verpackungsmaterial“

Limitierung: Quellverweise bzgl. der verwendeten Datensätze, aber keine Charakterisierung der Datensätze hinsichtlich ihrer Repräsentativität in der Studie selbst; die Ergebnisse erlauben keinen direkten Vergleich der Werkstoffe PS und Mater-Bi, da immer auch Abfallbehandlung der Speisereste mit betrachtet.

G. PHA (verschiedene Anwendungen)

- [Pietrini et al. 2007]

Titel: Comparative Life Cycle Studies on Poly(3-hydroxybutyrate)-Based Composites as Potential Replacement for Conventional Petrochemical Plastics

Gegenstand: Vergleich konventioneller Kunststoffpolymere und PHA

Biokunststoff-Werkstoffe: Polyhydroxybutyrat (PHB)-Komposite

Grund für Auswahl: es gibt sonst kaum Ökobilanzen zu PHA; es werden Varianten zur Biomasse bilanziert: PHA aus Rohrzucker und aus Maisstärke

Limitierung: Wirkungsabschätzung auf fossile Ressourcen und Klimawandel limitiert; keine Verpackungsanwendung, sondern Betrachtung von Formteilen für Monitore und Autos

- [Kurdikar et al. 2002]

Titel: Greenhouse Gas Profile of a Plastic Material Derived from a Genetically Modified Plant

Gegenstand: Vergleich PHA mit fossilem PE

Biokunststoff-Werkstoffe: PHA direkt produziert in Maispflanzen

Grund für Auswahl: es gibt sonst kaum Ökobilanzen zu PHA; es werden Varianten zur Biomasse bilanziert: PHA aus Rohrzucker und aus Maisstärke

Limitierung: Wirkungsabschätzung auf Klimawandel limitiert; Lebensweg endet mit der Polymerherstellung; Geographie USA

Anmerkung:

Das in den zuvor genannten Studien bilanzierte PLA wurde in der Regel mit den Inventardaten bilanziert, die von NatureWorks bereitgestellt werden. Diese Daten wiederum beziehen sich auf den Herstellungsprozess von NatureWorks und deren PLA-Produkt Ingeo, das derzeit ausschließlich in den USA und aus US-Mais hergestellt wird. Diese PLA-Inventare sind nicht ohne weiteres auf andere PLA-Produzenten übertragbar.

In [Groot und Boren 2010] sowie in den vom IFEU durchgeführten Übersichtsökobilanzen wurde die PLA-Herstellung mit Hilfe anderer Datenquellen modelliert, da dort auch spezifische Biomasserohstoffe betrachtet wurden.

4.3.2 Allgemeine Einflussfaktoren

Die Ökobilanz-Studien der Anwendungsgruppen A-C zeigen, dass bestimmte Aspekte die Vergleichsergebnisse wesentlich mitbestimmen. Insbesondere sind dies:

- Alter und Repräsentativität des Öko-Inventars (Input-Output-Datensatz) der Polymer- bzw. Werkstoffherstellung
- Die Annahmen zum Gewicht der Biokunststoffverpackung im Vergleich zur konventionellen Kunststoffverpackung
- Anteil an Biomasse im fertigen Bio-Werkstoff
- Berücksichtigung von Wirkungskategorien, die stark von der landwirtschaftlichen Biomassebereitstellung und der Energiebereitstellung für die Biomassekonversion bestimmt sind
- Annahmen zu den Entsorgungswegen

Im Folgenden werden noch ergänzende Anmerkungen zu den ersten beiden Punkten gemacht.

1. Öko-Inventare

Zu den konventionellen Kunststoffen wird eine umfangreiche Datenbank an Öko-Inventaren von der europäischen Kunststoffindustrie zur Verfügung gestellt (www.plasticseurope.com). Bei den Biokunststoffen ist die Lage erheblich schlechter. Öffentlich frei zugängliche Öko-Inventare gibt es nur für das von der Firma NatureWorks hergestellte PLA (Ingeo); download unter www.natureworkslc.com.

Darüber hinaus finden sich Öko-Inventare zu Mais- und Kartoffelstärke in öffentlich zugänglichen Datenbanken. Letztlich sind die Ökobilanzstudien aber darauf angewiesen, diese Daten mit weiteren Prozessdaten zu ergänzen. Die Qualität dieser Daten hängt dann stark von der Bearbeitungstiefe einer Ökobilanz ab und von der Bereitschaft zur (zumeist vertraulichen) Datenbereitstellung durch die Biopolymerhersteller.

Hinzu kommt, dass sich die Daten im Laufe der Zeit verändern, bedingt etwa durch Prozessoptimierungen und Innovationen. In Abbildung 29 wird dies am Beispiel eines Vergleichs älterer und neuerer PLA (Ingeo)- und PET-Daten ersichtlich.

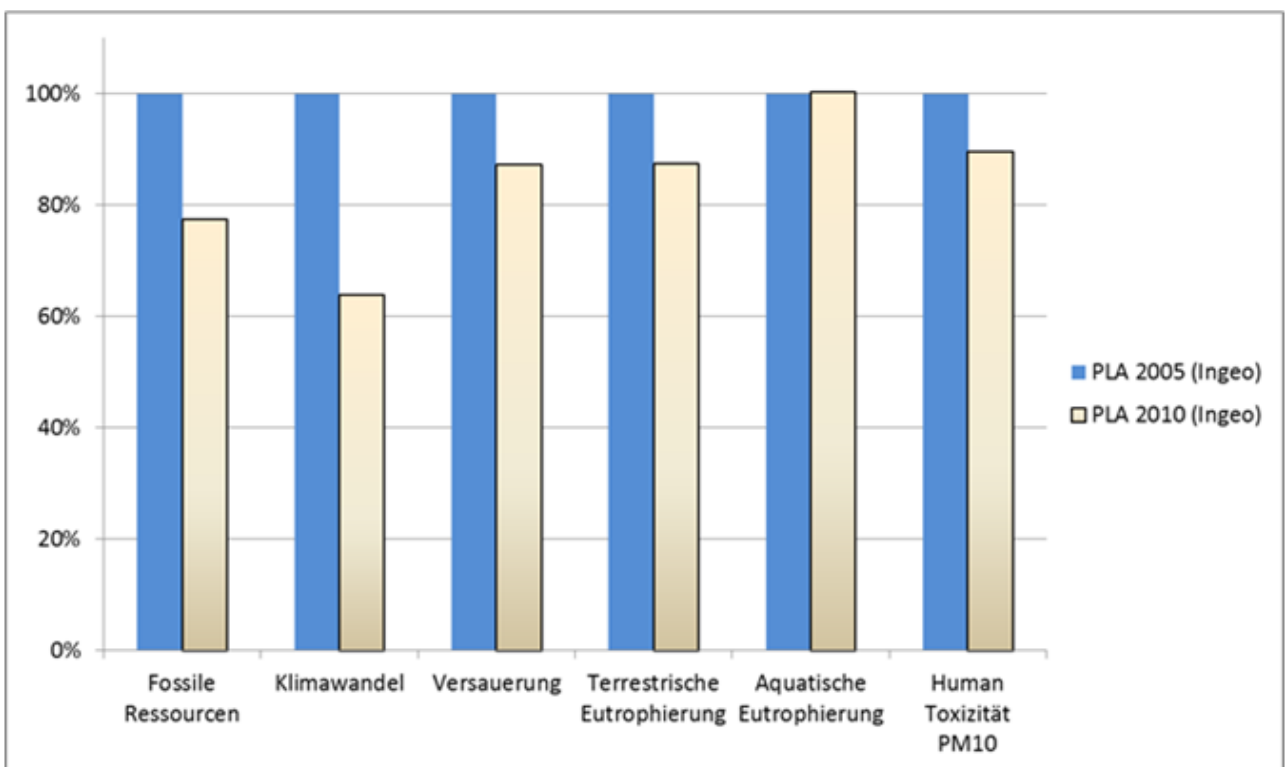
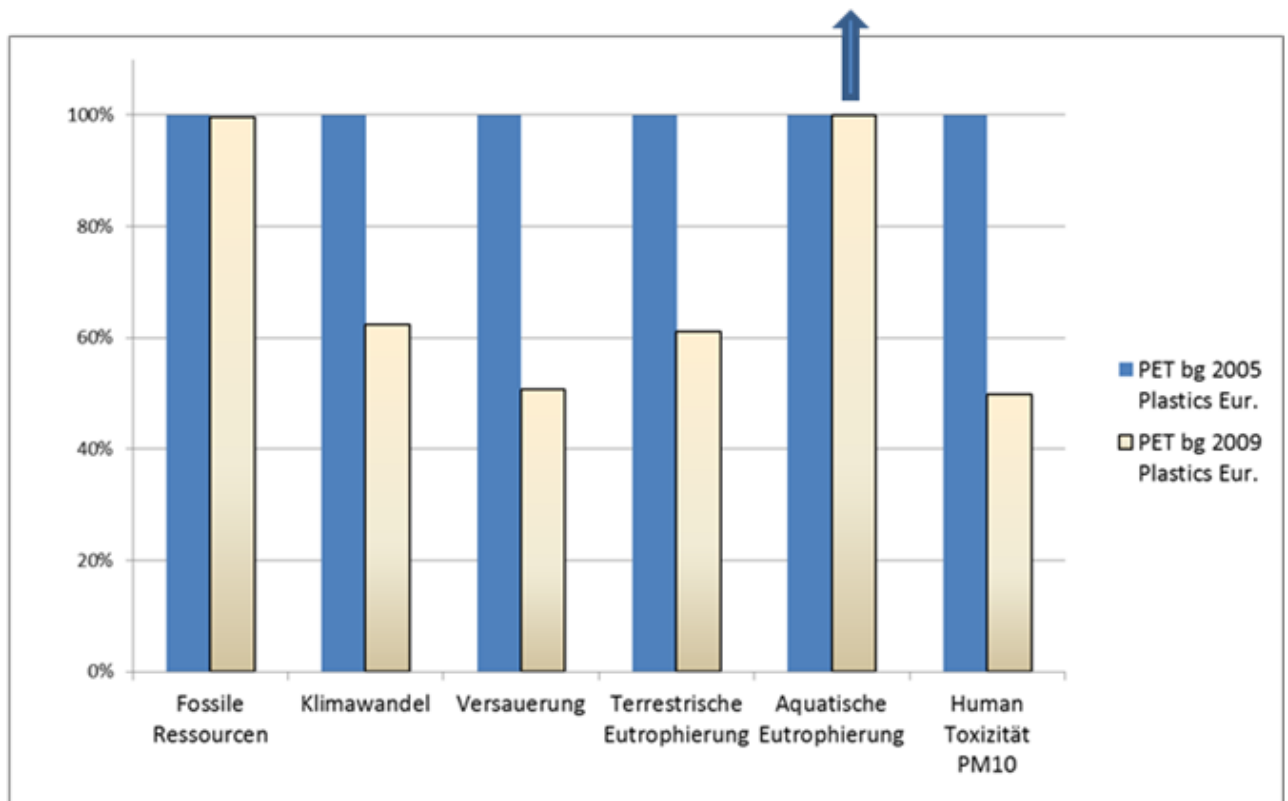


Abbildung 29: Relative Veränderungen der Umweltwirkungsprofile von PET und PLA

Bg: flaschentaugliches PET; Pfeil nach oben: aquatische Eutrophierung für PET bg 2009 größer als bei PET bg 2005

Quelle: IFEU-Bearbeitung auf Basis von [Plastics Europe 2010], [Vink 2010]

Beide Datensätze haben sich bei den meisten Wirkungskategorien verbessert, der PET-Datensatz hat sich jedoch bei der aquatischen Eutrophierung verschlechtert. Bei den PET-Daten lässt sich anhand der verfügbaren Informationen nicht sagen, woran die Veränderungen liegen. Bei den PLA-Daten geht es auf eine Innovation beim Fermentationsprozess zurück, der von NatureWorks implementiert wurde. Der neue Prozess verbraucht erheblich weniger Energie. Da der in der NatureWorks-Anlage verbrauchte US-Netzstrom stark kohlelastig ist, bewirkt der reduzierte Energieverbrauch vor allem bei den fossilen Ressourcen und dem Klimawandel deutlich verringerte Umweltlasten. Bei Versauerung und terrestrischer Eutrophierung liefern Feldanbau und Maismühle die größten Beiträge, weshalb die relativen Verbesserungen hier insgesamt geringer sind.

Aus den Ergebnisgrafiken in [Wellenreuther et al. 2009a] wurden weitere Vergleiche hinsichtlich älterer und neuerer Datensätze abgeleitet (Abbildung 30). So sieht man, dass die Ecoflex-Herstellung mit NG-Technologie (Next Generation) deutliche Verbesserungen erbringt. Ecovio, das aus PLA und Ecoflex hergestellt wird, zeigt stark verbesserte Ergebnisse, wenn man eine Kombination der jeweils älteren Datensätze mit einer Kombination aus den Datensätzen auf Basis der jeweils innovativen Produktionsverfahren vergleicht.

Der Biokunststoff Biopar enthält ebenfalls Ecoflex und profitiert daher ebenfalls von der genannten Prozessinnovation.

Ergänzende Information zu den Angaben in Abbildung 30:

Ecoflex: Datenstand 2007

Ecoflex NG (Next Generation): Planungsdaten, etwa Bezug Produktion 2010/11

Ecovio A: Datenbasis „Ecoflex“+„PLA 2005“

Ecovio B: Datenbasis „Ecoflex NG“+„PLA 2010 “

Biopar A: Datenbasis „Ecoflex“+Stärke

Ecovio B: Datenbasis „Ecoflex NG“+Stärke

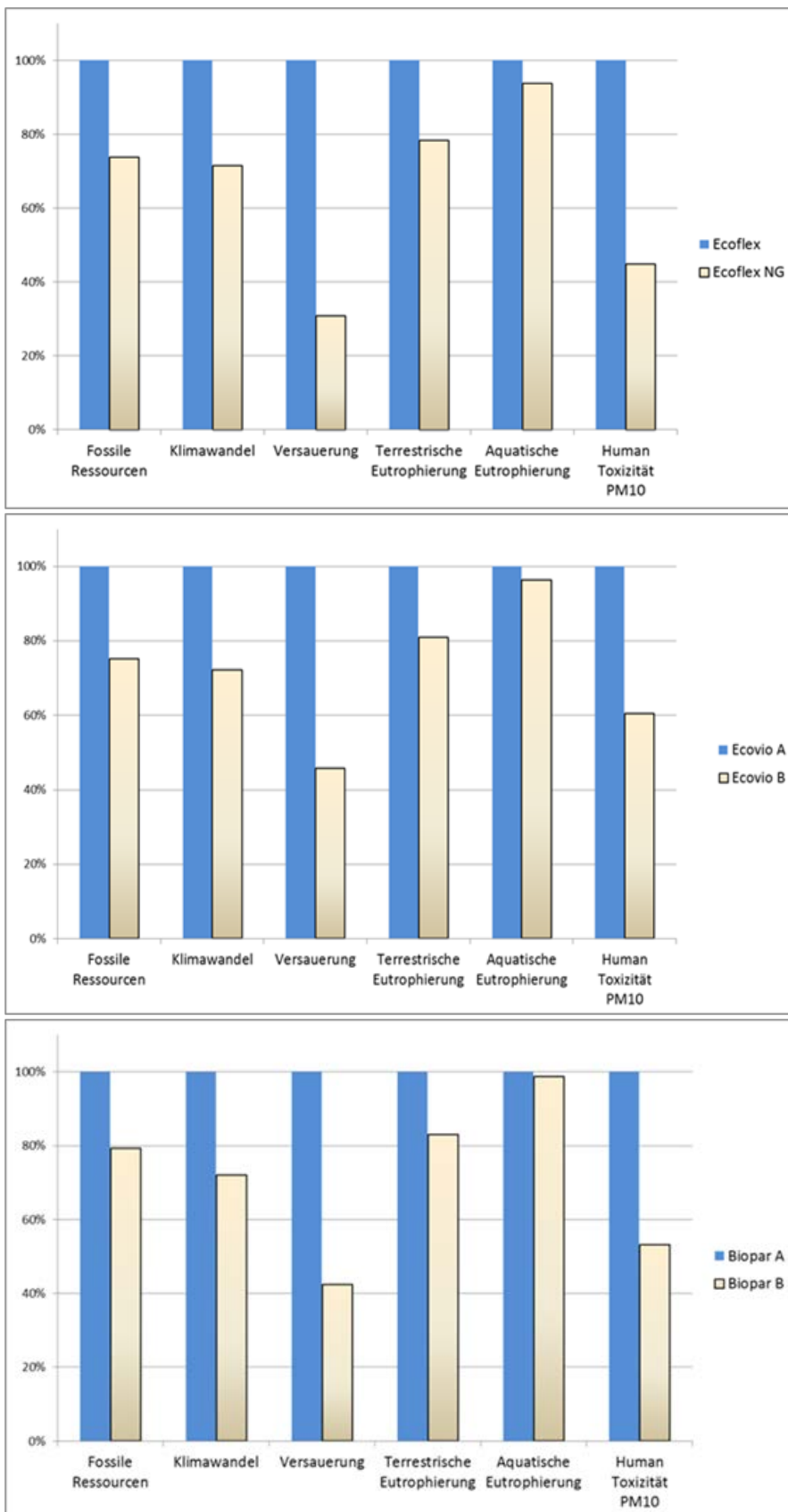


Abbildung 30: Relative Veränderungen der Umweltwirkungsprofile von Ecoflex, Ecovio und Biopar

Quelle: IFEU-Bearbeitung auf Basis der Ergebnisgrafiken in [Wellenreuther et al. 2009a]

Es wurde schon angesprochen, dass die Biokunststoffbranche bislang leider kaum Öko-Inventare zur Verfügung stellt. Auf der Homepage von Innovia findet sich immerhin ein Vergleich der Umweltwirkungsprofile über den Zeitverlauf (Abbildung 31).

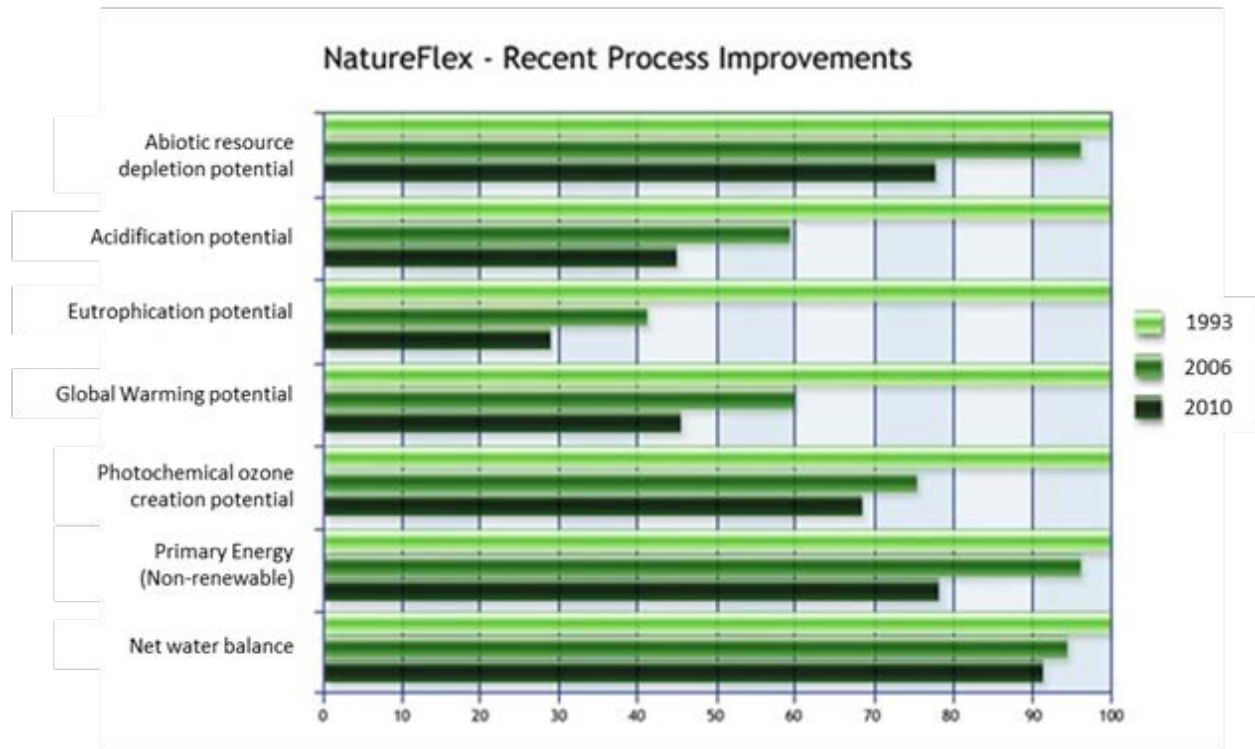


Abbildung 31: Relative Veränderungen der Umweltwirkungsprofile von NatureFlex

Quelle: Download der Grafik bei www.innoviafilms.com/Environmental/Lifecycle-Assessment.aspx

Auch hier zeigt sich eine Reduktion der potentiellen Umweltwirkungen, die jedoch vor allem im Zeitraum 1993 bis 2006 stattgefunden hat. In diesem Zeitraum wurden natürlich auch viele Veränderungen in der allgemeinen Infrastruktur (LKW-Euro-Normen, Emissionsreduktion bei Großfeuerungsanlagen zur Stromerzeugung) umgesetzt. Wie stark der Einfluss von direkten Prozessinnovationen an den Gesamtverbesserungen ist, lässt sich daher aufgrund fehlender Zusatzinformationen nicht bestimmen. Leider ist auch die zugrunde liegende Ökobilanz von Innovia nicht öffentlich verfügbar.

2. Gewichte von Biokunststoffverpackungen

In einigen Studien werden für die Biokunststoffverpackungen höhere Gewichte angesetzt, als für die konventionellen Kunststoff-Verpackungen. Beispiele:

- Loose-Fill [Würdinger et al. 2002]
 - EPS: 4 kg / m³
 - Rezyklat: 4 kg / m³
 - Stärke: 12 kg / m³
- Abfall Tüten: Folienstärken und Gewichte [Wellenreuther et al. 2009a]

- PE-HD: 12,5 μ Schichtdicke; 6,5-6,9 g/Tüte
- PE-LD: 20 μ Schichtdicke; 10 g/Tüte
- Biokunststoff (Biopar): 25 μ Schichtdicke; 17,7 g/Tüte
(Tütengröße jeweils vergleichbar)
- Einkaufstüten: Gewichte [Chaffee et al. 2007]
 - PE-HD: 5,78 g/Tüte
 - Biokunststoff (Exoflex/PLA/CaCO₃): 15,78 g/Tüte
(Tütengröße jeweils vergleichbar)
- Becher: Gewichte [Bohlmann 2004]
 - PP: 7,9 g/Becher
 - PLA: 8,91 g/Becher
(Volumen jeweils 8 oz.)
- Becher: Gewichte [Pladerer et al. 2008]
 - PP: 12,73 und 13,18 g/Becher
 - PLA: 13,6 und 14,4 g/Becher
(Volumen jeweils 16 ounce)
- Klappschalen: Gewichte und Dichte [Madival et al. 2009]
 - PET: 31,6 g/Schale (Dichte 1370 kg/m³)
 - PS: 24,6 g/Schale (Dichte 1052 kg/m³)
 - PLA: 29,6 g/Schale (Dichte 1246 kg/m³)
(Füllmenge jeweils 454 g)
- Verbundfolien für Lebensmittelverpackung: [Garraín et al. 2007]
Schichtdicken, aber keine Gewichtsangaben
 - PP-PA6-PP: 130-20-130 μ
 - Biokunststoff: PLA-modifizierte Stärke/PCL-PP: 25-200-25 μ m
(Aufgrund der höheren Dichte von PLA und Stärke gegenüber PP dürfte der Biokunststoff in diesem Beispiel um ca. 20% höhere Flächengewichte haben als die konventionelle Verbundfolie)
- Einkaufstüten: Gewichte [James and Grant 2005] zitiert in [Shen und Patel 2008]
 - PE-HD: 6 g/Tüte
 - Biokunststoff (Stärke-PCL): 8,1 g/Tüte
 - Biokunststoff (PLA): 8,1 g/Tüte

In anderen Studien sind die Gewichte von Biokunststoffverpackungen gleich oder geringer als die von konventionellen Kunststoff-Verpackungen. Beispiele:

- Einkaufstüten: Gewichte pro funktioneller Einheit (FU) [Murphy et al. 2008]
 - PE-HD: 7,35 g/FU
 - Biokunststoff (Mater-Bi, Maisstärke 50%-PCL 50%): 5,72 g/FU
 - Biokunststoff (Ocotpus, PLA 60%-Ecofoil 40%): 7,7 g/FU
(Ecofoil ist ein bioabbaubarer fossiler Polyester; Problem bei diesem Vergleich ist, dass Tüten unterschiedlicher Größen verwendet wurden, was den Gewichtsvergleich etwas verzerrt)
- Einkaufstüten: Gewichte [James and Grant 2005] zitiert in [Shen und Patel 2008]
 - PE-HD: 6 g/Tüte
 - Biokunststoff (Stärke-PBS/A): 6 g/Tüte
 - Biokunststoff (Stärke-PBAT): 6 g/Tüte
(Biokunststoff-Blends hier mit identischen Gewichten zu PE-HD-Tüte; jedoch unklar auf welcher Datenbasis sich das begründet)
- Becher: Gewichte [Kauertz et al. 2011]
 - PS: 4,05 g/Becher
 - PLA: 3,90 g/Becher
(Verpackte Menge jeweils 115 g; formgleiche Becher)
- Becher: Gewichte [Binder und Woods 2009]
 - PET: 15,5 g/Becher
 - PLA: 13,6 und 14,4 g/Becher
(Volumen jeweils 16 ounce)
- Becher: Gewichte [Binder und Woods 2009]
 - PET: 11,5 g/Becher
 - PS: 16 g/Becher
 - PLA: 10 g/Becher
(Volumen jeweils 500 mL)
- Klappschalen: Gewichte und Dichte [Detzel und Krüger 2006]
 - PET: 19,9 g/Schale (Dichte 1330 kg/m³)
 - PP: 16,9 g/Schale (Dichte 900 kg/m³)
 - OPS: 15,2 g/Schale (Dichte 1050 kg/m³)
 - PLA: 12,2 g/Schale (Dichte 1230 kg/m³)
(Füllvolumen jeweils 500 ml)

4.3.3 Ökologische Bewertung der Biokunststoffverpackungen

Biokunststoffe stellen auf dem Verpackungsmarkt in erster Linie eine Alternative zu den etablierten konventionellen Kunststoffen dar. Daher liegt der Fokus der Bewertung in der Folge auch auf dem Vergleich von Biokunststoffverpackungen und konventionellen Kunststoffverpackungen.

4.3.4 Flexible Folienprodukte

Abfalltüten

Bioabbaubare Abfalltüten wurden in [Wellenreuther et al. 2009a] untersucht. Als Anwendungsfall wurden Tüten gleichen Volumens für die Restmüllsammlung unter deutschen Randbedingungen untersucht. Die Entsorgung findet über die MVA statt. Die Studie kommt zum Ergebnis, dass die im Referenzzeitraum der Studie auf dem Markt erhältlichen, bioabbaubaren Müllbeutel höhere negative Umweltwirkungen (auch bei den Treibhausgasemissionen) als die Müllbeutel aus fossilem Polyethylen zeigen.

Dies lässt sich größtenteils dadurch erklären, dass die Schichtdicke bei bioabbaubaren Müllbeuteln größer ist als bei konventionellen Müllbeuteln. In Verbindung mit der höheren Dichte der verwendeten Biokunststoffe ergeben sich somit deutlich höhere Gewichte als bei den Müllbeuteln aus konventionellen Kunststoffen. Hinzu kommt, dass die Biokunststoff-Beutel Anteile von 40%-70% an fossilen Rohstoffen haben.

Damit verursachen sie sowohl bei der Herstellung als auch der Entsorgung über MVA Umweltlasten, die denen der konventionellen vergleichbar sind. Hinzu kommen Lasten, die mit dem Anbau und Konversion der Biomasse verknüpft sind und sich insbesondere bei Eutrophierung und Versauerung auswirken.

In der Studie wurden auch Zukunfts- bzw. Optimierungsvarianten für die bioabbaubaren Müllbeutel betrachtet. Sie zeigen, dass deutliche Optimierungspotenziale vorhanden sind. Dies wären vor allem Maßnahmen zur Verringerung der Schichtdicke der eingesetzten Folien sowie Verbesserungen in der Prozesstechnik und bei den Verarbeitungsprozessen.

Dabei wird in der Studie darauf hingewiesen, dass eine Kombination unterschiedlicher Optimierungsmaßnahmen, z.B. im Bereich Material, Gestaltung und technische Optimierung, die Umweltauswirkungen bioabbaubarer Müllbeutel (für die Restmüllsammlung) in den Bereich der Umweltauswirkungen von herkömmlichen PE-Beuteln bringen könnte.

Zum Umsetzungshorizont der kombinierten Optimierungsmaßnahmen wurden keine konkreten Angaben gemacht. Nach Aussagen der Biokunststoffhersteller wären diese aber schon heute möglich. Seitens der Kunststoffverarbeiter wurde jedoch davor gewarnt, dass die bioabbaubaren Kunststofffolien bei geringeren Folienstärken deutliche Verluste bei den technischen Eigenschaften aufweisen würden.

Tragetaschen und Tüten

In [Murphy et al. 2008] und [Chaffee et al. 2007] wurden bioabbaubare Abfalltüten untersucht.

Als Anwendungsfall wurde in [Chaffee et al. 2007] die Verwendung von Taschen vergleichbaren Volumens in den USA untersucht. Verglichen wurde eine PE-HD-Tüte (5,78 g) mit einer bioabbaubaren Tüte (15,78 g) aus einem Gemisch aus 65% EcoFlex® (fossilbasierter Biokunststoff), 10% Polymilchsäure (PLA) und 25% Kalziumcarbonat. Hinsichtlich der Entsorgung wurde für beide Taschen zu 81,2% Deponierung und zu 13,6% Abfallverbrennung angenommen. Bei der PE-HD Tasche wird der Rest recycelt und bei der Biokunststofftasche kompostiert.

Die Studie kommt zum Ergebnis, dass Kunststofftaschen aus PE-HD erhebliche umweltbezogene Vorteile (auch hinsichtlich der Treibhausgasemissionen) im Vergleich mit den Biokunststoff-Taschen haben. Dies lässt sich zu einem guten Teil durch den gewaltigen Gewichtsunterschied zwischen den beiden Taschentypen erklären. Zu Ungunsten der Biokunststofftasche kommt die Annahme der Studie hinzu, dass die bioabbaubare Tasche auf der Deponie komplett abgebaut wird und damit enthalten Kohlenstoff komplett als CO₂ bzw. Methan freigesetzt werden.

Als Anwendungsfall wurde in [Murphy et al. 2008] die Verwendung von Tragetaschen in UK untersucht. Verglichen wurde eine PE-HD-Tasche mit 7,35 g/Funktioneller Einheit, eine Biokunststoff-Tasche aus Mater-Bi (50% Maisstärke und 50% PCL [fossiles Material] mit 5,72 g/Funktioneller Einheit und eine Biokunststoff-Tasche als Produktprototyp „Octopus“ aus 60% PLA und 40% Ecofoil (einem fossilen Material) mit 7,7 g/Funktioneller Einheit.

Es ist hier zu beachten, dass Tragetaschen unterschiedlicher Größe angesetzt wurden. Dadurch wird zur Bedienung der Funktionellen Einheit eine unterschiedliche Anzahl von Taschen benötigt.

Hinsichtlich der Entsorgung wurden für alle Taschentypen jeweils eine Abfallverbrennung und eine Deponierung bilanziert. Für die bioabbaubaren Taschen wurde zusätzlich eine Kompostierung und für die PE-HD-Taschen ein werkstoffliches Recycling angenommen.

Die vergleichenden Ergebnisse werden in der Studie anhand eines Ein-Indikatorwertes nach der EcoIndicator-Methode abgeleitet. Dabei erzielt die Mater-Bi Tasche die niedrigsten Umweltlasten, die Octopus-Tasche die höchsten. Die PE-HD-Tüte liegt in der Mitte, mit Ausnahme des Recyclingszenarios, bei dem die PE-HD-Tüte im Gesamtvergleich die besten Ergebnisse erzielt. Für die Mater-Bi-Tasche und die Octopus-Tasche stellt sich beim Ein-Indikatorergebnis die Abfallverbrennung mit Energierückgewinnung als günstigste Entsorgungsoption dar.

Die Ein-Indikatorergebnisse werden durch zwei Kategorien dominiert: Fossile Ressourcen (ca. zu 70%-80%) und respiratorisch wirkende Stoffe (ca. zu 10%-15%). Insgesamt sind die Dokumentation der Annahmen und die Darstellung der Ergebnisse in der Studie recht intransparent. So gibt es keine Angaben zur Schichtdicke der Folien oder den technischen Vergleichsparametern (z.B. der Zugfestigkeit), was für einen Vergleich der Funktionalität der Taschen hilfreich wäre. In den vergleichenden graphischen Ergebnisdarstellungen lässt sich nicht erkennen, welches der Anteil der Rohstoffe sowie der Entsorgungsprozesse und der dabei erzielten Gutschriften am Gesamtergebnis ist.

Mehrschichtfolien

Mehrschichtfolien wurden in [Garraín et al. 2007] und [Hermann 2010] untersucht.

Als Anwendungsfall wurde in [Garraín et al. 2007] 1m² Folie zur Verpackung von Lebensmitteln untersucht. Ein klarer geographischer Bezug wird in der Studie nicht angegeben. Vergli-

chen wurde eine konventionelle Folie mit den Werkstoffen PP-PA6-PP (130-20-130 μ) und eine bioabbaubare Folie mit den Werkstoffen PLA-modifizierte Stärke/PCL-PLA (25-200-25 μ).

Hinsichtlich der Entsorgung wurde für die konventionelle Folie eine Abfallverbrennung (ohne Energierückgewinnung) und für die bioabbaubare Folie eine Kompostierung angenommen. Die Studie kommt zum Ergebnis, dass die bioabbaubare Folie geringere Umweltlasten bei Klimawandel und fossilen Ressourcen erzeugt, aber höhere bei Eutrophierung und Versauerung.

Die Studie wurde als Fachartikel veröffentlicht und hat daher eine entsprechend reduzierte Dokumentation und Transparenz.

Als Anwendungsfall wurde in [Hermann 2010] 1m² Verbundfolie, unterschieden nach Innenverpackungen und Außenverpackungen, untersucht. Als geographischer Bezug der Verpackungsanwendung wird Europa angegeben.

Innenverpackungen: verglichen wurden Folienlamine in den Kombinationen

- Polypropylen – Hybrid Lamine (MOPP= metallised oriented polypropylene)
- Polymilchsäure-Lamine (PLA)
- Papierlamine

Außenverpackungen: verglichen wurden Folienlamine in den Kombinationen

- PLA
- metallisiertes PLA (MPLA)
- biobasiertes Polyethylen
- Papierlamine mit z.B. biobasiertem Polyester (BBP) oder Ethylen-Vinylacetat (EVA)
- Zellulose-Folien

Für jede Verbundfolie wurde das Flächengewicht in Form einer Balkengrafik angegeben. Die Flächengewichte der einzelnen Verbunde liegen teilweise weit auseinander. Es lässt sich jedoch kein eindeutiger Trend bezüglich des Einflusses der Biokunststoffe auf die Flächengewichte ableiten. Hinsichtlich der Entsorgung wurde für jede Folie die Optionen Verbrennung, Deponie, Kompostierung und Vergärung untersucht.

Die Schlussfolgerungen der Studie vereinfacht zusammengefasst lauten:

Innen- und Außenverpackungen, die PLA beinhalten und mit der gegenwärtigen Technologie hergestellt werden, bieten keine ökologischen Vorteile gegenüber den Referenzfolien. Bei Umsetzung der zukünftig geplanten Technologie für die PLA-Herstellung werden PLA-Folien vergleichbar mit den Referenzfolien. (Anmerkung: die dabei angesetzten Daten zur PLA-Herstellung liegen tendenziell im Bereich des im Jahr 2010 veröffentlichten Ökoinventars für PLA gemäß [Vink 2010]).

Zellulosehaltige Folien mit heutiger Prozesstechnologie zeigen keine Vorteile bezüglich der Umweltauswirkungen; dies kann sich jedoch bei einem Fortschritt der Technologie in der Zukunft ändern. Dagegen zeigen Papier-BBP-Lamine das Potential, die Umweltauswirkungen gegenüber den konventionellen Folien zu verringern, führen jedoch zu höherer Flächennutzung als andere biobasierte Materialien.

Die ökologischen Vorteile hängen von dem verwendeten Polymer und dem Endprodukt (Innen- vs. Außenverpackung) ab, wobei es sich abzeichnet, dass Außenverpackungen - ökologisch gesehen - aussichtsreicher sind als die Innenverpackungen.

Unter europäischen Randbedingungen stellen die Folien aus OPP sowie solche aus einem Verbund von Papier/OPP die beste Wahl bezüglich der Wirkungskategorie Klimawandel dar. Alleine bei der Zukunftsbetrachtung gleichen sich die PLA-Folien der OPP-Folie an.

Die Studie rät dazu, mit dem Ersetzen der erdölbasierten Außenverpackungen durch biobasierte Materialien zu beginnen, so dass Investitionen in diesem Marktsegment gemacht und Erfahrungen gesammelt werden können, die dann im Folgenden einer weiteren Verbesserung der Umweltauswirkungen dienen würden.

Die Studie wurde als Fachartikel veröffentlicht und hat daher eine entsprechend reduzierte Dokumentation und Transparenz.

4.3.5 Formstabile Verpackungen (Becher/Schalen)

Becher

Becher wurden in [Kauertz et al. 2011], [Binder und Woods 2009], [Pladerer et al. 2008], [Ovam 2006] sowie [Bohlmann 2004] betrachtet.

Als Anwendungsfall wurden in [Kauertz et al. 2011] Joghurt-Becher aus PLA und PS untersucht. Beide Becher fassen die gleiche Produktmenge und wiegen 4,05 g (PS-Becher) bzw. 3,9 g (PLA-Becher). Es gelten die Randbedingungen für den deutschen Markt. Als Entsorgung wurde der deutsche Entsorgungsmix für Verpackungsabfälle zugrunde gelegt; es wurde angenommen, dass beide Bechertypen zu jeweils 80% in den gelben Sack gelangen, während der Rest über die Restmülltonne in die Müllverbrennung gelangt.

Für PS-Becher im gelben Sack bedeutet dies überwiegend eine Verwertung über die Becherfraktion (64%) und die Mischkunststofffraktion (16%), die PLA-Becher gelangen zu 80% in die Sortierreste.

Im Ergebnis der Studie zeigen die PLA-Becher gegenüber den PS-Bechern Vorteile in den Wirkungskategorien Klimawandel, Fossiler Ressourcenverbrauch und Sommersmog (POCP). Nachteile bestehen in den Kategorien Versauerung, Terrestrische und aquatische Eutrophierung, Humantoxizität (Feinstaub).

Damit ließe sich bei einer umfassenden Bewertung aller Umweltkategorien (in Anlehnung an UBA-Methode) kein ökobilanzieller Vor- oder Nachteil für eines der beiden Systeme ableiten. Schlussfolgerungen, die auf die Wirkungskategorien Klimawandel und fossiler Ressourcenverbrauch fokussieren, könnten durchaus relevant sein im strategischen Unternehmenskontext (hier: bei Danone). Solche Ergebnisse alleine könnten aber nicht für gesamtökologische Aussagen herangezogen werden.

In [Binder und Woods 2009] wurden Becher für Kaltgetränke aus PLA, PET und PP untersucht. Die Becher haben jeweils das gleiche Volumen und wiegen 15,5 g (PET-Becher), 13,18 g (PP-Becher) bzw. 14,4 g (PLA-Becher). Für PP- und PLA-Becher wurde jeweils noch eine Variante mit ca. 5% geringerem Gewicht betrachtet.

Es gelten die Randbedingungen für den US-Markt. Als Entsorgung wurde für alle Bechertypen ausschließlich eine Deponierung zugrunde gelegt. Für alle Materialien, inkl. PLA, wurde ein inertes Verhalten (praktische keine Freisetzung von Treibhausgasen) auf der Deponie angenommen.

Im Ergebnis der Studie zeigen die PLA-Becher gegenüber den PET-Bechern Vorteile in den Indikatoren Klimawandel und nicht erneuerbarer Primärenergieverbrauch, Fossiler Ressourcenverbrauch und Sommersmog. Nachteile bestehen in den Kategorien Versauerung, Eutrophierung und Wasserverbrauch.

Der Vergleich mit den PP-Bechern zeigt die gleiche Ergebnisausrichtung, mit einer Ausnahme: Beim Sommersmog liegen die Ergebnisse auf etwa gleicher Höhe.

Damit ließe sich bei einer umfassenden Bewertung in Anlehnung an die UBA-Methode kein ökobilanzieller Vor- oder Nachteil für eines der beiden Systeme ableiten. Eine direkte Anwendbarkeit auf Deutschland ist jedoch nicht gegeben, da die Annahmen zur Entsorgung komplett von den deutschen Randbedingungen abweichen. In [Binder und Woods 2009] finden sich auch Aussagen zur Kompostierung von PLA, wobei die Kompostierung höhere Methanemissionen und damit höhere Treibhausgasemissionen verursacht als die Deponierung. Für letztere wurde ein inertes Verhalten von PLA angenommen, was jedoch eine Annahme darstellt, die bei derzeitigem Kenntnisstand als unsicher anzusehen ist.

In [Pladerer et al. 2009] wurden 500 ml Becher für Kaltgetränke aus PLA, PET und PS untersucht. Die Becher dienen zum Getränkeausschank bei Veranstaltungen. Die Becher wiegen 11,5 g (PET-Becher), 16 g (PS-Becher) bzw. 10 g (PLA-Becher). Auffällig ist das Gewicht des PS-Bechers, das im Vergleich zu anderen Studien überproportional hoch über den Gewichten der verglichenen PET- und PLA-Becher liegt.

Für die Untersuchungsgruppe „Fußballbundesligabetrieb“ wurden hinsichtlich der Entsorgung und Gutschriften aus der Abfallverbrennung deutsche Randbedingungen gewählt. Dabei wurden im Basisszenario die genannten Einwegbecher ausschließlich einer Abfallverbrennung zugeführt. Hierbei ist auffällig, dass für PLA ein ungewöhnlich hoher Heizwert von 30 MJ/kg angesetzt wurde ¹⁶[Pladerer et al. 2009, S. 40].

Als Sensitivitätsszenarien für PET- und PS-Becher wurde ein werkstoffliches Recycling bei 80% Erfassungsquote bilanziert. Für den PLA-Becher wurde ein Szenario mit 100% getrennter Sammlung zur Kompostierung bilanziert.

Im Ergebnis der Studie zeigen die PLA-Becher gegenüber den PS-Bechern Vorteile in den Indikatoren Klimawandel und nicht erneuerbarer Primärenergieverbrauch, Fossiler Ressourcenverbrauch, Versauerung, Feinstaubemissionen und Sommersmog. Nachteile bestehen bei der Eutrophierung (es wurde nicht zwischen terrestrischer und aquatischer Eutrophierung unterschieden).

Der Vergleich mit den PET-Bechern zeigt die gleiche Ergebnisausrichtung, mit einer Ausnahme: Bei der Versauerung liegen die Ergebnisse auf etwa gleicher Höhe.

¹⁶ Gemäß EcoInvent-Report No. 13-I liegt der Heizwert von PLA bei 18,2 MJ/kg.

Die guten Ergebnisse der PLA-Becher hinsichtlich der Versauerung könnten u.U. durch den angesetzten hohen Heizwert und die dadurch erzielten Gutschriften bedingt sein.

Bei einer Bewertung in Anlehnung an die UBA-Methode ließe sich aus den Basisszenarien ein ökobilanzieller Vorteil für den PLA-Becher ableiten. Für die Recyclingszenarien werden nur die Ergebnisse hinsichtlich der Wirkungskategorie Klimawandel separat dargestellt. Ansonsten werden nur Ergebnisse mit der Einindikator-Methode UBP 2006 dokumentiert, die aber von der UBA-Methode stark abweicht. Es ist ersichtlich, dass sich die Ergebnisse der PET- und PS-Becher durch das Recycling stark verbessern. Inwiefern sich die oben diskutierten Vergleichsergebnisse des Basisszenarios dadurch ändern, lässt sich nicht ableiten.

Das Szenario zur Kompostierung von PLA führt zu einer Erhöhung der Treibhausgasfreisetzung im Vergleich zum Basisszenario mit Abfallverbrennung.

Die Studie hat insgesamt einen stärkeren Fokus auf die Untersuchungsgruppe „UEFA Euro 2008“, bei der die Bechersysteme unter den Randbedingungen von Österreich und der Schweiz, wobei die Ergebnisse hauptsächlich unter Verwendung von hochaggregierten Ein-Indikatormethoden ausgewertet und dokumentiert wurden. Für den Vergleich der Kunststoff-Einwegbecher sind nach Aussage der Autoren die „Umweltbelastungen der PLA-Einweggetränkebechern vergleichbar mit jenen von PET-Einweggetränkebechern.“

In [Ovam 2006] wurden Einwegtrinkbecher aus PLA mit Bechern aus PP verglichen. Angaben zu den Vergleichsgewichten fehlen in der Studie. Für die Entsorgung wurde eine Abfallverbrennung bzw. thermische Verwertung im Zementwerk angenommen. Geographischer Bezugsraum ist Belgien.

Im Ergebnis der Studie zeigt der PLA-Becher Vorteile gegenüber den PP-Bechern in den Wirkungskategorien Klimawandel und Fossiler Ressourcenverbrauch. Nachteile bestehen in den Kategorien Mineralische Rohstoffe, Versauerung/Eutrophierung, Ökotoxizität, Zerstörung der Ozonschicht, Karzinogene Stoffe, Anorganische und organische transpiratorisch wirkende Stoffe.

Als Zukunftsbetrachtung für den PLA-Becher wurden Optimierungen bezüglich der Fermentierungstechnologie bei der PLA-Herstellung und eine Gewichtsreduzierung des Bechers um ca. 20% angenommen. Weiterhin wurde die PLA-Produktionsstätte bilanztechnisch in Europa angesiedelt. Als zukünftige Entsorgungsoption für den PLA-Becher wurde eine Entsorgung mit 90% Vergärung und 10% Verbrennung angenommen.

Das Zukunftsszenario führt je nach betrachteter Umweltkategorie zu um 10% bis 60% reduzierten Umweltwirkungen des PLA-Bechers. Auch wenn sich die absoluten Ergebnisunterschiede dadurch ändern, bleibt das Muster der Vor- und Nachteile im Vergleich zum PP-Becher weitgehend erhalten.

Die Kompostierung von PLA-Bechern zeigt deutlich weniger Treibhausgasemissionen als die Abfallverbrennung. (Anmerkung: In der Studie werden keine Angaben zur Abbaurate der PLA-Becher im Zuge der Kompostierung gemacht; daher ist es praktisch nicht möglich dieses Ergebnis kritisch zu bewerten).

In [Bohlmann 2004] wurden gleichgroße Joghurtbecher aus PLA (8,91 g) und PP (7,9 g) verglichen. Die Wirkungsabschätzung war jedoch auf die Indikatoren Klimawandel und KEA reduziert. Die Studie ist für einen aktuellen Verpackungsvergleich insgesamt unbrauchbar. Sie ent-

hält jedoch implizit eine Optimierungsanalyse für die PLA-Herstellung, die zeigt, dass die Effizienz von Evaporationsverfahren für biochemische Prozesse (hier wird ja in der Regel in stark verdünnter wässriger Lösung, z.B. im Fermentationsprozess, gearbeitet) eine große Relevanz haben.

Klappschalen

Klappschalen wurden in [Detzel und Krüger 2006] und [Madival et al. 2009] untersucht.

Als Anwendungsfall wurde in [Detzel und Krüger 2006] Klappschalen aus PLA, OPS, PP und PET untersucht. Alle Schalen fassen die gleiche Produktmenge, haben jedoch unterschiedliche Gewichte (PET-Schale: 19,9 g; PP-Schale: 16,9 g; OPS-Schale: 15,2 g; PLA-Schale: 12,2 g). Es gelten die Randbedingungen für den deutschen Markt. Als Entsorgung wurde der deutsche Entsorgungsmix für Verpackungsabfälle zugrunde gelegt. Dabei wurde angenommen, dass alle Schalentypen zu jeweils 80% in den gelben Sack gelangen, während der Rest über die Restmülltonne in die Müllverbrennung gelangt.

Es wurde weiterhin angenommen, dass die PLA-Schalen, die über den gelben Sack gesammelt werden, in die Mischkunststofffraktion (MKF) gelangen und damit überwiegend energetisch verwertet werden.

Im Ergebnis der Studie zeigen die PLA-Schalen hinsichtlich der Kategorien Fossile Ressourcen Verbrauch, Klimawandel und Sommersmog Vorteile gegenüber allen anderen Systemen. Auf der anderen Seite zeigen sie Nachteile in den Kategorien Versauerung, Eutrophierung (terrestrisch) und Humantoxizität (PM10) gegenüber allen anderen Systemen.

Hinsichtlich der Entsorgungsoptionen für PLA zeigt das Szenario zu rohstofflichem Recycling (Rückgewinnung der Momomere) ökobilanziell die besten Ergebnisse, während die Kompostierung am schlechtesten abschneidet. Dabei wird ein 95%iger Abbau des PLA-Kohlenstoffs während des Kompostierungsprozesses und eine teilweise Umwandlung zu und Freisetzung von Methan angenommen.

Als Anwendungsfall wurden in [Madival et al. 2009] Klappschalen aus PLA, PS, und PET untersucht. Alle Schalen fassen die gleiche Produktmenge, haben jedoch unterschiedliche Gewichte (PET-Schale: 31,6 g; PS-Schale: 24,6 g; PLA-Schale: 29,6 g). Als Entsorgung wurde für alle Schalentypen 23,5% Verbrennung und 76,5% Deponie angenommen; in Anlehnung an die Gegebenheiten für die Entsorgung von Hausmüll in den USA im Jahr 2005.

Im Ergebnis der Studie zeigt der PLA-Becher hinsichtlich der Kategorien nicht erneuerbarer Energieverbrauch, Sommersmog und aquatische Ökotoxizität Vorteile gegenüber dem PS-Becher. Er zeigt Nachteile in den Kategorien Klimawandel, aquatische Versauerung, aquatische Eutrophierung, organische und anorganische respiratorisch wirkende Stoffe.

Der PLA-Becher zeigt im Vergleich zum PET-Becher Vorteile hinsichtlich der Kategorien Klimawandel, nicht erneuerbarer Energieverbrauch, Sommersmog, aquatische Eutrophierung und aquatische Ökotoxizität. Er zeigt Nachteile in den Kategorien aquatische Versauerung, organische und anorganische respiratorisch wirkende Stoffe.

PLA-Herstellung

[Groot und Boren 2010] verglichen die Herstellung von PLA mit verschiedenen fossilen Polymeren. Vergleichsbasis war Herstellung und Abfallverbrennung von einer Tonne Polymer; die Herstellung von Verpackungen wurde nicht untersucht. Der geographische Bezug ist Thailand.

Die Studie ist für einen Verpackungsvergleich daher nicht geeignet. Interessant ist der Aspekt, dass als Biomasserohstoff Zuckerrohr verwendet wird.

Im Ergebnis der Studie zeigt PLA hinsichtlich der Kategorien nicht erneuerbarer Energieverbrauch, Klimawandel und Sommersmog Vorteile gegenüber den fossilen Polymeren. Auf der anderen Seite zeigen sie Nachteile in den Kategorien Versauerung, Eutrophierung, photochemische Ozonbildung (Ausnahme: PET) und Humantoxizität (Ausnahme: PET) gegenüber den fossilen Polymeren.

Es wurden eine Reihe von Optimierungsoptionen untersucht:

- Gebrauch von Zuckerrohr-Zuchtformen mit großem Zuckerertrag (Anmerkung: durchschnittlicher Ertrag in Thailand deutlich geringer als in Brasilien)
- verringerter Düngergebrauch
- Optimierung der Verdampfungs- und Kristallisationsschritte in der Zuckerherstellung
- Erfahrungsbasiertes verbessertes Know-How in der Fermentierung, in der chemischen Trennungstechnologie
- Gipsfreie Lactid-Herstellung

Leider wurden nur Ergebnisse bzgl. des Einflusses zum Klimawandelpotenzial berichtet: Je nach Umsetzungsgrad können dabei sogar negative CO₂-Emissionswerte mit Bezug auf das PLA Polymer erreicht werden (Anmerkung: bei Einbeziehung der Verbrennung werden die Treibhausgasemissionswerte jedoch wieder positiv).

4.3.6 Loose-Fill

In [Würdinger et al. 2002] wurden Loose-Fill-Packmittel aus geschäumter Stärke (Schüttdichte: 12 kg/m³) und Polystyrol (Schüttdichte: 4 kg/m³) auf der Basis 1 m³ Material verglichen. Die Stärke wurde aus Kartoffeln, Weizen und Mais gewonnen. Es gelten deutsche Randbedingungen im Bezugsjahr 2001. Für die Entsorgung wurde der damalige Beseitigungsmix aus MVA und Deponie angesetzt. Entsorgungsvarianten bei den Stärke-Chips waren Kompostierung, Vergärung und Verbrennung in optimierter MVA. Bei den EPS-Chips wurde werkstoffliches Recycling sowie optimierte MVA bzw. energetische Verwertung als Varianten betrachtet.

Beim Vergleich der Loose-Fill-Szenarien „Primär-Polystyrol“ und „Mais-Stärke“ zeigt ersteres Vorteile hinsichtlich Klimawandel, Dieselpartikelemissionen, Ozonabbau. Die Vorteile der Stärke-Chips liegen bei den Fossilen Ressourcen, Krebsrisikopotenzial, Versauerungspotenzial und Ozonbildungspotenzial.

Bzgl. der Bewertung der biologischen Abbaubarkeit findet sich in der Studie folgende Aussage: „Die Kompostierung schneidet gegenüber einer energetischen Verwertung deutlich ungünstiger ab. Damit zeigen die Ergebnisse allgemein sehr deutlich, dass die biologische Abbaubarkeit alleine noch kein Kriterium für die Umweltverträglichkeit eines Materials oder Produktes dar-

stellt. Entscheidend ist vielmehr, welchen konkreten Entsorgungsweg dieses nach Gebrauch geht und wie sich die biologische Abbaubarkeit auf die Nutzungsdauer und Haltbarkeit des Produktes auswirkt.“

4.3.7 Bio-PE

In [Liptow und Tillman] wurden PE-LD aus brasilianischem Zuckerrohr (biogenes PE) und aus Erdöl (fossiles PE) verglichen. Vergleichsbasis war Herstellung und Abfallverbrennung von 1 kg Polymer; die Herstellung von Verpackungen wurde nicht untersucht. Der geographische Bezug für die potenzielle Nutzung und Entsorgung von PE-LD ist Schweden.

In der Studie kommen mit der attributiven und der konsequentiellen Ökobilanz ¹⁷ zwei prinzipiell sehr unterschiedliche Methodenansätze zur Anwendung. Die Analyse der Einflussgrößen sowie die zusammenfassende Bewertung der Studie werden dadurch erheblich verkompliziert.

Im Basisszenario stellen sich die Ergebnisse wie folgt dar:

1. Klimawandel/ Fossiler Ressourcenverbrauch:

(diese beiden Kategorien wurden in der Studie als besonders wichtig herausgestellt)

- Bei biogenem PE-LD waren die Freisetzung von Treibhausgasen und der Verbrauch fossiler Ressourcen erheblich geringer als bei fossilem PE-LD. Dies gilt sowohl für den attributiven als auch den konsequentiellen Ansatz.
- Unter der Annahme einer direkten und indirekten Landnutzungsänderung kehren sich die Ergebnisse beim attributiven Ansatz um. Beim konsequentiellen Ansatz ist dies nicht der Fall, da die fossilen CO₂-Emissionen der Abfallverbrennung des fossilen PE-LD hier voll zum Tragen kommen, während diese bei attributiven Ansatz weitgehend der ausgekoppelten Energie und nicht dem Beseitigungsprozess zu-alloziert werden.

2. Weitere Indikatoren:

- Versauerungspotenzial:

Attributiver Ansatz: biogenes PE-LD und fossiles PE-LD liegen sehr nahe beieinander

Konsequentieller Ansatz: deutliche Nachteile des biogenen PE-LD

¹⁷ Die attributive Ökobilanz (engl. attributional LCA) beschreibt eine gegebene, häufig die aktuelle, Situation. Dabei werden alle Kuppelprodukte per Allokationsverfahren behandelt, so dass sie mit der ihnen per Allokation zugeordneten Umweltlast das betrachtete Produktsystem verlassen.

Die konsequentielle Ökobilanz (engl. consequential LCA) erhebt den Anspruch, eine zukunftsorientierte Betrachtung zu ermöglichen. Kuppelprodukte werden dabei im Gutschriftverfahren behandelt. Da hierzu eine Erweiterung des Systemraums erforderlich ist, wird das Gesamtmodell erheblich komplexer. Mit einigen Kunstgriffen versucht man daher, dass System wieder zu verkleinern, trifft aber damit wieder implizit eine Allokationsentscheidung.

Siehe dazu auch: <http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAIL-online-12March2010.pdf>

- Eutrophierungspotenzial: deutliche Nachteile des biogenen PE-LD
- Photochemisches Ozonbildungspotenzial:

Attributiver Ansatz: Vorteile für biogenes PE-LD

Konsequentieller Ansatz: biogenes PE-LD und fossiles PE-LD liegen sehr nahe beieinander

Es wurden Varianten betrachtet unter der Annahme von Bio-PE-Herstellung in Marokko und fossiler PE-Herstellung in Schweden.

1. Biogenes PE aus Marokko versus aus Brasilien

- Insgesamt ein verbessertes Umweltwirkungsprofil insbesondere durch die reduzierte Transportentfernung; verringerte Werte vor allem in den Umweltkategorien Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Photochemisches Ozonbildungspotenzial.

2. Fossile PE-Herstellung mit schwedischem Strommix

- Insgesamt ein stark verbessertes Umweltwirkungsprofil insbesondere durch den geringen Anteil an fossilen Energieträgern im Strommix.

Die Ergebnisgrafiken in der Studie zeigten einen Quervergleich von fossilem PE (schwedischer Strom) und biogenem PE unter Anrechnung von Landnutzungsänderungen. In diesem Fall zeigte fossiles PE (schwedischer Strom) insgesamt das günstigste Umweltwirkungsprofil.

4.3.8 Übersichtsökobilanzen zu Bio-PE und PLA

Ergänzend zu den Literaturstudien wurden vom IFEU zwei Übersichtsökobilanzen durchgeführt, um den Kenntnisstand um einen neuen Biokunststoffverpackungswerkstoff (Verpackung aus Bio-PE) und aktuelle Entwicklungen (Verwendung von Lignozellulose-Abfällen für eine Verpackung aus PLA) mit realitätsnahen Verpackungsbeispielen für deutsche Randbedingungen zu untersuchen. Ohne diese Bilanzen wäre eine Bewertung aktueller Entwicklungen mit Bezug auf den deutschen Verpackungsmarkt nicht möglich gewesen. Die Vorgehensweise und die Ergebnisse wurden bereits in Kapitel 4.2 beschrieben.

Im Fallbeispiel „Klappschalen“ wurden Klappschalen aus PLA mit Klappschalen aus PS verglichen. Für beide wurde das gleiche Volumen und Gewicht (15 g / Schale) angenommen. Die Entsorgungswege wurden wie in [Danone 2011] bilanziert.

Für PLA wurde eine Herstellung in Deutschland aus Zuckerrüben bzw. Maisstroh angenommen. Dazu wurde auf Daten aus [Reinhardt et al. 2007] zurückgegriffen. Dort wurde eine PLA-Herstellung aus „Zuckerrübe heute“ und „Zuckerrübe Zukunft“ sowie „Lignozellulose heute“ und „Lignozellulose Zukunft“ bilanziert. Für „Zuckerrübe heute“ dürften die Daten die derzeitigen technischen Möglichkeiten gut abbilden, während „Lignozellulose heute“ gemessen am technischen Stand vermutlich eine sehr optimistische Situation abbildet. Für die Zukunftsszenarien wurde in [Reinhardt et al. 2007] ein Zielhorizont zwischen 2015 und 2020 angegeben.

Im Fallbeispiel „Folienprodukt“ wurde eine flexible Folie aus Bio-PE und fossilem PE verglichen. Für beide wurde eine Folie von 1 m² bei gleichem Gewicht bilanziert. Hinsichtlich der Entsorgung wurde angenommen, dass 50% im gelben Sack mit anschließender stofflicher Verwertung landen. 50% gelangen über den Restmüll in die Abfallverbrennung (s.a. Abb. 12).

Für Bio-PE wurde eine Herstellung in Brasilien auf Basis von brasilianischem Zuckerrohr angenommen. Die benutzten Daten dürften den aktuellen mittleren Stand der Zuckerrohraufarbeitung und Verarbeitung gut abbilden. Die Bio-Ethenherstellung und die Polymerisation basiert auf IFEU-internen Daten sowie Daten aus Prozesssimulationen gemäß [Liptow und Tillman 2009]. Für die Modellierung wird auf ein Lebenswegmodell zur Bio-PE-Herstellung zurückgegriffen, das vom IFEU im Auftrag der Coca-Cola GmbH entwickelt wurde.

4.3.9 Zusammenfassende Bewertung

Flexible Folien

Anhand der analysierten Literatur ergibt sich keine allgemeingültige Aussage im Hinblick auf die ökologische Wertigkeit der Biokunststoffverpackungen im Vergleich zu den konventionellen. Bei Tüten und Taschen findet man in der Praxis häufig größere Folienstärken bei den Biokunststoffen, was zu teilweise stark höheren Gewichten und implizit höherem Materialbedarf führt als bei den konventionellen. Zudem haben diese Folien auch einen Anteil von 40% - 70% an fossilen Komponenten, siehe [Wellenreuther et al. 2009a], der dazu dient, die benötigten Verarbeitungs- und Anwendungseigenschaften einzustellen. Dieser Fall findet sich etwa in [Chaffee et al. 2007].

Die Kombination aus großer Folienstärke und fossilen Anteilen dürfte wesentlich dafür ausschlaggebend sein, dass in diesen Studien die Biokunststofftüten höhere Umweltlasten (auch bei den Treibhausgasen) verursachen als die konventionellen.

Bei [Murphy et al. 2008] stellt sich die Situation etwas anders dar. Hier hat die Biokunststofftüte aus Mater-Bi ein geringeres Gewicht als die PE-HD-Tüte, was aber auch an den ungleichen Größen liegen könnte. Die Mater-Bi-Tüte ist größer und hat dadurch mit Bezug auf die gleiche funktionelle Einheit einen positiven Gewichtsskalierungseffekt. Folienstärken werden in [Murphy et al. 2008] leider nicht berichtet. Unter Annahme, dass beide Tüten nach der Nutzung verbrannt werden, wird die Mater-Bi-Tüte bei [Murphy et al. 2008] als ökologisch besser bewertet. Bei Annahme eines Recyclings der PE-HD-Tüte wird jedoch diese als ökologisch besser bewertet. Die Bewertung erfolgt anhand einer Ein-Indikatormethode und ist daher im Kontext des deutschen Bewertungssystems [UBA 1999] kaum einzuordnen.

Biokunststofftaschen werden in der Praxis durchaus auch mit gleichen Folienstärken wie PE-Folien hergestellt. Aufgrund der höheren Dichte von Stärke und den sonst eingesetzten Polyestern dürfte das Flächengewicht der Folien dennoch um bis zu 30% über dem von Polyethylenfolien liegen.

Bei Mehrschichtfolien ist die Situation deutlich komplexer, da das Flächengewicht je nach Verbundmaterial relativ stark variiert [Hermann 2010]. Für die Mehrschichtfolien lassen sich weder anhand von [Hermann 2010] noch von [Garraín et al. 2007] gesamtökologische Vorteile für die Folien aus bzw. mit Biokunststoffen herleiten.

Folien, die aus Bio-PE hergestellt werden unterscheiden sich hinsichtlich ihrer technischen Eigenschaften nicht von den konventionellen. Ökologisch gesehen haben sie große Vorteile hinsichtlich der Emission von Treibhausgasen und dem Verbrauch fossiler Ressourcen. Dem gegenüber stehen jedoch auch klare Nachteile bei Versauerung, Eutrophierung und Feinstaub-

emissionen. Gesamtökologisch ist also auch hier kein eindeutiger Vorteil der Bio-PE-Folien festzustellen.

Eine pauschale Bewertung ist schwierig, da sich ökologische Vor- bzw. Nachteile von Biokunststoff-Folienprodukten gegenüber konventionellen Produkten letztlich nur im fallspezifischen Vergleich ermitteln lassen. Zu viele Faktoren beeinflussen das Ergebnis der Biokunststoff-Folien:

- Welche Werkstoffe bzw. Werkstoffkombinationen werden eingesetzt?
- Welche Folieneigenschaften sind gefragt (Dehnfestigkeit, Barrierewirkung, etc.)?
- Welchen technischen Entwicklungsstand hat die Produktlinie (Kleinanlagen, Großanlagen)?
- Welche konventionellen Kunststoffe werden verglichen?

Insgesamt vertreten wir jedoch die Einschätzung, dass Biokunststofffolien im Status quo gesamtökologisch keine Vorteile gegenüber den konventionellen Folien aufweisen.

Zu beachten gilt jedoch, dass verschiedene Studien (insbesondere [Wellenreuther et al. 2009a] und [Hermann 2010] auf die durchaus beträchtlichen Optimierungspotenziale bei Biokunststoff-Folien hinweisen. Hierzu zählen die Reduktion der Folienstärken, Verbesserungen in der Materialherstellung oder Energieersparnis durch Verarbeitbarkeit bei niedrigeren Temperaturen. Die in Abbildung 14 gezeigten Optimierungen auf der Materialebene wurden in den analysierten Studien noch nicht vollständig berücksichtigt.

Bei einer vollständigen Umsetzung des schon identifizierten Optimierungsbedarfs könnten Biokunststoff-Folien gegenüber den konventionellen Materialien ökologisch mindestens gleichwertig oder sogar besser abschneiden. Unklar ist im Moment, mit welchen zeitlichen Umsetzungshorizonten hier zu rechnen ist.

Formstabile Verpackungen

Als Biokunststoff kommt hier in der analysierten Literatur lediglich PLA zur Anwendung. Die Materialeigenschaften von PLA ermöglichen in diesem Anwendungsbereich Folienstärken einzusetzen, die unter denen der konventionellen Kunststoffe liegen. Dadurch ist es möglich PLA-Verpackungen herzustellen, deren Gewicht unter dem der konventionellen Verpackungen liegt (s. [Kauertz 2011], [Detzel et al. 2006], [Pladerer et al. 2008]). Abweichend davon sind in [Madival et al. 2009] und [Binder und Woods 2009] die untersuchten Klappschalen bzw. Becher aus PLA schwerer als die aus PS bzw. PP, aber leichter als die aus PET.

Vier der sechs analysierten Studien kommen zu einer relativ einheitlichen Aussage: Die PLA-Verpackungen haben Vorteile bezüglich Klimawandel und fossilem Ressourcenverbrauch und Nachteile bei Versauerung und Eutrophierung sowie Wirkungskategorien mit denen die Toxizitätspotenziale bewertet werden.

Bei [Pladerer et al. 2008] ergeben sich unter deutschen Randbedingungen keine Nachteile bei Versauerung und Eutrophierung. Allerdings gilt dies nur bei einer Abfallverbrennung. Da die Recyclingszenarien hinsichtlich der untersuchten Wirkungskategorien nur unvollständig dokumentiert sind, lässt sich nicht ableiten, ob diese Ergebnisse auch bei einem Recycling von PET- und PS-Bechern Bestand hätten. Bei [Madival et al. 2009] erfolgt die Entsorgung überwie-

gend über die direkte Deponierung, die in Deutschland ohne Relevanz ist. Diese Quelle wird daher hier nicht weiter bewertet.

Für die formstabilen Verpackungen aus PLA lässt sich nach IFEU-Einschätzung im Status Quo daher kein gesamtökologischer Vorteil, aber eben auch kein Nachteil herleiten. Die Ergebnisse von PLA in den Verpackungsökobilanzen sind geprägt von dem Sachverhalt, dass sie sich alle auf die Herstellung von Ingeo im Mittleren Westen der USA beziehen. Die verwendete elektrische Energie hat dort einen hohen Anteil an Kohlestrom, was die relativ hohen Umweltlasten durch Schwefeloxid-, Stickoxid- und Feinstaubemissionen mitprägt. Hinzu kommen die typischen Umweltlasten aus der Landwirtschaft, die ebenfalls stark zu den Wirkungskategorien aquatische und terrestrische Eutrophierung sowie Versauerung beitragen.

Daher war in der Literaturlauswertung auch die Studie von [Groot und Boren 2010] analysiert worden, bei der PLA aus einem anderen Biomasserohstoff und in einer anderen geographischen Region hergestellt wird. Aber auch dort zeigen sich bei Verwendung von Zuckerrohr als Biomasse im Prinzip sehr ähnliche Ausprägungen im ökologischen Vergleich zu fossilen Polymeren. Verschieden Verbesserungsoptionen werden vorgeschlagen, durch die eine ganz erheblich Reduktion der Treibhausgasfreisetzung möglich wäre. Leider fehlen auch hier Informationen zum zeitlichen Umsetzungshorizont.

Die im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführten Übersichtsökobilanzen zeigen, dass bei Verwendung von agrarischen Reststoffen (hier Ernterückstände des Maisanbaus) das Wirkungsprofil von PLA-Verpackungen erheblich verbessert werden kann, da die Umweltlasten aus dem Biomasseanbau quasi entfallen. Dies gilt zumindest dann, wenn man die Bilanzierungsregeln der europäischen Biokraftstoffdirektive (RED) zugrunde legt. Allerdings bedarf es dazu einer guten Effizienz bei Aufschluss und Fermentation der Zucker aus der Lignozellulose. Beim Vergleich einer Klappschale aus PLA mit PS bestehen dann auch über den Lebensweg betrachtet keine Nachteile mehr bei aquatischer und terrestrischer Eutrophierung, Versauerung und Feinstaubemissionen.

Wie das Beispiel der Übersichtsökobilanz für die Zuckerrübe als PLA-Rohstoff zeigt, kann aber durchaus auch mit den „klassischen“ Biomasserohstoffen bei der Umsetzung von Prozessoptimierungen (verbesserte Prozessausbeute, reduzierter Verbrauch an Energie und Prozesschemikalien bei der Herstellung von Milchsäure aus Rübendicksaft) ein Umweltwirkungsprofil für PLA-Klappschalen erreicht werden, bei dem viele der aktuell noch existierenden ökologischen Nachteile gegenüber den PS-Schalen aufgehoben werden. In diesem Fall bleibt jedoch das Problemfeld aquatische Eutrophierung bestehen, da diese ja im Wesentlichen durch den Zuckerrübenanbau bestimmt wird. Emissionsmindernde Maßnahmen in der Landwirtschaft werden somit auch in Zukunft unerlässlich sein.

Mit einer Umsetzung der modellierten „Zukunftstechnologie“ ist erst mittelfristig, und somit nicht vor 2015 bis 2020 zu rechnen.

Kompostierung und Vergärung von bioabbaubaren Kunststoffverpackungen

Hier sollen die Erkenntnisse aus den analysierten Ökobilanzen zu den verschiedenen Entsorgungsoptionen für Biokunststoffverpackungen zusammengefasst werden und mit Blick auf Deutschland bewertet werden.

In mehreren Studien zeigte sich die Kompostierung von bioabbaubaren Kunststoffen bzw. Kunststoffverpackungen gegenüber einer thermischen Verwertung ökologisch unterlegen [Detzel und Krüger 2006], [Würdinger 2002] und [Murphy et al. 2008]. In Hermann lagen Kompostierung und thermische Verwertung nahe bei einander, wenn eine geringe Abbaurate der Kunststoffe während der Kompostierung angenommen wurde. Bei einer hohen Abbaurate schnitt die Kompostierung ungünstiger als die thermische Verwertung ab.

In [Razza et al. 2008] schnitt die Kompostierung (100%) des bioabbaubaren Kunststoffgeschirrs inkl. Essensreste besser ab als die Entsorgung des PS-Geschirrs inkl. Essensreste, das einem Mix aus Deponierung (84%) + Verbrennung (16%) unterzogen wurde. Allerdings wurde in dieser Studie das bioabbaubare Kunststoffgeschirr immer zusammen mit den Essensresten betrachtet. Da das PS-Geschirr auf der Deponie weitgehend inert sein dürfte, werden die Ergebnisse vermutlich stark durch die Emissionen aus der Deponie-Ablagerung der Essensreste bestimmt (z.B. Methanemission).

[Razza et al. 2008] ist daher für einen direkten Vergleich der Entsorgungsoptionen für bioabbaubare Kunststoffe nicht geeignet. Die Studie lässt aber erkennen, dass unter gewissen Randbedingungen mit Hilfe der bioabbaubaren Kunststoffverpackungen auch die zielgerichtete Abfallbehandlung von Bioabfällen ermöglicht wird. Für Deutschland ist der Vergleich der Kompostierung mit einem Verwertungsmix, der einen relevanten Anteil an Deponierung ohne Vorbehandlung enthält, nicht aussagekräftig.

Die Kompostierung als solche ist im Übrigen als stoffliches (nicht jedoch als werkstoffliches) Verwertungsverfahren anzusehen. Umstritten ist, ob mit der Kompostierung von bioabbaubaren Werkstoffen ein stofflicher Nutzen verbunden ist. Nach [Pladerer et al. 2008] beinhaltet etwa PLA-Material keine pflanzenverfügbaren Nährstoffe und liefert auch keinen Beitrag zum Aufbau von Bodenstruktur. Die Kompostierung von PLA wäre demnach als eine reine Entsorgung anzusehen. Die Hersteller bioabbaubarer Werkstoffe vertreten demgegenüber die Auffassung, dass die bioabbaubaren Werkstoffe durchaus an der Strukturbildung beteiligt seien [Wellenreuther 2008b].

Die Kompostierung schneidet gemäß der ökobilanziellen Berechnungen von [Pladerer et al. 2008] ungünstiger ab als die Abfallverbrennung.

Ein wesentlicher Faktor für das ökobilanzielle Ergebnis der Kompostierung von Biokunststoffen ist die Annahme zum erzielten Nutzen. Da Biokunststoffe (im Gegensatz zu Bioabfall aus Haushalten) keine Nährstoffe enthalten, kommt es zu keiner Substitution von Mineraldünger. Der Nutzen könnte damit in der Bodenstrukturbildung (also im Prinzip einer Humusbildung) bestehen, was etwa als Torfersatz angerechnet werden könnte. Bilanzierungstechnisch ist hierfür in erster Linie die Annahme zur Abbaurate relevant.

Da als kompostierbar zertifizierte Biokunststoffe im Labortest einen Abbau von 90% nachweisen müssen, wäre es also naheliegend von einer entsprechenden Abbaurate während der Kompostierung auszugehen. Der direkte Strukturbildungseffekt wäre damit vernachlässigbar. Bei einer auf einer solchen Abbaurate basierenden Abfallbilanzierung von PLA in [Detzel et al. 2006] zeigte sich die Kompostierung als ökologisch nachteiliger im Vergleich zur thermischen Behandlung mit Energierückgewinnung, energetischen Verwertung im Zementwerk oder einer anaeroben Behandlung.

Andererseits wird seitens der Hersteller von Biokunststoffen darauf verwiesen, dass das Abbauverhalten von Biokunststoffen in einer Kompostierungsanlage anders sein könnte, als im Laborversuch. Nach deren Auffassung wäre durchaus auch eine Abbaurate von nur ca. 50% analog zu den Bioabfällen denkbar und somit eine Förderung der Strukturbildung anzunehmen.

In [Pladerer et al. 2008] finden sich auch Ausführungen zur anaeroben Behandlung. Demnach lehnen verschiedene Betreiber von Vergärungsanlagen die Behandlung von PLA-Werkstoffen in ihren Anlagen ab. Als Beispiel wird auf die Wiener Kompostanlage Lobau verwiesen. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass die Vergärung von PLA-Materialien gegenüber der Verbrennung voraussichtlich keine günstigeren Ergebnisse in der Ökobilanz erbringen würde, da dazu neben der Nutzung des Biogases auch eine hochwertige Nutzung des Kompostes erforderlich wäre.

In [Detzel et al. 2006] kommt die Vergärung ökologisch in etwa in den Bereich der thermischen Behandlung. Allerdings wird darauf hingewiesen, dass die Fähigkeit zu einer effizienten Biogasumwandlung von Biokunststoffen erst noch in der Praxis zu belegen sei.

Offene Punkte

Gentechnisch modifizierte Organismen: In den meisten der analysierten Studien gibt es keine Hinweise darauf, ob als Biomasserohstoff für biobasierte Verpackungen auch gentechnisch modifizierte Organismen (GMO) zur Anwendung kommen (Ausnahme: Kurdikar et al. 2002]. In keiner der Studien werden mögliche Umweltweltauswirkungen durch die Freilandverwendung von GMO thematisiert.

Hier ist zu wünschen, dass dies in zukünftigen Ökobilanzen für Biokunststoffverpackungen stärker berücksichtigt wird.

Landnutzungsänderung: In einigen, jedoch längst nicht allen analysierten Studien finden sich Angaben zum Ackerflächenbedarf für die Biomassebereitstellung der dort betrachteten Biokunststoff-verpackungen. Mit Ausnahme von [Liptow und Tilmann 2009] und [Kauertz et al. 2011] wird in keiner der analysierten Studien der Aspekt der direkten oder indirekten Landnutzungsänderung (LUC – land use change) bzw. die damit zusammen hängende Problematik der Flächenkonkurrenz zum Nahrungsmittelanbau berücksichtigt.

Hier wäre zu wünschen, dass in zukünftigen Ökobilanzen die Flächenproblematik wenigstens textlich ausgearbeitet wird und zudem Begründungen geliefert werden, falls Landnutzungsänderungen in der Bilanzierung keine Berücksichtigung finden.

Additive: In den vergangenen Jahren wurden zunehmend Additive entwickelt, die den Biokunststoffen zugesetzt werden, um ein möglichst breites Verarbeitungs- bzw. Anwendungsspektrum zu ermöglichen. In den analysierten Studien wurden diese Additive quasi nicht berücksichtigt. Dies mag aber durchaus daran liegen, dass von den Additivherstellern praktisch keine Informationen zur Zusammensetzung und zum Herstellungsprozess bereitgestellt werden. Allerdings gilt dies auch für die Additive, die den konventionellen Kunststoffen zugesetzt werden.

Hier wäre zu wünschen, dass zukünftig bessere Informationen seitens der Additivhersteller zugänglich gemacht werden.

Wasserproblematik: In einigen, jedoch längst nicht allen analysierten Studien finden sich Angaben zum Wasserbedarf für die landwirtschaftliche Bereitstellung der Biomasserohstoffe. Der

Wasserbedarf alleine gibt jedoch keine Auskunft darüber, ob die jeweilige Wasserentnahme ein Umweltproblem (oder soziales Problem) verursachen könnte (etwa durch Wasserentnahme in Gebieten mit Wasserknappheit bzw. Wasserstress).

Hier wäre zu wünschen, dass in zukünftigen Ökobilanzen für Biokunststoffverpackungen mindestens Angaben zum Wasserbedarf gemacht werden. Idealerweise sollte dies dann jeweils auch im Rahmen der Wirkungsabschätzung aufgegriffen werden.

5 Aspekte der Flächenkonkurrenz

5.1 Szenarien zum Flächenbedarf für Biokunststoffe

Die verstärkte Verwendung der Ressource „Fläche“ für wachsende Einsatzzwecke für Agrar- und Forstprodukte betrifft nicht nur umweltbezogene Aspekte wie den Eingriff in den Naturschutz, die Auswirkungen auf die Biodiversität oder veränderte Kohlenstoffspeicherbedingungen. Vielmehr kommen auch soziale Aspekte in das Blickfeld, da land- und forstwirtschaftliche Flächen je nach Land und Region mit bestimmten Besitzverhältnissen, Produktionsstrukturen und Einkommens-verhältnissen verbunden sind.

In diesem Zusammenhang sei vor allem auf die Konkurrenz der Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen für energetische und stoffliche Zwecke zu der Nahrungsmittelproduktion hingewiesen.

Im vorliegenden Bericht steht die stoffliche Nutzung von Biomasse für Biopolymere zu Verpackungszwecken in Deutschland im Vordergrund. Es stellt sich daher die Frage, ob und wie eine weitere Förderpolitik im Zuge der VerpackV Flächenkonflikte erzeugen bzw. verschärfen könnte. Dazu werden im Folgenden zunächst Überlegungen zum zu erwartenden Flächenbedarf durch Biokunststoffe angestellt.

Der Flächenbedarf bestimmt sich über die Nachfrage nach bzw. den Einsatz von Biokunststoffen. Dafür wurden verschiedene Szenarien angesetzt, die nachfolgend aufgelistet sind:

1. Biokunststoff-Einsatz im Verpackungssektor in Deutschland im Bezugsjahr 2009
[Bio-VP D Status Quo]
2. Biokunststoff-Einsatz im Verpackungssektor in Deutschland (Zeitraum 2011-2015)
[Bio-VP D Nahe Zukunft]
3. Globale Produktionskapazitäten für Biokunststoffe in 2010
[Biokunststoff Kapazitäten Welt 2010]
4. Globale Produktionskapazitäten für Biokunststoffe in 2015
[Biokunststoff Kapazitäten Welt 2015]
5. Biokunststoff-Einsatz im Verpackungssektor in Deutschland bei Ausschöpfung der technischen Substitutionspotenziale bzgl. der konventionellen Kunststoffe
[Substitution VP D (2009)]
6. Biokunststoff-Einsatz bei Ausschöpfung der technischen Substitutionspotenziale bzgl. der konventionellen Kunststoffproduktion Westeuropa 2007; ohne Faserproduktion)
[Substitution KS Westeuropa (2007)]
7. Biokunststoff-Einsatz bei Ausschöpfung der technischen Substitutionspotenziale bzgl. der konventionellen globalen Kunststoffproduktion 2007; ohne Faserproduktion)
[Substitution KS Welt (2007)]

Die Biokunststoffmengen für Szenario 1 und 2 ergeben sich aus den Marktdaten in Kap. 2.1. Die globalen Produktionskapazitäten werden den Angaben in Kap. 2.2 entnommen. Für Szenario 5 werden die Daten zum Kunststoffeinsatz im Verpackungssektor (Kap. 2.1, Abb. 1) verknüpft mit Daten zu den technischen Substitutionspotenzialen durch Biokunststoffe.

Die technischen Substitutionspotenziale sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Daten stammen aus [Pro-Bip 2009].

Tabelle 2: Technische Substitutionspotenziale (ohne Fasern und Nicht-Kunststoffe) von konventionellen Kunststoffen durch Biokunststoffe (Quelle Pro-Bip 2009)

	Stärke-Blends	PLA	PHA	Zellulose-Folien	Bio-PE	Bio-PP	Bio-PET	Bio-PVC	Summe
PE-LD	8%		20%		72%				100%
PE-HD	8%	10%	20%		62%				100%
PP	8%	10%	10%	10%		57%			95%
PET		20%	10%	15%			35%		80%
PVC			10%	10%				80%	100%
PS	8%	10%	20%	10%					48%

In Tabelle 3 sind die sich bei Ausschöpfung dieser Potentiale ergebenden Biokunststoffmengen aufgelistet. [Pro-Bip 2009]

Tabelle 3: Biokunststoff-Einsatz im deutschen Verpackungsmarkt bei Substitution der konventionellen Kunststoffen durch Biokunststoffe (Basis: dt. Kunststoff-Verpackungsmarkt 2009)

	Stärke-Blends [kt]	PLA [kt]	PHA [kt]	Zellulose-Folien [kt]	Bio-PE [kt]	Bio-PP [kt]	Bio-PET [kt]	Bio-PVC [kt]
PE-LD	72,1		180,3		649,3			
PE-HD	40,1	50,1	100,1		310,4			
PP	41,6	51,9	51,9	51,9		296,1		
PET	0,0	64,9	32,5	48,7			113,6	
PVC	0,0		14,2	14,2				113,3
PS	9,1	11,3	22,7	11,3				
SUMME	162,8	178,3	401,8	126,1	959,7	296,1	113,6	113,3

Tabelle 4 gibt die Biokunststoffmengen an, die bei einer Ausschöpfung des Substitutionspotentials von konventionellen für den Verpackungsbereich relevanten Kunststoffen durch Biokunststoffe benötigt würden.

Tabelle 4: Biokunststoff-Einsatz bei Substitution der konventionellen Kunststoffe durch Biokunststoffe (Quelle Pro-Bip 2009; Bearbeitung IFEU)

	Stärke- Blends [kt]	PLA [kt]	PHA [kt]	Zellulose Folien [kt]	Bio-PE [kt]	Bio-PP [kt]	Bio-PET [kt]	Bio-PVC [kt]
Substitution KS Westeuropa (2007)	2177	2575	5496	2452	9742	5361	1213	5148
Substitution KS global (2007)	10304	12270	26348	11953	45746	25593	45756	28224

Zur Umrechnung der Biokunststoffmengen in Flächenbedarf wird vereinfachend ein durchschnittlicher Ertrag von 2,5 t Biokunststoff je Hektar angesetzt [Endres 2009], was einem durchschnittlichen Flächenbedarf von 0,4 ha/t entspräche. Mögliche künftige Ertragssteigerungen sind bei diesem pauschalisierten Ansatz nivelliert.

Tabelle 5: Mengen- und Flächenbedarf der verschiedenen Biokunststoff-Szenarien

	Bio-VP D Status Quo	Bio-VP D Nahe kunft	Zu-	Biokunststoff Kapazitäten Welt 2010	Biokunststoff Kapazitäten Welt 2015	Substitution VP D (2009)	Substitution KS Westeu- ropa (2007)	Substitution KS Welt (2007)
Kt	5,5	21		725	1.709	2.352	34.164	165.864
Tsd. Hektar	2,20	10,4		289	684	941	13.666	66.346

Die derzeitigen Produktionskapazitäten für Biokunststoffe sind in etwa gleichen Teilen auf die Regionen Europa, Nordamerika, Südamerika und Asien/Ozeanien verteilt. Auch der Handel mit Biokunststoffen für den Verpackungssektor ist global. Dies zeigen auch die Lieferketten, die den in den analysierten Ökobilanzstudien untersuchten Verpackungen zugrunde liegen.

Aufgrund der Relevanz der globalen Lieferketten und der global verteilten Produktionskapazitäten soll an dieser Stelle auch der Flächenbezug auf die globale Flächennutzung erfolgen. In Abbildung 32 ist die aktuelle Flächennutzung unterteilt nach Forst- und Ackerflächen sowie dem Anteil der entwickelten Länder und Entwicklungsländer dargestellt. In der Summe wird eine Fläche von 8 727 Mio. Hektar forst- und landwirtschaftlich genutzt.

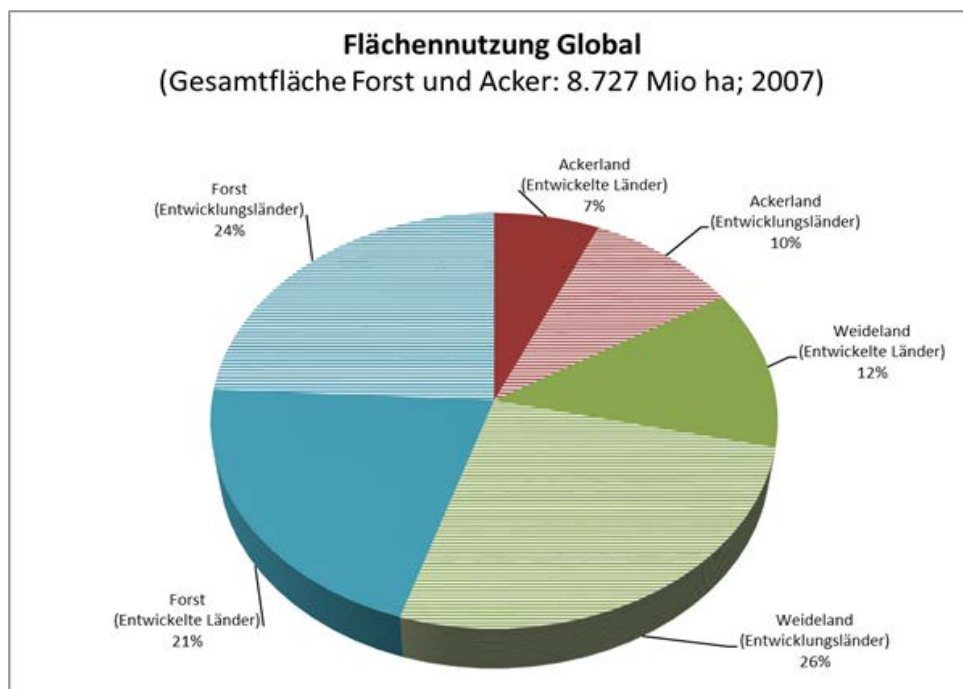


Abbildung 32: Verteilung der globalen Forst- und Ackerflächen, 2007

Quelle: IFEU-Bearbeitung auf Basis von [FAO 2009]

Die Biomasse für Biokunststoffe dürfte derzeit praktisch vollständig aus Anbaubiomasse stammen, wobei es anhand der verfügbaren Daten nicht möglich ist zu sagen, welchen Anteil die Ackerflächen in den Entwicklungsländern dabei haben. Für die weitere Darstellung wurde der Flächenbedarf der Biokunststoffszenarien zum einen auf die gesamte globale Ackerfläche zum anderen auf die Ackerfläche der entwickelten Länder bezogen (Abbildung 32).

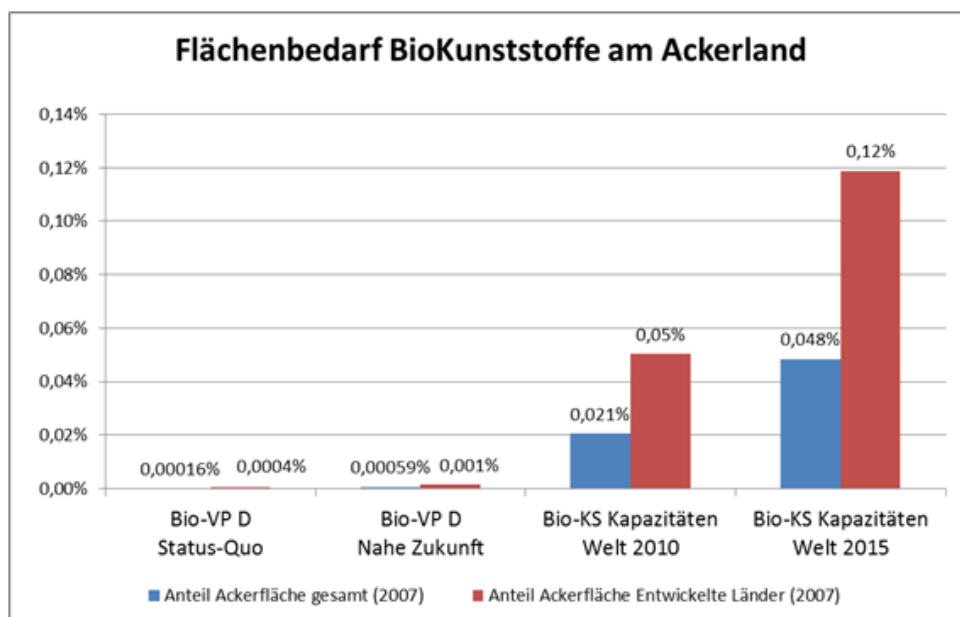


Abbildung 33: Flächenbedarf Biokunststoffe bezogen auf das globale Ackerland

Quelle: IFEU-Bearbeitung

Der durch die in Deutschland im Status Quo und in der nahen Zukunft vermarkteten Biokunststoffverpackungen verursachte Flächenbedarf ist mit einem Anteil von unter 0,001% an der globalen Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen verschwindend gering (Abbildung 33). Betrachtet man die aktuellen globalen Produktionskapazitäten für alle Biokunststoffe, so benötigen diese einen Anteil von 0,02% bis 0,05% der globalen Ackerfläche.

Würde man die in Deutschland konsumierten Kunststoffverpackungen, also die konventionellen sowie solche aus Biokunststoffen, soweit wie technisch möglich durch Biokunststoffe ersetzen, läge der Flächenbedarf deutlich unter 1% der globalen Ackerfläche (Abbildung 34). Erst bei einer Substitution des westeuropäischen bzw. des globalen Kunststoffbedarfs (Stand 2007) würden nennenswerte bis erhebliche Flächenanteile zwischen 1% bis 12% der globalen Ackerfläche benötigt werden.

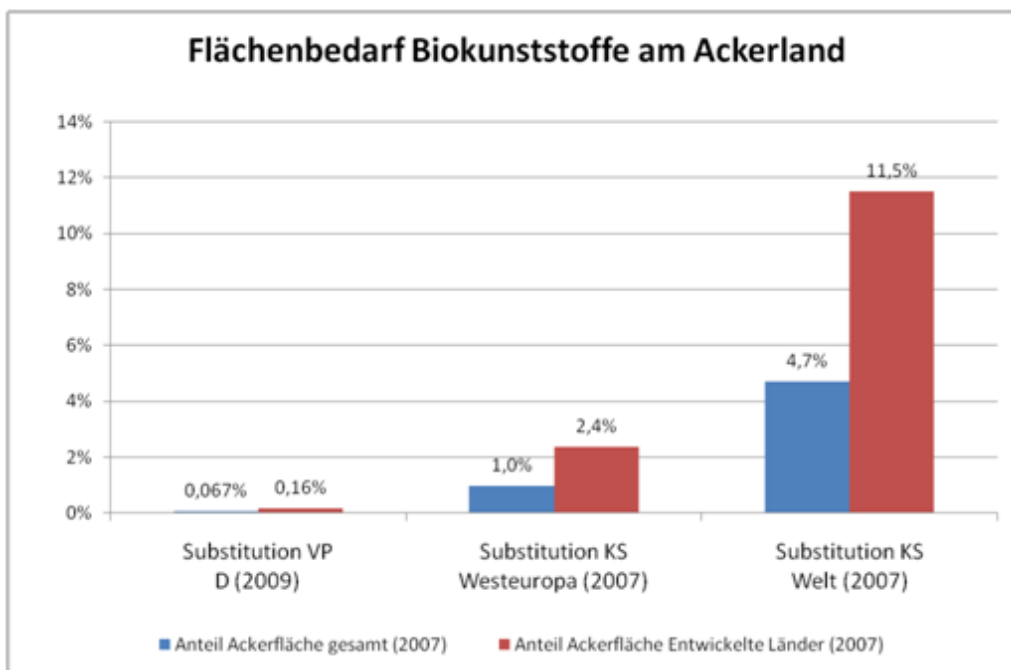


Abbildung 34: Flächenbedarf Biokunststoffe bezogen auf das globale Ackerland

Quelle: IFEU-Bearbeitung

5.2 Flächenbedarf für Biokraftstoffe

In der aktuellen Diskussion um Nutzungskonkurrenzen stehen vor allem die Biokraftstoffe im Blickpunkt. In Abbildung 35 wird die globale Ackerflächennutzung nach groben Nutzungskategorien unterschieden. Der globale Flächenbedarf für Biokraftstoffe liegt bei 25-30 Mio. ha [de Greef 2009] bzw. [BMVBS 2010] und beträgt demnach ca. 2% der globalen Ackerfläche.

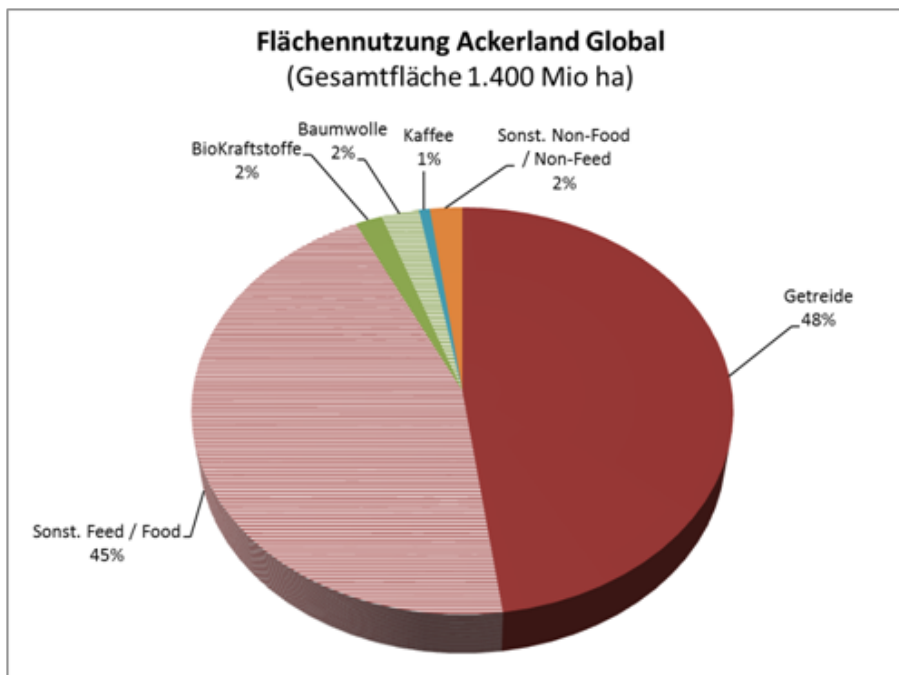


Abbildung 35: Flächennutzung Ackerland nach Bereichen, 2007

Quelle: IFEU-Bearbeitung auf Basis von [FAO 2009], [de Greef 2009]

Der Ackerflächenbedarf würde jedoch bei Umsetzung der bestehenden Biokraftstoffziele erheblich ansteigen. Dies ist in Abbildung 36 ersichtlich.

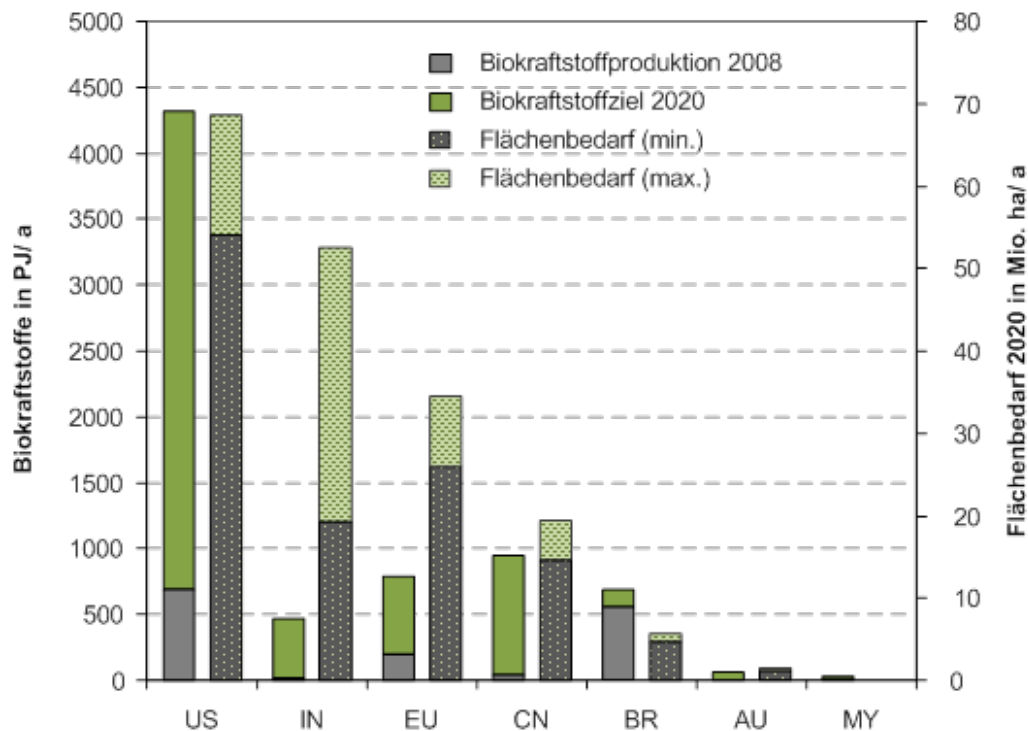


Abbildung 36: Biokraftstoffziele und derzeitige Produktion

Quelle: Deutsches Biomasse Forschungszentrum (DBFZ) 2009

Der Flächenbedarf würde sich dann bis zum Jahr 2020 auf 120-180 Mio ha/a erhöhen. Dies entspräche 8%-13% der globalen Ackerfläche. Die Daten in Abbildung 36 beruhen auf Abschätzungen des Deutschen Biomasse Forschungszentrums (DBFZ) in Leipzig basierend auf weltweiten Biokraftstoffzielen gemäß Angaben der International Energy Agency IEA.

5.3 Die „Tank versus Teller“-Diskussion

Der zuvor genannte Anteil der Flächennutzung für Biokraftstoffe von 2% erscheint auf den ersten Blick als relativ gering. Dennoch steht die Biokraftstoffproduktion bzw. -nutzung derzeit stark in der Kritik. Dabei ist jedoch zu beachten, dass dieser Zahl eine starke Produktionszunahme innerhalb nur weniger Jahre zugrunde liegt.

Die globale Produktion von Bioethanol als Kraftstoff hat sich seit 2000 bis 2007 verdreifacht auf 52 Mrd. Liter ($\sim 1,2$ Exajoule [EJ]). Die größten Produzenten sind die USA (51%, aus Mais) und Brasilien (36,5%, aus Zuckerrohr). Der Anteil der Europäischen Union ist mit 4,4% (aus Zuckerrüben und Weizen) deutlich geringer. Die globale Produktion von Biodiesel hat sich seit 2000 bis 2007 verzehnfacht auf 10,2 Mrd. Liter ($\sim 0,32$ EJ) [WBGU 2008]. Bioethanol ist zudem auch eine wichtige Basischemikalie für die neue Generation von biobasierten Biokunststoffen, wie Bio-PE und Bio-PET.

Im gleichen Zeitraum sind auch die Preise für landwirtschaftliche Erzeugnisse angestiegen. Beispielsweise sind die Nahrungsmittelpreise zwischen 2005 und 2008 um durchschnittlich 83% gestiegen [WBGU 2008]. Zum Einfluss der gestiegenen Nachfrage nach Biokraftstoffen auf die beobachteten Preiserhöhungen werden in [WBGU 2008] verschiedene Schätzungen zitiert: einen Einfluss von 2-3% sieht das US-Landwirtschaftsministerium; die Weltbank schätzt dem gegenüber den Einfluss auf 75% [Mitchell 2008]. Die Weizenpreise sieht das International Food Policy Research Institute (IFPRI) zu 30% durch die Biokraftstoffnachfrage bedingt; die OECD nennt einen Einfluss von 5% für Weizen, 7% für Mais und 19% für pflanzliche Öle.

[OECD Outlook 2011] nennt folgende Aspekte als die Schlüsselfaktoren für die Volatilität der Preise für Agrarerzeugnisse:

- Wetterbedingungen und Klimaveränderung
- Die Höhe der Lagerreserven (diese hatten in den vergangenen Jahren stark abgenommen)
- Energiepreise, insbesondere der Ölpreis
- Wechselkurse
- Steigende Nachfrage (Faktoren: Kaufkraftzunahme in Schwellenländern, Bevölkerungswachstum)
- Ressourcendruck (z.B. rückläufige Ertragssteigerungen, Wasserverfügbarkeit)
- Handelsbeschränkungen
- Spekulation (Lebensmittelhandel an den Terminbörsen)

[WBGU 2008] schätzt die Datengrundlage allgemein als unsicher ein: Das mache es schwer, zukünftige Entwicklungen zum Einfluss der Biokraftstoffe abzuschätzen. Zwar sei mit dem Ausbau der Bioenergieproduktion mit einem zunehmend steigenden Einfluss auf die Nahrungsmittel-

telpreise zu rechnen, aber die Vielzahl an Untersuchungen ließen keine genaue Quantifizierung der komplexen Effekte zu.

Die jüngste Studie von [IPFRI 2011] bestätigt vorherige Erkenntnisse, dass bei Umsetzung der politischen Biokraftstoffquotenziele der EU ein relevanter Anteil an zusätzlicher Landnutzungsänderung erfolgen muss. Umgelegt auf die Treibhausgasbilanz würden dadurch mehr als zwei Drittel der Einsparung gegenüber fossilen Kraftstoffen verloren gehen. Dabei verhalten sich die Ergebnisse je nach Agrarprodukt unterschiedlich. Für Zuckerrohr (Ethanol) werden relevante Zuwachsraten mit nur geringem zusätzlichem Flächenbedarf abgeleitet, während sich die Resultate für Ölpflanzen deutlich ungünstiger abzeichnen.

Auch wenn die Zusammenhänge zwischen zusätzlichem Anbau und Verdrängungseffekten in der Nahrungsmittelproduktion nur anhand von Modellen mit entsprechend hohen Unsicherheiten beschrieben werden und dabei nur teilweise auf den Biokraftstoffboom zurückzuführen sind, ist unzweifelhaft, dass –bei sonst gleichen Randbedingungen (gleiche Produktivität, gleicher Nahrungsmittelbedarf, etc.)– eine Nachfragesteigerung durch Biokraftstoffe kurzfristig zu einer Verknappung führt, die eine Preissteigerung verursachen kann. Im Grunde gilt dies mittelfristig auch für Biokunststoffe aus Anbaubiomasse.

Mit Blick auf Biokunststoffe ist jedoch eine weitere wichtige Erkenntnis von [IFPRI 2011] zu nennen. Die Studie zeigt, dass die effektive Höhe des Bedarfs an Biomasse ein maßgeblicher Faktor für das Auftreten und das Ausmaß indirekter Landnutzungsänderung ist. Die Höhe eines spezifischen „ILUC-Faktors“ fällt nach diesen Modellierungen umso höher aus, je größer die Nachfrage ist und verhält sich somit nicht linear. Fällt das Bedarfspotenzial der Biomasse geringer aus (z.B. Absenken der Quoten), verringert sich auch der spezifische Wert für ILUC. Dies ist bei der Bewertung von Biokunststoffen, deren Massenströme gegenüber der Bioenergie, wie oben gezeigt deutlich niedriger liegen, zu bedenken.

Insgesamt wird der Nachfragedruck zukünftig aber auch weiter durch das Bevölkerungswachstum und durch veränderte Ernährungsgewohnheiten, besonders der globalen Zunahme des Fleischkonsums, entstehen. So benötigt Fleisch für die gleiche Energiemenge erheblich mehr Fläche als Getreide. Schon heute machen Weideland plus Ackerland für Futtermittelzwecke 80% der weltweiten landwirtschaftlichen Flächennutzung aus [WBGU 2008].

Es ist zu erwarten, dass die gesteigerte Nachfrage nach Biomasse letztlich eine Erhöhung des Angebots auslösen wird. Dabei wird es vermutlich zu einer Intensivierung des Ackerbaus und einer Ausweitung der Agrarflächen (und damit zu Landnutzungsänderungen, direkt oder indirekt) kommen, wie insbesondere [IFPRI 2011] zeigt.

Zum letzten Punkt werden in [WBGU 2008] verschiedene Quellen zitiert: Eine Prognose beläuft sich auf eine zusätzliche Flächenumwandlung in Kulturland von 500 Mio. Hektar bis zum Jahr 2020 (vermutlich zum größeren Teil aus Brachflächen, zum kleineren Teil aus Wald). Stattdessen soll dies vor allem in Lateinamerika und in Afrika südlich der Sahara. Die Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) wird zitiert mit einer Prognose zur Ausweitung der globalen Flächen zur Nahrungsmittelproduktion von 120 Mio. ha bis zum Jahr 2030.

[Wahmhoff 2009] erwähnt, dass es weltweit 400 Mio. ha Brachflächen gibt (davon in Russland ca. 50 Mio. ha). Er verweist aber auch darauf, dass die globale Ackerfläche in Zukunft möglicherweise nicht zu steigern sein wird, ohne dass die ökologischen Kosten immens wären.

In diesem Zusammenhang sind auch die in [BMVBS 2010] berechneten Szenarien von Interesse. Anhand von vier Szenarien werden dort die globalen Agrarflächenpotenziale und die Biomasepotenziale abgeschätzt (Abbildung 37).

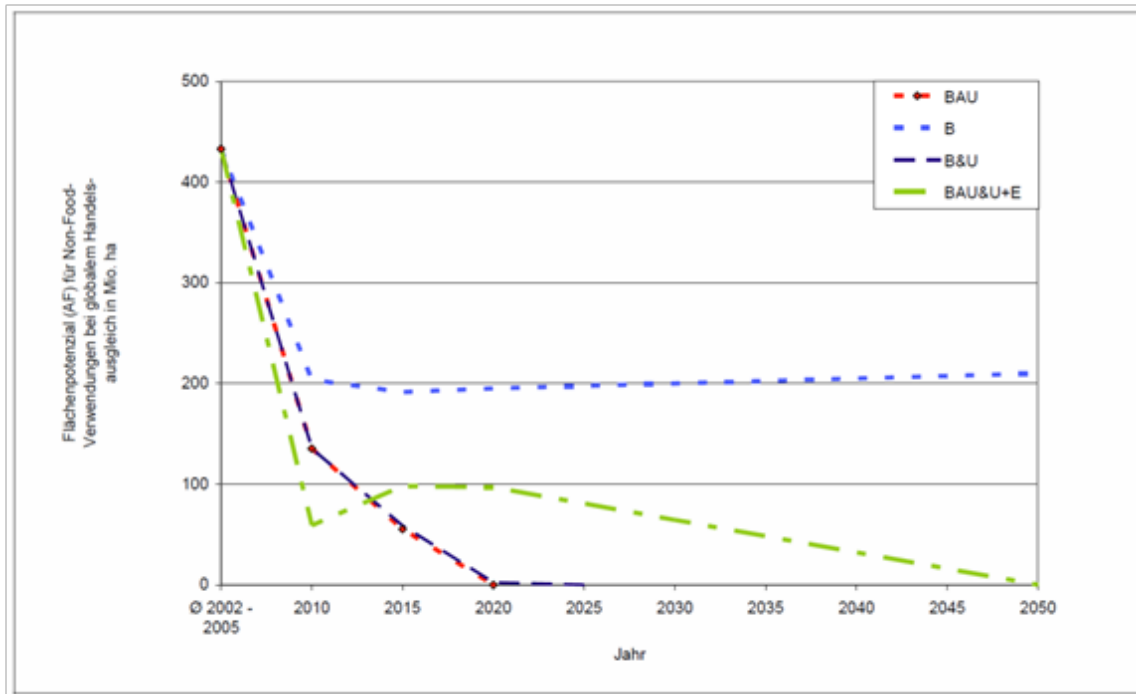


Abbildung 37: Globales Flächenpotenzial (Ackerfläche) für Non-Food-Verwendungen bei globalem Handelsausgleich
Quelle: BMVBS 2010

Die Szenarienkürzel lesen sich dabei wie folgt (siehe auch Auflistung der Grundannahmen der Szenarien im Anhang IV):

BAU (Business as usual): Fortschreibung der kurz- und mittelfristigen Trends

B (Bioenergieszenario): Energetische Nutzung von Biomasse wird stark forciert. Es kommt zu Investitionen mit der Folge weiterer Ertragssteigerungen, Ausdehnung der Agrarflächen und einem verstärkten Anbau ertragsstarker Kulturen

B & U (Bioenergie und Umwelt): Bioenergie mit erhöhten Umwelt- und Naturschutzrestriktionen

BAU & U+E: Business as usual mit erhöhten Umwelt- und Naturschutzrestriktionen und zusätzlich noch mit Ernährungswandel (weniger Fleischkonsum)

Als Randbedingung liegt allen Szenarien zugrunde, dass ein globaler Handelsausgleich angenommen wird, mit dem eine globale Ernährungssicherheit sichergestellt wird. Dabei werden Flächen vorrangig der Ernährungsversorgung gewidmet. Erst die übrig bleibenden Flächen stehen für energetisch nutzbare Agrarbiomasse zur Verfügung.

Gemäß Abbildung 37 stehen dann im Szenario BAU, d.h. ohne eine besondere Zunahme der Ertragssteigerung sowie der Ausdehnung der Agrarflächen, ab dem Jahr 2020 keine Flächen

mehr für energetisch nutzbare Agrarbiomasse zur Verfügung. Nimmt man an, dass zwar einerseits zusätzlich noch Umwelt- und Naturschutzbelange berücksichtigt, andererseits aber ein stark reduzierter Fleischkonsum stattfinden würde (BAU&U+E) würden die verfügbaren Flächen bis zum Jahr 2050 stetig bis zum Nullpunkt abnehmen.

Nur beim Bioenergieszzenario (B) stehen langfristig 200 Mio. Hektar bereit. Dabei würde dann aber auf Umwelt- und Naturschutzbelange kaum Rücksicht genommen. Berücksichtigt man diese (siehe: B+U), so ist der abnehmende Flächenverlauf dem BAU-Szenario vergleichbar.

Abbildung 38 zeigt die sich aus den Szenarienannahmen ergebenden Energiepotenziale aus landwirtschaftlicher Biomasse. Ab dem Jahr 2020 stehen lediglich im Biokraftstoffszenario noch ca. 16 EJ zur Verfügung, langfristig ca. 22 EJ. Hauptbiomassen wären dabei Getreide und Zuckerrohr, die ja auch als Stärkelieferant und Grundstoff für die Bioethanolherstellung für die Biokunststoffproduktion nutzbar wären. Langfristig kommen auch noch Soja und Ölpalme als relevante Biomassen hinzu.

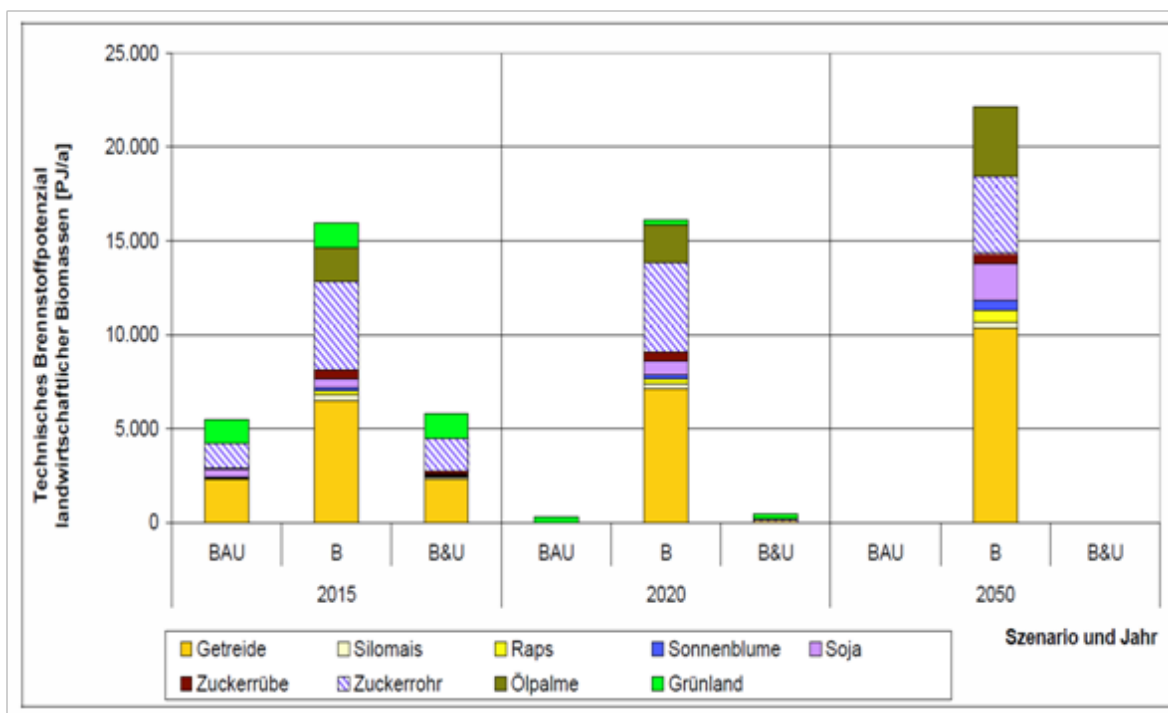


Abbildung 38: Technisches Brennstoffpotenzial von landwirtschaftliche Biomassen 2015, 2020 und 2050, Szenario „BAU“, „B“ und „B&U“ mit Handelsausgleich, aufgeschlüsselt nach den verschiedenen Fruchtarten

Quelle: BMVBS 2010

In den genannten Zahlen sind die forstwirtschaftliche Produktion sowie die Nutzung von Abfällen und Reststoffen nicht enthalten. Nach [WWF 2009] beträgt das globale technisch-nachhaltige Potenzial zw. 80 und 170 EJ pro Jahr; davon ca. 50 EJ aus Abfällen und Reststoffen.

Die dargestellten Zahlen zeigen, dass schon die globale Ernährungsversorgung zu einem erheblichen zusätzlichen Bedarf an Anbaubiomasse (direkt oder indirekt über den Fleischkonsum) führen wird. Eine zusätzliche Nachfrage für „Non-Food-Verwendungen“ wird daher mit großer Wahrscheinlichkeit auch Preissteigerungen zur Folge haben.

Bezüglich der Biokraftstoffe kommt das Umweltbundesamt auf der Basis eines Forschungsvorhabens [UBA Texte 34/2009] zu folgenden Schlussfolgerungen [UBA 2009b]:

„Es konnte gezeigt werden, dass vor allem eine verstärkte Biokraftstoffnutzung ihre Grenze an der knappen Ressource „landwirtschaftliche Nutzfläche“ findet und deshalb ab einer bestimmten Menge nicht mehr zu einer Klimaentlastung, sondern zu einer Verschärfung der Klimaprobleme führen könnte. Die immer noch wachsende Weltbevölkerung führt außerdem zu einer weiteren Pro-Kopf-Verknappung der global verfügbaren Flächen.“

5.4 Fazit hinsichtlich der Biokunststoffe

Eine Bewertung des Nachfrageeffektes durch Biokunststoffe im Allgemeinen und durch Biokunststoffverpackungen im Besonderen ist vor dem Hintergrund der zuvor diskutierten Informationen kaum belastbar möglich. Bei Biokunststoffen für Verpackungsanwendungen sind Mais, Kartoffeln und Weizen sowie Zuckerrohr und mittelfristig vermutlich auch Zuckerrüben die wichtigsten Anbaubiomassen. Nimmt man die bis 2015 geplanten Produktionskapazitäten für Biokunststoffe als Bezugsgröße, ist kurzfristig nicht von einem besonderen Nachfragedruck durch Biokunststoffe auszugehen.

Die Situation wird sich jedoch langfristig verschärfen, falls die globale Polymerherstellung zukünftig auf eine biogene Kohlenstoffchemie aufgesetzt wird. Die Biokunststoffhersteller wollen dem entgegenwirken, indem vermehrt Abfallreststoffe als Rohstoffbasis herangezogen werden. Entsprechende Aussagen wurden auch bei der Akteursbefragung gemacht. Technisch bedarf es dafür der Entwicklung ökonomisch tragfähiger Technologien zum effizienten Zuckeraufschluss aus Lignozellulose.

In den kommenden Jahren wird die Nachfrage nach agrarischer Biomasse viel stärker durch die Biokraftstoffherstellung als durch die Biokunststoffherstellung geprägt sein. Allein für die Umsetzung der bis zum Jahr 2020 reichenden globalen Biokraftstoffziele werden mindestens 120 Mio. Hektar Agrarfläche benötigt werden. Auch wenn sich bis zu diesem Zeitpunkt die globale Biokunststoffproduktion im Vergleich zu der im Jahr 2015 prognostizierten Kapazität von 1,7 Mio. Tonnen auf 3,4 Mio. Tonnen verdoppeln würde, läge der Agrarflächenbedarf mit 1,37 Mio. Hektar (ca. 0,1% der globalen Agrarfläche) deutlich unter dem Flächenbedarf der Biokraftstoffe.

In jedem Fall sind an die Biomasseproduktion für Biokunststoffe die gleichen Nachhaltigkeitsanforderungen wie für die Biokraftstoffe zu stellen, analog zur europäischen Erneuerbare Energie-Richtlinie (2009/28/EG). Die dort formulierten Nachhaltigkeitsanforderungen lauten:

- Mindestens 35% Einsparung an Klimagasen gegenüber fossilen Kraftstoff
- Ausschluss von Flächen, die vor 2008 Primärwald, sonstiger Wald, biodiverses Grünland, Feuchgebiete, Torfmoor waren („No-go-Areas“).
- Gute fachliche Praxis (Cross Compliance, in der EU)
- Der Nachweis über die Herstellungskette muss über ein Massenbilanzverfahren erbracht werden. Der Nachweis erfolgt über ein Zertifizierungssystem.

Hinzu kommen Berichtspflichten zu:

- Auswirkungen auf Boden, Wasser und Luft
- Wasserverfügbarkeit (z.B. Hinweise auf Wasserknappheit)
- Umsetzung der Kernarbeitsnormen der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO)
- Einhaltung des Washingtoner Artenschutzübereinkommen (CITES-Abkommen)
- Einhaltung des Cartagena-Protokolls zur Umsetzung der Biodiversitäts-Konvention

Dies ist auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass die Umwandlung tropischer Wälder die primäre Quelle für neue Landwirtschaftsflächen in den 1980er und 1990er Jahren waren. Weideflächen und gemanagte Wälder sind aktuell als Hauptquellen für die Ausdehnung von Agrarflächen anzusehen, gefolgt (in abnehmender Reihe) von Savanne, Grasland und Primärwäldern [B&FN 2011].

Insbesondere das Kriterium der No-go-Areas – Schutzgebiete, deren landwirtschaftliche Nutzung per se ausgeschlossen ist – kann heute schon direkt auf die Biokunststoffe angewendet werden. Zu erwähnen wäre hier auch das Pilotprojekt von Danone, die in Zusammenarbeit mit dem WWF eine Nachhaltigkeitszertifizierung gemäß dem Zertifizierungssystem International Sustainability and Carbon Certification (ISCC) anstreben, das kürzlich von der EU als RED-konform anerkannt wurde.

Sofern die EU Kommission die oben genannten Anforderungen um eine Komponente „indirekte Landnutzungsänderung“ (ILUC) erweitern sollte, wäre dies in gleicher Weise auch auf die Biomasseproduktion für Biokunststoffe heran zu ziehen. Welcher Art diese Komponente sein könnte, ist derzeit völlig offen. Erwartet wird eine Entscheidung im Jahr 2012. Zu beachten ist jedoch, dass die deutlich geringeren Nachfrageeffekte der Biokunststoffe gegenüber der Bioenergie allein für sich genommen u.U. solche indirekten Effekte nicht annähernd in dem Maße induzieren könnten, wie die auf die Biokraftstoffe bezogenen ökonometrischen Modellrechnungen von IFPRI und anderen nahe legen. In einem gemeinsamen Biomasse-Rohstoffmarkt sind jedoch nur in Ausnahmefällen Unterscheidungen hinsichtlich der späteren Nutzung (energetisch, stofflich, Nahrung/Futtermittel) bereits auf der Ebene des Anbaus möglich. Darum ist eine Gleichbehandlung bei der Bewertung grundsätzlich gerechtfertigt.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Dieses Kapitel wird im vorliegenden Bericht anhand eines „Fragen und Antworten“-Ansatzes bearbeitet. Damit wird der Versuch unternommen, zentrale Fragen des Forschungsvorhabens und zum politischen Umgang mit Biokunststoffen im Rahmen der VerpackV entscheidungsorientiert und in stark fokussierter Form zu diskutieren.

Die Fragen:

1. Wie stellt sich der deutsche Markt für Biokunststoffe im Status quo (Bezug 2009) dar? Welche weiteren Entwicklungen sind für die Zukunft zu erwarten?
2. Wie stellt sich die Situation der Entsorgung von Biokunststoffverpackungen im Status quo (Bezug 2009) dar?
3. Wie könnte sich die Situation der Entsorgung von Biokunststoffverpackungen in Zukunft darstellen?
4. Hat die Sonderregelung der VerpackV die Marktentwicklung von Biokunststoffverpackungen in Deutschland gefördert?
5. Welche Hindernisse bestehen für die Marktentwicklung von Biokunststoffverpackungen in Deutschland?
6. Besteht weiterhin Bedarf für eine Sonderbehandlung von Biokunststoffverpackungen im Rahmen der VerpackV?
7. Ist eine Sonderbehandlung von Biokunststoffverpackungen aus ökologischer Sicht gerechtfertigt?
8. Könnte eine weitere Sonderbehandlung von Biokunststoffverpackungen zu negativen ökologisch-sozialen Auswirkungen führen?
9. Wie wäre eine Weiterführung der Sonderregelung zu gestalten?

1. Wie stellt sich der deutsche Markt für Biokunststoffe im Status quo (Bezug 2009) dar? Welche weiteren Entwicklungen sind für die Zukunft zu erwarten?

Im Bezugszeitraum 2009 hatten die Biokunststoffverpackungen einen Anteil von maximal 0,5% am deutschen Kunststoffverpackungsmarkt. Es überwogen dabei bioabbaubare Verpackungen aus Stärke-Blends und Verpackungen aus PLA bzw. PLA-Blends. Die Blends enthielten neben den genannten biobasierten Materialien zusätzlich bioabbaubare fossile Komponenten.

Es kamen hauptsächlich flexible Folien und Loose-Fill Materialien zur Anwendung. Ein kleinerer Teil der Biokunststoffverpackungen waren Becher und Schalen aus PLA, bei denen bis zu 5% fossile Additive zugesetzt wurden. Bei den Loose-Fill Packmitteln lag der Anteil an fossilen Komponenten schätzungsweise bei 13%, bei den flexiblen Folien zwischen 40%-50%.

Es waren nach unserer Erkenntnis im Jahr 2009 keine biologisch abbaubare Getränkeverpackungen auf dem Markt. In nächster Zukunft werden jedoch Getränkeflaschen aus Biokunststoffen einen größeren Marktanteil gewinnen. Mit Bio-PET und Bio-PE werden dabei teilweise oder fast vollständig biobasierte Werkstoffe zum Einsatz kommen, die jedoch nicht bioabbaubar sind. Ihre Eigenschaften sind denen der stoffgleichen konventionellen Kunststoffe

quasi identisch. Sie sind daher nach ihrer Inverkehrbringung von den analogen konventionellen Verpackungen nicht mehr zu unterscheiden¹⁸.

Insgesamt wird der Anteil von Biokunststoffverpackungen am deutschen Kunststoffverpackungsmarkt im Zeitraum 2011 bis 2015 auf ca. 1%-2% zunehmen. Neben den Getränkeflaschen dürften Becher und Schalen deutlich zulegen. Auch bei den flexiblen Folien bestehen weiterhin Wachstums-erwartungen. Auch hier wird vermutlich vermehrt Bio-PE zum Einsatz kommen.

Insgesamt ist ein Trend zu biobasierten aber nicht bioabbaubaren Verpackungen aus Bio-PE und Bio-PET festzustellen. Bei den formstabilen PLA-Verpackungen scheint der Aspekt der Bioabbaubarkeit in der Marktbewertung der Produkte zugunsten einer Strategie in Richtung roh- bzw. werkstofflicher Verwertung an Bedeutung zu verlieren.

Schon im Zeitraum 2011 bis 2015 könnte sich der angedeutete Trend in einem jedoch überschaubaren Ausmaß verstärken, wenn die im Jahr 2011 eingeführten Biokunststoffverpackungen der Markenartikler einen Markimpuls auslösen. Auch über das Jahr 2015 ist eine Zunahme der Biokunststoffverpackungen zu erwarten.

Eine wichtige Voraussetzung dafür wird eine entsprechende Materialverfügbarkeit sein. Andererseits wird der Kunststoffverpackungsmarkt angesichts der sich andeutenden Verknappung von Erdöl langfristig ohnehin auf ein überwiegend biogenes Kohlenstoffgerüst angewiesen sein.

2. Wie stellt sich die Situation der Entsorgung von Biokunststoffverpackungen im Status quo (Bezug 2009) dar?

Der Abfall an Biokunststoffverpackungen fällt hauptsächlich in den privaten Haushalten an. Dort gelangt er entweder in den gelben Sack, in den Restabfall oder in den Biomüll.

In der vorliegenden Studie gehen wir von der Prämisse aus, dass der Verbraucher diese größtenteils analog zu den konventionellen Kunststoffverpackungen behandelt. Wir nehmen an, dass eine gesonderte Handhabung von Biokunststoffverpackungen seitens des Verbrauchers am ehesten bei bioabbaubaren Tüten stattfindet, die zur Bioabfallsammlung genutzt werden. Hier kann man durchaus annehmen, dass diese zusammen mit dem Inhalt in die Biotonne gelangen.

Hinsichtlich der Wertstoffsammlung nehmen wir an, dass die flexiblen Folien zu 50%, die Becher/Schalen zu 80% im gelben Sack landen. Die verbliebene Menge würde dann in die Abfallbehandlung via MVA oder Kompostierungsanlage gelangen; zu welchen Anteilen ist jedoch nur schwer einzuschätzen. Letztlich dürften aber auch mit dem Biomüll gesammelte Biokunststoffe in die Müllverbrennung gelangen, da sie in den meisten deutschen Kompostierungs--anlagen aussortiert werden.

Gebrauchte Biokunststoffverpackungen aus der Wertstoffsammlung werden im Referenzjahr 2009 nicht in Ziel- bzw. Monomaterialfraktionen sortiert. Sie werden vermutlich zu einem grö-

¹⁸ Unterscheidung vermutlich nur noch mittels C14-Messungen möglich

Beren Teil zusammen mit den konventionellen Kunststoffen zu Ersatzbrennstoff aufgearbeitet und letztlich energetisch in Zementwerken verwertet.

Insgesamt ist der Kenntnisstand zur Entsorgungssituation von Biokunststoffverpackungen sehr limitiert. Hier besteht Verbesserungsbedarf, da die aktuelle Lage ein gezieltes Abfallmanagement deutlich erschwert.

Man kann sicherlich sagen, dass insgesamt ein hoher Anteil der Biokunststoffverpackungen einer Verwertung zugeführt wurde; überwiegend jedoch über Müllverbrennungsanlagen mit Energierückgewinnung und teilweise auch über die energetische Verwertung überwiegend in Zementwerken.

Die Erwartung, dass die Vorgabe der VerpackV zur Entwicklung von Entsorgungsstrukturen eine stärkere Gewichtung der Kompostierung gebrauchter Biokunststoffverpackungen bewirken würde, wurde nicht erfüllt.

3. Wie könnte sich die Situation der Entsorgung von Biokunststoffverpackungen in Zukunft darstellen?

Folgende Entwicklungen könnten in den kommenden Jahren stattfinden:

- A. Nicht bioabbaubare Biokunststoffverpackungen aus Bio-PE, Bio-PP und Bio-PET werden wie stoffgleiche konventionelle Kunststoffe behandelt und in die gleichen Entsorgungswege münden. Sie werden damit unter anderem auch werkstofflich recycelt werden.
- B. Für bioabbaubare Verpackungen bzw. Verpackungsbestandteile aus Monomaterialien (derzeit vor allem PLA- und ggf. PHA-Verpackungen) besteht grundsätzlich die Option einer werkstoffspezifischen Trennung im Zuge der Polymererkennung. Dazu müssen die Trennvorrichtungen auf eine entsprechende Positivsortierung eingestellt werden. In der Praxis findet eine solche Trennung aufgrund zu geringer Materialmengen derzeit nicht statt. In Zukunft wird sich das sicherlich ändern; ein Zeithorizont kann dafür momentan nicht angegeben werden.
- C. Für bioabbaubare Verpackungen aus Materialgemischen, vor allem stärkebasierte und PLA-basierte Copolymere sowie Mehrschichtfolien auf Zellulosebasis dürfte auch in nächster Zukunft keine gezielte Entwicklung in Richtung stoffliches Recycling zu erwarten sein. Die Werkstoffe enthalten unterschiedliche Gehalte an Stärke, verschiedene Stärketypen (Maisstärke, Kartoffelstärke), verschiedene fossile Copolymere (PBAT, PVOH) und verschiedene Zuschlagstoffe. Damit sind sie insgesamt sehr heterogen und damit für eine stoffgruppenspezifische Positivsortierung sowie für stoffliche Recyclingverfahren wenig geeignet.

Für eine stärkere Gewichtung der Kompostierung bzw. der Vergärung müssten diese Verpackungen gezielt über die Bioabfallschiene entsorgt werden. Dies wiederum bedürfte einer gezielten Informationspolitik auf Seiten bzw. unter Einbindung der Kommunen, etwa um eine Zunahme einer Verunreinigung des Bioabfalls mit nicht bioabbaubaren Kunststoffen zu vermeiden. Die Novelle der Bioabfallverordnung könnte hier möglicherweise einen Impuls setzen, der nach unserer Einschätzung jedoch eher verhalten ausfallen wird.

Es gilt hier auch die unter deutschen Randbedingungen vergleichsweise ungünstige ökologische Position der Kompostierung im Vergleich zur energetischen Verwertung zu be-

achten. Allenfalls könnte eine effiziente Vergärung mit Nachkompostierung eine Neueinschätzung bewirken und damit auch die Hemmnisse, die sich aus der ungünstigen ökologischen Einschätzung ergeben, verringern. Hier besteht aber noch erheblicher Forschungs- und technischer Weiterentwicklungsbedarf.

4. Hat die Sonderregelung seit Inkrafttreten der 5. Novelle der VerpackV die Marktentwicklung von Biokunststoffverpackungen in Deutschland gefördert?

Die in Kapitel 2.3 des vorliegenden Berichts abgeschätzten Marktdaten lassen vermuten, dass der Impuls durch die Sonderregelung bis einschließlich 2009 eher marginal war. Nach Aussagen von Herstellern und Anwendern von bioabbaubaren Tüten und Tragetaschen war jedoch die Einsparung der Lizenzgebühr ein entscheidender Faktor für die Marktakzeptanz dieser Produktgruppe.

Auch für formstabile Produkte, die ausschließlich aus PLA bestehen (d.h. z.B. keine Verschlussfolien aus konventionellen, nicht bioabbaubaren Kunststoffen), dürfte sich die Sonderregelung positiv auf die Marktakzeptanz ausgewirkt haben.

Der positive Effekt in diesen Marktsegmenten hatte aber kaum Auswirkungen auf den Gesamtverpackungsmarkt.

5. Welche Hindernisse bestehen für die Marktentwicklung von Biokunststoff-verpackungen in Deutschland?

Als ein wesentliches Markthemmnis wird immer wieder der höhere Marktpreis von Biopolymeren angeführt. Die Sonderregelung hat nach Aussage der Marktteilnehmer bei vielen bioabbaubaren Kunststoffverpackungen nicht gegriffen. Damit war es für solche Verpackungen auch nicht möglich, die Befreiung von der Lizenzgebühr zu nehmen und die damit verbundene Kostenersparnis zu realisieren. Zudem gibt es Aussagen, dass die Lizenzgebühr für Kunststoffe in den vergangenen Jahren gesunken sei. Damit hätte sich der mit der Sonderregelung der VerpackV angestrebte Kostenhebel ohnehin verringert.

Allerdings scheint ein ebenso großes Hindernis darin bestanden zu haben, dass die technischen Materialeigenschaften der Biokunststoffe denen der konventionellen Kunststoffe in vielerlei Hinsicht unterlegen waren. Nach Aussagen der Marktteilnehmer wurden hier aber gerade in den vergangenen 2-3 Jahren erhebliche Fortschritte erzielt.

So wurden neue bioabbaubare Additive entwickelt, mit denen Faktoren wie die Hitzebeständigkeit, die Verarbeitbarkeit, Barriereigenschaften und die physikalisch-mechanischen Parameter der daraus hergestellten Verpackungen anwendungsorientiert eingestellt werden können. Die Unterschiede zwischen den Biopolymeren und den konventionellen Polymeren seien deutlich verringert, wobei auch weiterhin an der Verbesserung der genannten Faktoren gearbeitet wird.

Ein weiteres Hemmnis wird von einigen Marktteilnehmern in der als unbefriedigend bewerteten Entsorgungssituation, insbesondere dem stark eingeschränkten Zugang (etwa durch Regelungen der Bioabfallverordnung oder kommunalen Vorgaben) von bioabbaubaren Kunststoffverpackungen zur Biotonne, gesehen. Dadurch, dass bioabbaubare Verpackungen nicht im Bioabfallstrom, sondern im Wertstoffstrom landen, kommt es immer wieder zu Diskussionen um ihre Rolle als Störfaktor oder sogar als Gefahr für die etablierten stofflichen Verwer-

tungswege. Dies kann bei Entscheidern, vor allem im Handel, zu einer Ablehnung führen, da die ansonsten positive öffentliche Wahrnehmung der bioabbaubaren Kunststoffverpackungen sich dadurch ins Gegenteil verkehren könnte.

6. Besteht weiterhin Bedarf für eine Sonderbehandlung von Biokunststoffverpackungen im Rahmen der VerpackV?

Zur Beantwortung dieser Frage, wäre zunächst zu erörtern, welches Ziel mit der Sonderbehandlung erreicht werden soll. Die VerpackV dient, wie eingangs erwähnt, der Erreichung abfallwirtschaftlicher Ziele in Verbindung mit dem Verbrauch von Verpackungen. Die Befreiung bioabbaubarer Kunststoffverpackungen von der Lizenzgebühr ist daher in erster Linie als ein Instrument zu sehen, mit dem der Aufbau von Verwertungswegen jenseits des gelben Sacks gefördert werden sollte.

Im Grunde kann damit letztlich aber nur eine Behandlung via Kompostierung oder Vergärung analog zu bzw. zusammen mit anderen organischen Abfällen gemeint sein. Denn damit würde eine Behandlung stattfinden, auf die die spezifischen stofflichen Charakteristiken dieser Materialien abzielen. Zum anderen sind diese Behandlungsformen kostengünstiger als die Sammlung über den gelben Sack. Indirekt birgt diese Regelung damit auch ein Instrument zur Marktstimulation, da die geringeren Entsorgungskosten die höheren Materialkosten ggf. kompensieren.

Die vorliegende Studie hat ergeben, dass sich die in die Sonderregelung gesetzten Erwartungen nicht erfüllt haben. Die Biokunststoffverpackungen sind wohl überwiegend im gelben Sack gelandet. Ein Marktdurchbruch hat nicht stattgefunden. Auch die Pfandbefreiung von bioabbaubaren Getränkeverpackungen kam nicht zum Tragen, da es keine solchen Verpackungen auf dem deutschen Markt gibt. Angesichts dieser Situation lässt sich kaum eine Argumentation für eine Fortführung der Sonderregelung im Rahmen der VerpackV ableiten.

Es wird immer wieder darauf hingewiesen, dass der stark eingeschränkte Zugang zur Biotonne den Aufbau eines spezifischen Entsorgungswegs verhindert habe. Die Einschränkung wird mit der Novelle der Bioabfallverordnung wohl aufgehoben werden. Sie kommt aber möglicherweise zu spät, da die in jüngster Zeit auf den Markt drängenden Verpackungen aus biobasierten, zu den konventionellen Kunststoffen stoffgleichen Materialien zwangsläufig über die Entsorgungsschiene des gelben Sacks laufen.

Für die neuartigen Biokunststoffverpackungen gilt unter den drei zuvor (unter Frage 5) genannten Kriterien Preis, Leistungsprofil und Entsorgungsproblematik im Grunde nur das Preiskriterium als mögliches Hindernis gegenüber den konventionellen Kunststoffverpackungen. Auch hier ergibt sich somit kein unmittelbarer Handlungsdruck für eine Sonderbehandlung unter Abfallgesichtspunkten im Rahmen der VerpackV.

7. Ist eine Sonderbehandlung von Biokunststoffverpackungen aus ökologischer Sicht gerechtfertigt?

Pauschalaussagen sind hier nicht möglich. Es ist klar erkennbar, dass sich die Umweltwirkungsprofile vieler Biokunststoffe seit ihrer Erstentwicklung stark verbessert haben und weiterhin beträchtliche Optimierungspotenziale bestehen.

Häufig zeigen Biokunststoffe unter der Voraussetzung, dass sie weitestgehend oder gar vollständig biobasiert sind und zum anderen eine den konventionellen Kunststoffen vergleichbare Verpackungsleistung aufweisen (z.B. ähnliches Gewicht, ähnliche mechanische Eigenschaften), in der Ökobilanz bessere Ergebnisse hinsichtlich der Treibhausgasemissionen und des fossilen Ressourcenverbrauchs. Andererseits zeigen sich dieselben Biokunststoffverpackungen oft ungünstiger hinsichtlich anderer Umweltindikatoren, wie Versauerung, aquatische Eutrophierung und terrestrische Eutrophierung. Gesamtökologisch sind diese Biokunststoffe deshalb nicht unbedingt besser als die konventionellen Kunststoffe, stehen aber mit diesen auf einer Stufe.

Biokunststoffverpackungen, deren Eigenschaften vor allem auf eine Kompostierbarkeit ausgerichtet sind, enthalten in aller Regel größere Anteile an fossilen Co-Polymeren. Sehr häufig ist auch ihre Verpackungsleistung eingeschränkt. Solche Produkte können in der Ökobilanz sogar auch gesamtökologische Nachteile gegenüber den konventionellen Konkurrenzprodukten haben.

Eine Sonderbehandlung sollte in jedem Fall darauf ausgerichtet sein, Biokunststoffverpackungen zu fördern, die das Potenzial haben, zukünftig gesamtökologische Vorteile gegenüber den konventionellen Kunststoffverpackungen zu realisieren. Handlungsbedarf besteht dabei vor allem hinsichtlich der Biomassebereitstellung (Auswahl der geeigneten Anbaubiomasse, Optimierungen im Feldanbau, Verwendung von Reststoffen bzw. Lignozellulose) und den Prozessen zur Biomassekonversion, wo noch eine deutliche Steigerung der Energieeffizienz erreicht werden muss.

8. Könnte eine weitere Sonderbehandlung von Biokunststoffverpackungen zu negativen ökologisch-sozialen Auswirkungen führen?

Die Millennium-Entwicklungsziele der Vereinten Nationen enthalten zwei Ziele, die "Beseitigung der extremen Armut und des Hungers" sowie die „Sicherung der ökologischen Nachhaltigkeit“, deren Erreichen durch eine zunehmende Nutzungskonkurrenz von Agrarflächen beeinträchtigt werden könnten.

Im Zentrum der Debatte stehen hier derzeit jedoch nicht die Biokunststoffe, sondern die Biokraftstoffe. Bei Umsetzung der globalen Biokraftstoffziele bis zum Jahr 2020 würden zwischen 8% und 13% der aktuell verfügbaren globalen Agrarflächen benötigt.

Im Vergleich dazu wird durch Biokunststoffverpackungen in Deutschland in den kommenden Jahren weniger als 0,001% der globalen Agrarflächen in Anspruch genommen. Allerdings darf hier der deutsche Markt für Biokunststoffverpackungen nicht isoliert betrachtet werden. Vielmehr ist der Blick auf den globalen Biokunststoffmarkt zu richten. Der Flächenbedarf dafür könnte im Jahr 2020 bei etwa 0,1% der globalen Agrarflächen liegen.

Nun könnte man argumentieren, dass angesichts der knapper werdenden Ressource Agrarfläche jede zusätzliche Nachfrage die Problematik verschärft. Daher sind - im Prinzip per heute - Mechanismen erforderlich, die sicherstellen (etwa über Zertifizierungssysteme und Nachweise zur Kontrolle der Lieferketten), dass die Nutzung von Agrarbiomasse für Biokunststoffverpackungen den genannten Millenniumzielen nicht zuwiderläuft.

Der langfristig weitergehende Umbau auf ein biogenes Kohlenstoffgerüst wird wohl nur dann ohne negative ökologisch-soziale Auswirkungen von Statten gehen, wenn es gelingt, Biomassereststoffe als Rohstoff dafür zu erschließen.

9. Wie wäre eine weitere Förderung von Biokunststoffverpackungen zu gestalten?

Es existieren verschiedene Studien, die sich schwerpunktmäßig mit dem Thema der Förderung der stofflichen Biomassenutzung auseinandersetzen. Drei Studien, die im deutschen Kontext als besonders relevant angesehen werden können, seien hier genannt:

- Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland, 2010 [Carus et al. 2010]. Die Studie wurde gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR).
- Analyse des Handlungsbedarfs für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aus der Leitmarktinitiative (LMI) der EU-Kommission für biobasierte Produkte außerhalb des Energiesektors, 2010 [Wydra et al. 2010] Diese Studie wurde im Auftrag des BMWi durchgeführt.
- Klimaschutz und optimierter Ausbau erneuerbarer Energien durch Kaskadennutzung von Biomasse – Potenziale, Entwicklungen und Chancen einer integrierten Strategie zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse, 2009 [Arnold et al. 2009].

Alle genannten Studien zeigen, dass es bereits eine Vielzahl von Förderoptionen gibt (siehe etwa die Übersicht aus [Arnold et al. 2010] im Anhang II), die jeweils an unterschiedlichen Stellen ansetzen. Jedoch sollten diese Optionen zukünftig in ein übergeordnetes Gesamtkonzept eingebunden werden.

Was die Rolle der VerpackV angeht, so könnte man im Sinne einer Politik der Produktverantwortung durchaus über die rein abfallwirtschaftlichen Aspekte hinausschauen und überlegen, welche Rolle der VerpackV im Rahmen eines solchen Gesamtkonzepts zukommen könnte. Man sollte dabei im Blick behalten, dass es in Zukunft darum gehen wird, eine verlässliche und nachhaltig bereitgestellte Rohstoffbasis für die Herstellung von Biokunststoffen sicherzustellen.

Einerseits spielt dabei, wie schon mehrfach angesprochen, die Biomasse als Kohlenstofflieferant eine Rolle. Zum anderen geht es um die Entlastung des Nachfragedrucks auf primäre Rohstoffe durch den Einsatz von sekundären Rohstoffen oder durch die Mehrfach- bzw. Kaskadenverwendung. Der Kunststoffverpackungssektor ist dabei auf hochwertige Recyclingmaterialien angewiesen. Durch eine Zusammenführung beider Aspekte könnten weitere Synergien nutzbar gemacht werden: das (werk)stoffliche Recycling von Biokunststoffverpackungen oder der Einsatz von Biokunststoffen in Mehrwegverpackungen. Steuerinstrumente, die in der VerpackV verankert werden, sollten auf diese Aspekte abzielen.

7 Literaturverzeichnis

- [Arnold et al. 2009] Wuppertal Report, Karin Arnold (Koordination): Klimaschutz und optimierter Ausbau erneuerbarer Energien durch Kaskadennutzung von Biomasse – Potenziale, Entwicklungen und Chancen einer integrierten Strategie zur stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse. Wuppertal Institut, 2009.
- [B&FN 2011] Business & Financial News 21.07.2011; www.reuters.com
- [BGK 2009a] BGK gegen bioabbaubare Werkstoffe in der Biotonne. BGK Standpunkt. Positionspapier vom 5.11.2009
- [BGK 2009b] Biokunststoffe nachhaltig erzeugen und verwerten. Dr. Stefanie Siebert (BGK e.V.) in H&K aktuell 03/09
- [Binder und Woods 2009] Comparative Life Cycle Assessment of Drinking Cups. PE-International, 2009.
- [BMELV 2009] Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. www.bmelv.de
- [BMVBS 2010] Globale und regionale Verteilung von Biomassepotenzialen, 2010
- [Bohlmann 2004] Gregory M. Bohlmann, Biodegradable packaging life-cycle assessment, 2004
- [BVSE 2008] Warum Bio-Kunststoffe beim Recycling Probleme machen
- [Carus et al. 2010] M. Carus, S.Piotrowski, A. Raschka et al.: Studie zur Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland, 2010
- [Chaffee et al. 2007] Chaffee, C. ; Yaros, B.R.; Bousted Consulting & Associates Ltd., Progressive Bag Alliance: LCA for Three Types of Grocery Bags - Recyclable Plastic, Compostable, Biodegradable Plastic and Recycled, Recyclable Paper ; 2007
- [Christiani 2011] Persönliche Kommunikation, Dr Joachim Christiani ([http](http://)) Juni 2011
- [Coca-Cola 2011] Die Flasche der Zukunft: PlantBottle™, jetzt auch in Deutschland. Pressemitteilung vom 8. August 2011; Coca Cola Berlin.
- [Consultic 2010] Produktion, Verarbeitung und Verwertung von Kunststoffen in Deutschland 2009 - Kurzfassung.
- [Cyclos-HTP 2011] Planspiel zur Fortentwicklung der Verpackungsverordnung. Teilvorhaben 1: Bestimmung der Idealzusammensetzung der Wertstofftonne. Cyclos Osnabrück und HTP Aachen 2011. Im Auftrag des Umweltbundesamts.
- [Dale 2011] B.E. Dale: Comment on "Sustainability Metrics: Life Cycle Assessment and Green Design in Polymers". dx.doi.org/10.1021/es104016e | Environ. Sci. Technol. 2011, 45, 5057–5057
- [Danone 2011] Folienvortrag von Hr. Bartel (Danone) auf der Interpack, Düsseldorf, 2011
- [DBFZ 2009] Folienauszug zum Leipziger Biokraftstoff-Fachgespräch, September 2010; zur Verfügung gestellt durch Herrn Stefan Majer, DBFZ

- [de Greef 2009] Horses for courses: criteria for feedstock selection. Willy de Greef, EuropaBio. Folienvortrag 26.3.2009
- [Detzel et. al. 2006] A. Detzel, M. Krüger, A. Ostermayer: Assessment of Bio-Based Packaging Materials. In: Renewables-Based Technology. Wiley, 2009.
- [Detzel und Krüger 2006] A. Detzel, M. Krüger, Life Cycle Assessment of Polyactide (PLA): A comparison of food packaging made from NatureWorks® PLA and alternative materials, Final Report
- [Endres 2010] Hans-Josef Endres und Andreas Siebert-Raths: Technische Biopolymere. Hanser-Verlag, 2009. ISBN 978-3-446-41683-3
- [European Bioplastics 2011a] http://www.en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2011/press/pressreleases/PM_neue_Marktstudie_Biokunststoffe_GER.pdf
- [European Bioplastics 2011b] European Bioplastics: Fact Sheet: Was sind Biokunststoffe? 2011
- [FAO 2009] The state of food and agriculture. www.fao.org
- [Galactic 2011] Persönliche Mitteilung von Hr. Dejonghe (Galactic, Belgien).
- [Garraín 2007] Daniel Garraín, Rosario Vidal, Pilar Martínez, Vicente Franco, David Cebrián-Tarrasón; LCA of biodegradable multilayer film from biopolymers, Spain 2007
- [Groot & Borén. 2010] Wim J. Groot & Tobias Borén: Life cycle assessment of the manufacture of lactide and PLA biopolymers from sugarcane in Thailand, 2010
- [Grundmann und Wonschik 2011] Veit Grundmann und Claus-Robert Wonschik: Hydrolyse und anaeroben Co-Vergärung verschiedener biologisch abbaubarer Kunststoffe. Müll und Abfall 7, 2011.
- [Hermann et al. 2010] Barbara G. Hermann & Kornelis Blok & Martin K. Patel: Twisting bio-materials around your little finger: environmental impacts of bio-based wrappings, 2010
- [HTP-IFEU 2001] Grundlagen für eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Verwertung von Verkaufsverpackungen. HTP Aachen und IFEU Heidelberg 2001. Im Auftrag des Umweltbundesamts.
- [IFPRI 2011] Laborde, D.: Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies - Final Report; ATLASS Consortium; contracted by DG TRADE, Contract No TRADE/07/A2; October 2011
- [IK 2010] IK Jahresbericht 2010
- [James & Grant 2005] Karli James, Tim Grant; LCA of Degradable Plastic Bags, Australia 2005
- [Johansson 2000] D. Johansson: Renewable Raw Materials - a way to reduce greenhouse gas emissions for the EU industry?, 2000
- [Kauertz et al. 2011] Ökobilanz von Danone Activia-Verpackungen aus Polystyrol und Polylactid. IFEU-Heidelberg 2011 im Auftrag der Danone GmbH.
- [Kurdikar et al.2001] D. Kurdikar, L. Fournet, S.C. Slater, M. Paster, K.J. Gruys, T.U. Gerngross, R. Coulon: Greenhouse Gas Profile of a Plastic Material Derived from a Genetically Modified Plant, 2001

- [Liptow 2009] Christin Liptow, Anne-Marie Tillmann, Comparative life cycle assessment of polyethylene based on sugarcane and crude oil, Sweden 2009
- [Liu 2006] R. Liu, Ökobilanzieller Vergleich der Herstellung von Biopolymer aus nachwachsenden Rohstoffen, 2006
- [Madival 2008] Santosh Madivala, Rafael Auras, Sher Paul Singha and Ramani Narayan; Assessment of the environmental profile of PLA, PET and PS Klappschale containers using LCA methodology, Michigan State University, 2008
- [Mitchell 2008] Mitchell, D.: A Note on Rising Food Crisis. The World Bank. Retrieved 2008-07-29. Policy Research Working Paper No. 4682.
- [Murphy et al. 2008] Dr Richard J Murphy, Dr Gareth Davis and Michaela Payne, Life Cycle Assessment (LCA) of Biopolymers for single-use Carrier Bags, London 2008
- [Murphy et al. 2011] R. Murphy, A. Detzel, M. Guo and M. Krueger: Comment on "Sustainability Metrics: Life Cycle Assessment and Green Design in Polymers". [dx.doi.org/10.1021/es103890v](https://doi.org/10.1021/es103890v) | Environ. Sci. Technol. 2011, 45, 5055–5056
- [OECD Outlook 2011] OECD-FAO Agricultural Outlook 2011-2020. http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-en
- [Ovam 2006-1] Vito; Comparative LCA of 4 types of drinking cups used at events, 2006
- [Patel et al. 2003-1] Dr. M. Patel, Dr. C. Bastioli, Dr. L. Marini, Dipl.-Geoökol. E. Würdinger; Environmental assessment of bio-based polymers and natural fibres, 2003
- [Pietrini et al. 2007] Matteo Pietrini, Lex Roes, Martin K. Patel and Emo Chiellini: Comparative Life Cycle Studies on Poly(3-hydroxybutyrate)-Based Composites as Potential, 2007
- [Pladerer et al. 2008] Vergleichende Ökobilanz verschiedener Bechersysteme beim Getränkeausschank an Veranstaltungen. Expertise von Österreichisches Ökologie-Institut, Carbotech AG und Öko-Institut e.V. Deutschland. Wien, Basel, Darmstadt 2008.
- [Plastics Europe 2010] Ökoprofil PET. Download unter www.plasticseurope.com
- [Plastics Europe and EuPC 2009] Plastics Industry's view on: Plastic Products made of "Bioplastics"
- [Pro-Bip 2009] Product overview and market projection of emerging bio-based plastics
- [Razza et al. 2008] Francesco Razza, Maurizio Fieschi, Francesco Degli Innocenti and Catia Bastioli; Compostable cutlery and waste management: An LCA approach, 2008
- [Reinhardt et al. 2007] Nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie: Optionen und Potenziale für die Zukunft. IFEU-Heidelberg im Auftrag des VCI, 2007.
- [Schnarr 2010] Marko Schnarr: Normung und Zertifizierung. European Bioplastics. Folienvortrag auf dem Fachkongress Biobasierte Kunststoffe 2010, Berlin
- [Shen et al. 2009] L. Shen, J. Haufe, M.K. Patel: Product overview and market projection of emerging bio-based plastics, 2009
- [Tabone et al. 2010] M.D. Tabone, J.J. Cregg, E.J. Beckmann, A.E. Landis: Sustainability Metrics: Life Cycle Assessment and Green Design in Polymers. Environmental Science & Technology 2011 45 (11).

- [UBA 2009a] Wolfgang Beier: Hintergrundpapier des Umweltbundesamts (Dessau) zu Biologisch Abbaubaren Kunststoffen, 2009.
- [UBA 2009b] Zusammenfassung und Auswertung des Umweltbundesamts zum Band Texte 34/2009
- [UBA Texte 34/2009] Wuppertaler Institut, Fraunhofer-Institut UMSICHT, IFEU-Heidelberg: Nachhaltige Flächennutzung und nachwachsende Rohstoffe, 2009.
- [Vink 2010] : [Vink et al. 2010] E. T.H. Vink, S. Davis, J.J.Kolstad: The eco-profile for current Ingeo® polylactide production, 2010
- [VITO 2008] Analysis Of The Environmental Impact Of Chemical Recycling Of Pla Post-Consumer Waste. VITO, Belgien, 2008. Im Auftrag von Galactic und NatureWorks.
- [Wahmhoff 2009] Nachwachsende Rohstoffe. Wie packen wir das globale Ressourcenproblem an. Prof. Dr. Werner Wahmhoff, Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Vortrag auf Bio-raffiniert V Tagung, Oberhausen, 24.3.2009.
- [WBGU 2008] Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung
- [Wellenreuther et al. 2009a] Frank Wellenreuther, Sybille Kunze, Andreas Detzel, Benedikt Kauertz, Martina Krüger, Joachim Reinhardt; Life Cycle Assessment of Waste Bags, Heidelberg 2009.
- [Wellenreuther et al. 2009b] unveröffentlichter Teil der Studie Life Cycle Assessment of Waste Bags. IFEU-Institut, 2009.
- [WRAP 2008] Domestic Mixed Plastics Packaging Waste Management Options. WRAP, UK, 2008. ISBN 1-84405-396-2
- [Würdinger et al. 2002] E. Würdinger, U. Roth, A. Wegener, R. Peche (BIfA), J. Borken, A. Detzel, H. Fehrenbach, J.Giegrich, S. Möhler, A. Patyk, G.A. Reinhardt, R. Vogt (IFEU), D. Mühlberger, J. Wante (Flo-Pak): Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen: Vergleichende Ökobilanz für Loose-fill-Packmittel aus Stärke bzw. Polystyrol, 2002
- [WWF 2009] Modell Deutschland - Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken
- [Wydra et al. 2010] Wydra, S., Hüsing, B., Kukk, P.: 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, Karlsruhe 2010. Im Auftrag des BMWi.

8 Anhang I: Stellungnahmen der Verbände

8.1 Stellungnahme von European Bioplastics

- Die Privilegierung von kompostierbaren Biokunststoffen in der Verpackungsverordnung hatte über Deutschland hinaus Signalwirkung und verdeutlichte besonders die Unterstützung von Seiten der Bundesregierung für diese innovative Branche.
- Obwohl die vorhandene Regelung die Konkurrenzfähigkeit von kompostierbaren Verpackungen in einzelnen Anwendungsfällen verbessern konnte, ist allerdings ein wirklich bedeutender Marktdurchbruch kompostierbarer Verpackungen bisher nicht gelungen.
- Die Gründe dafür sind vielfältig, u.a. ein Grund waren die nicht harmonisierten gesetzlichen Rahmenbedingungen, wie etwa die Bioabfallverordnung, die Biokunststoffen heute den Zugang zur Bioabfallsammlung trotz Zertifizierung verwehrt. (Die laufende Novelle könnte hier Abhilfe schaffen).
- Als Hauptgründe jedoch sind zu nennen, dass es nicht ausreichend gelungen ist, den Preisabstand zwischen herkömmliche und kompostierbaren Kunststoffen entscheidend zu verringern.
- Außerdem beobachtet European Bioplastics einen Wechsel in der Produktstrategie bei den Marktteilnehmern: Immer mehr biobasierte, nicht kompostierbare Verpackungen werden auf den deutschen Markt eingeführt (Danone, Coca-Cola, Volvic). Dieser Trend war zum Zeitpunkt der Einführung der Sonderregelung nicht absehbar, daher profitieren diese Verpackungen auch nicht von dieser Regelung.
- Zum Zeitpunkt der Einführung der Sonderregelung waren die Marktteilnehmer auf die Kompostierung und die damit verbundene Entsorgung in der Bioabfallsammlung ausgerichtet. Heute bietet sich ein weit komplexeres Bild, je nach Produkt/Produktgruppe werden heute entsprechend optimierte Verwertungsbedingungen angestrebt. Biokunststoffverpackungen zielen nicht mehr allein auf die Kompostierung.
- Verpackungen aus biobasierte Standardkunststoffe (PE, PET, bald auch PP) können zusammen mit den entsprechenden herkömmlichen Kunststoffen in den etablierten Systemen hochwertig verwertet werden.
- Verpackungen aus neuen biobasierten Materialien
 - sollen, wenn dies die Anwendung zulässt, mittelfristig durch Aufbau eines eigenen Recyclingsystems stofflich recycelt werden. Dies Verfahren würde sich u.a. für PLA-Joghurtbecher eignen. Die Wiederverwertung des Kunststoffmaterials (Kreislaufrführung) spart Energie und schont die Umwelt.
 - können aber auch in der organischen Verwertung Sinn haben, wenn sie als Zweitnutzen helfen, organische Abfälle zu sammeln und einer Verwertung zuzuführen. Dies

trifft auf verschiedenen Anwendungen zu, etwa der kompostierbaren Tragetasche oder bei Cateringgeschirr.

- Generell können alle Biokunststoffe, ob kompostierbar oder nicht, sehr gut energetisch verwertet werden, denn alle im Markt erhältlichen Biokunststoffverpackungen enthalten (teilweise sehr große) Anteile nachwachsender Rohstoffe. Bei der Verbrennung setzen diese nur den vorher von den Pflanzen der Atmosphäre entzogenen Kohlenstoff frei, so dass das Klima geschont und Rohöl eingespart wird. Eine solche thermische Verwertung bietet sich besonders an, wo eine Bioabfallsammlung nicht zur Verfügung steht oder ein entsprechendes Recyclingsystem auf Grund zu geringer Materialmengen im Markt (PLA) noch nicht realisiert werden konnte.
- European Bioplastics sieht die Verpackungsverordnung als wichtigen Baustein in einer Gesamtstrategie, die Entsorgung von Biokunststoffverpackungen möglichst effizient und nachhaltig zu organisieren. Die Industrie möchte hierzu im Dialog mit allen Beteiligten Stakeholdern möglichst optimale Lösungen erarbeiten.
- European Bioplastics setzt sich aus den genannten Gründen (Förderung der Einsatzes nachwachsender Rohstoffe, Klimaschutz, Schonung fossiler Ressourcen, verbesserte Kreislauf- und Kaskadenwirtschaft) ein für den Erhalt von Sonderregelungen zu Biokunststoffen in der Verpackungsverordnung, und zwar in modifizierter Form auch über 2013 hinaus
- Erfahrungen aus anderen Ländern und bereits etablierte Fördermechanismen können hierzu wertvolle Hinweise für die kommende Diskussion liefern. Einige Beispiel: Regelungen zu einzelnen Produktkategorien, Innovationsbonus, NaRo-Bonus (z.B. bei thermischer Verwertung), Förderung bei Aufbau von Recyclingsystemen (PLA), Konsumentenaufklärung, Öffnung der Bioabfallsammlung, Gleichstellung und Förderung von recyceltem und biobasiertem Material, Förderung von ökologisch vorteilhaften Verpackungen.

8.2 Stellungnahme der Industrievereinigung Kunststoffverpackungen



IK-Position zum UBA-Forschungsvorhaben „Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen“

1. September 2011

Die Übergangsregelungen gemäß § 16 der Verpackungsverordnung (VerpackV) sind bis zum 31.12.2012 begrenzt. Damit bestehen für biologisch abbaubare Kunststoffe in Verpackungsanwendungen unter den dort genannten Voraussetzungen Erleichterungen im Hinblick auf die Umsetzung der Produktverantwortung und die Anforderungen an ihre Verwertung. Zusätzlich wurden biologisch abbaubare Kunststoffverpackungen von der Lizenzgebühr und Einweg-Getränkeverpackungen befristet von den Pfandpflichten befreit.

1. Wird von Ihnen eine

- ☐ Verlängerung der bestehenden Sonderregelung
- ☒ Abschaffung der Sonderregelung
- ☐ Modifikation und Anpassung der bestehenden Regelung zur Berücksichtigung aktueller bzw. künftiger absehbarer Entwicklungen

gewünscht? (Bitte Erläutern Sie kurz Ihre Auswahl)

Die IK unterstützt grundsätzlich keine Sonderregelung, weder für bioabbaubare noch für biobasierte Kunststoffe. Wenn man verstärkten Einsatz von Biokunststoffen fördert, sollte das über anderen Mitteln wie z.B. Innovationsförderung, nicht über eine Sonderregelung, die sich mit Ende des Lebenswegs befasst, geschehen.

2. Hat die bisherige Sonderregelung dazu beigetragen, die Konkurrenzfähigkeit von Verpackungen aus Biokunststoffen auf dem deutschen Markt zu verbessern?

Die Hersteller bzw. die Verarbeiter sind geteilter Meinungen. Die bisherige Sonderregelung wird als politisches Signal gesehen, das am Markt wenig bewegt hat.

3. Haben Ihre Produkte im Speziellen von der Sonderregelung profitiert?

Die Hersteller und die Verarbeiter vertreten die Ansicht, dass die Produkte überwiegend nicht von der Sonderregelung profitiert haben. Eventuell bei Tragetaschen ja.

IK Industrievereinigung
Kunststoffverpackungen e.V.
Bundesverband für
Kunststoffverpackungen und Folien
Kaiser-Friedrich-Promenade 43
61348 Bad Homburg v.d.H.
Tel. (0 61 72) 9266-01
Fax (0 61 72) 9266-70
www.kunststoffverpackungen.de
info@kunststoffverpackungen.de
Hauptgeschäftsführer:
Dr. Jürgen Bruder
Ulf Kelterborn

2

4. Gibt es Hemmnisse für die Etablierung für Verpackungen aus Biokunststoffen am deutschen Verpackungsmarkt? Worin bestehen diese?

Ja. Aufgrund des oft fehlenden Leistungsprofils gegenüber konventionellen Kunststoffen, auch aufgrund des hohen Preises und der mangelnden Verfügbarkeit sind Verpackungen aus Biokunststoffen noch nicht am deutschen Verpackungsmarkt etabliert.

5. Bisher lag der Fokus auf biologisch abbaubaren Kunststoffen. Sehen Sie diesen Aspekt in Zukunft auch weiterhin im Mittelpunkt, oder wird es Ihrer Meinung nach eine Änderung in Richtung von biobasierten Kunststoffen geben, die nicht bioabbaubar sind?

Aus Sicht der IK geht der Trend zu biobasierten Kunststoffen, unabhängig davon, ob sie bioabbaubar sind oder nicht.

8.3 Stellungnahme von PlasticsEurope

Meinungsbild zum UBA-Forschungsvorhaben „Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen“

Die Übergangsregelungen gemäß § 16 der Verpackungsverordnung (VerpackV) sind bis zum 31.12.2012 begrenzt. Damit bestehen für biologisch abbaubare Kunststoffe in Verpackungsanwendungen unter den dort genannten Voraussetzungen Erleichterungen im Hinblick auf die Umsetzung der Produktverantwortung und die Anforderungen an ihre Verwertung. Zusätzlich wurden biologisch abbaubare Kunststoffverpackungen von der Lizenzgebühr und Einweg-Getränkeverpackungen befristet von den Pfandpflichten befreit.

1. Wird von Ihnen eine

- ☐ Verlängerung der bestehenden Sonderregelung
- ☒ Abschaffung der Sonderregelung
- ☐ Modifikation und Anpassung der bestehenden Regelung zur Berücksichtigung aktueller bzw. künftiger absehbarer Entwicklungen

gewünscht? (Bitte Erläutern Sie kurz Ihre Auswahl)

Als Verband der Kunststoffherzeuger, unterstützen wir grundsätzlich keine Sonderregelung, weder für bioabbaubare noch für biobasierte Kunststoffe. Wenn der Einsatz von Biokunststoffen gefördert werden soll, sollte das über andere Mittel, wie z.B. Aufklärung und Innovationsförderung, nicht über eine Sonderregelung, die sich mit Ende des Lebenswegs befasst, geschehen.

Die Beibehaltung einer Sonderregelung macht auch nur dann Sinn, wenn Regelungen für kompostierbare Kunststoffe auch in der Bioabfall-VO und Düngemittel-VO geändert werden und die Entsorger (kommunal, auf Länderebene oder privatwirtschaftlich) Verpackungen, die den Kriterien der industriellen Kompostierung entsprechen auch in der Biotonne zulassen.

Leider stoßen Vorschläge, diese Verpackungen über die Biotonne zu sammeln, oft auf Ablehnung bei Kompostieranlagenbetreiber, die Qualitätsprobleme befürchten, und werden in Sortieranlagen wie andere Kunststoffe als Fremdstoffe aussortiert.

In der Bioabfall-VO und der Düngemittel-VO sollten daher solche biologisch abbaubaren Werkstoffe für die biologische Verwertung zugelassen werden, welche nachweislich kompostierbar sind. Der Nachweis der Kompostierbarkeit ist durch Prüfung nach DIN EN 13432 bzw. DIN EN 14995 und darauf basierender herstellernabhängigen Produktzertifizierung zu erbringen.

Der Bezug auf die Zertifizierung gemäß DIN EN 13432 bzw. DIN EN 14995 ist rohstoffunabhängig und ist als Qualifikationskriterium für die Zulassung kompostierbarer Werkstoffe, darunter auch Kunststoffprodukte, in der Bioabfallverordnung und der Düngemittelverordnung verankert. Vollständige Abbaubarkeit sowie Pflanzenverträglichkeit sind hierdurch gewährleistet. Der gegenwärtig in der Bioabfall-Verordnung verankerte Ausschluss von Produkten, welche petrochemisch basierte Bestandteile enthalten, bedeutet eine unzulässige Diskriminierung und stellt ein erhebliches Markt- und Innovationshemmnis dar, auch für die Verwendung weiterer innovativer Produkte, die nachwachsende Rohstoffe enthalten. Wir begrüßen dagegen die im aktuellen Referentenentwurf der Bioabfall-Verordnung enthaltende Aussage „überwiegend aus nachwachsenden Rohstoffen“, die zur Zeit im Bundestag diskutiert wird.

2. Hat die bisherige Sonderregelung dazu beigetragen, die Konkurrenzfähigkeit von Verpackungen aus Biokunststoffen auf dem deutschen Markt zu verbessern?

Die Hersteller bzw. die Verarbeiter sind geteilter Meinungen. Die bisherige Sonderregelung wird als politisches Signal gesehen, das am Markt wenig bewegt hat. Es gelten auch hier ähnliche Gründe wie unter Antwort 1 genannte, die eine durchschlagende Wirkung in der Wertschöpfungskette verhindert haben.

9 Anhang II: Biomassebezogene Förderinstrumenten

Tabelle 6: Übersicht zu Biomassebezogenen Förderinstrumenten

(Quelle: [Arnold et al. 2009])

Bezeichnung des Instruments	Instrumententyp	Politische Ebene	Ansatzpunkt der Förderung
Energiepolitik			
Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG)	Fiskalpolitisches Instrument	DE	Energetische Nutzung
Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)	Regulatorisches Instrument	DE	Energetische Nutzung
Marktanreizprogramm zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (MAP)	Fiskalpolitisches Instrument	DE	Energetische Nutzung
Biokraftstoff-Quotengesetz	Regulatorisches Instrument	DE	Energetische Nutzung
BMU-Programm: Optimierung der energetischen Biomassenutzung	Innovations-, Diffusions- und F&E-Politikinstrument	DE	Energetische und stoffliche Nutzung
Programm der landwirtschaftlichen Rentenbank: Energie vom Land	Fiskalpolitisches Instrument	DE	Energetische Nutzung
BMBF-Programm Grundlagenforschung Energie 2020+	Innovations-, Diffusions- und F&E-Politikinstrument	DE	Energetische und stoffliche Nutzung
Agrar- und Forst-Politik			
BMELV-Programm: Innovative Mehrfachnutzung von nachwachsenden Rohstoffen, Bioraffinerien	Innovations-, Diffusions- und F&E-Politikinstrument	DE	Stoffliche Nutzung
BMELV-Programm: Demonstrationsvorhaben zur energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe	Innovations-, Diffusions- und F&E-Politikinstrument	DE	Energetische Nutzung
Abfall- und Produktpolitik			
Ökodesign-Richtlinie	Regulatorisches Politikinstrument	DE	Stoffliche Nutzung
Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz	Regulatorisches Politikinstrument	DE	Stoffliche Nutzung
Verpackungsverordnung	Regulatorisches Instrument	DE	Stoffliche Nutzung
Altholzverordnung	Regulatorisches Instrument	DE	Stoffliche und energetische Nutzung
BMU-Programm Demonstrationsvorhaben	Innovations-, Diffusions- und F&E-Politikinstrument	DE	Förderung von stofflicher oder energetischer Nutzung möglich
ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm	Fiskalpolitisches Instrument	DE	Förderung von stofflicher oder energetischer Nutzung möglich
Ressourcenpolitik			
BMWi-Impulsprogramm Materialeffizienz: VerMat	Diffusionsinstrument	DE	Förderung von stofflicher oder energetischer Nutzung möglich
MWi-Impulsprogramm Materialeffizienz: NeMat	Institutionelles Instrument	DE	Förderung von stofflicher oder energetischer Nutzung möglich

10 Anhang III: Fragebogen zur Datenerhebung bei den Biokunststoff-Herstellern und den Bio-Verpackungsherstellern

UBA-Forschungsvorhaben

Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen

Fragebogen zur Datenerhebung

Erstellt vom ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH

1. Erläuterung

Das Institut für Energie-und Umweltforschung (IFEU) in Heidelberg wurde vom Umweltbundesamt mit der Durchführung des Forschungsvorhabens „Untersuchung der Umweltwirkungen von Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen“ beauftragt.

Der Hintergrund sind die bestehenden Übergangsregelungen für Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen gemäß §16 VerpackV. Diese sind bis zum 31. Dezember 2012 begrenzt. Damit stellt sich für den Gesetzgeber die Frage, wie in der Folge das Thema der biologisch abbaubaren Verpackungen zu handhaben sei. Das Forschungsvorhaben soll daher zur Überprüfung der bestehenden Regelung und zu einer entsprechenden Weiterentwicklung der Verpackungsverordnung beitragen.

Der vorliegende Fragebogen dient zur Ermittlung der aktuellen und zukünftigen Marktsituation für Verpackungen aus Biokunststoffen in Deutschland

Unter dem Begriff „Biokunststoffe“ verstehen wir hier:

- Biologisch abbaubare Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, fossilen Rohstoffen bzw. aus Mischungen von beiden
- Nicht biologisch abbaubare Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen bzw. Mischungen aus fossilen und nachwachsenden Rohstoffen

Der Fragebogen ist in 4 Kapitel unterteilt:

1. Marktsituation im Jahr 2009
2. Prognose
3. Meinungsbild
4. Entsorgung

In Kapitel 1-3 bitten wir Sie die Ihnen bekannten Daten so genau wie möglich in die entsprechenden Felder einzutragen. Das Kapitel 4 befasst sich mit dem Themenbereich der Entsorgung. Wenn Sie auch hierzu Informationen besitzen, wären wir Ihnen sehr dankbar für diesen zusätzlichen Beitrag

Bei Mengenangaben bitten wir Sie, die Angaben in Megagramm [Mg] (1 Mg = 1 metrische Tonne) anzugeben.

Nachdem der Fragebogen ausgefüllt wurde, soll er an folgende Adresse geschickt werden:

Institut für Energie-und Umweltforschung (IFEU)

Stichwort: UBA Biokunststoffe

Wilckensstrasse 3

69120 Heidelberg

(email bei Bedarf: Benedikt.kauertz@ifeu.de)

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit.

Allgemeine Angaben des Umfrageteilnehmers

Name der Firma:

Sitz:

Umsatz der Firma pro Jahr:

Ansprechpartner für Rückfragen

Name:

Telefon:

Email:

2. Marktsituation im Jahr 2009

Biokunststoffe

Welche der nachfolgend aufgeführten Biokunststoffsorten, werden von Ihrer Firma hergestellt?

Wie viele wurden davon im Jahr 2009 insgesamt produziert und wie viele davon für den deutschen Markt? (Bitte ankreuzen)

	Menge insg. (Mg/a)	Menge in DE (Mg/a)	Handelsname/ Typbezeichnung
☐ Stärkebasierte Kunststoffe:	_____	_____	_____
☐ Polylactide (PLA) :	_____	_____	_____
☐ Polyhydroxyalkanoate:	_____	_____	_____
☐ Cellulose basierte Kunststoffe:	_____	_____	_____
☐ Bio-Polyamide:	_____	_____	_____
☐ PET aus teilweise oder ganz biobasier- ten Rohstoffen:	_____	_____	_____
☐ Biologisch abbaubare Polyester auf Basis fossiler Rohstoffe:	_____	_____	_____
☐ Polyester auf Basis nachwachsender Rohstoffe:	_____	_____	_____
☐ Sonstige:	_____	_____	_____

Blends/ Zuschlagstoffe

1. Stellt Ihre Firma aus den o.g. Kunststoffsorten Blends/Compounds her?

Und wenn ja, welche sind diese? (Bitte ankreuzen)

☐ Nein, keine	
☐ Ja, folgende:	Menge (Mg/a)
☐ Thermoplastische Stärke + Ecoflex	_____
☐ Thermoplastische Stärke + Ecoflex	_____
☐ Cellulose-Acetat + PLA	_____
☐ _____	_____
☐ _____	_____
☐ _____	_____
☐ _____	_____

2. Werden von Ihnen dabei Zuschlagstoffe verwendet? (Bitte geben Sie die vier mengenmäßig Bedeutendsten an)

☐ Nein, keine

☐ Ja, folgende:

Menge (Mg/a)

Zuschlagsmenge [in %]

☐ _____	_____	_____
☐ _____	_____	_____
☐ _____	_____	_____
☐ _____	_____	_____

Rohstoffe

Welche Rohstoffe wurden von Ihrer Firma bei der Herstellung von Biokunststoffen im Jahr 2009 eingesetzt? Wie hoch war der Anteil von aus gentechnisch modifizierten Organismen (GMO) gewonnenen Rohstoffen? (Bitte ankreuzen)

Menge insg.
(Mg/a)

Menge in DE
(Mg/a)

☐ Stärke	_____	_____
☐ Zucker aus Rohrzucker	_____	_____
☐ Zucker aus Rüben	_____	_____
☐ Maisstärke	_____	_____
☐ Kartoffelstärke	_____	_____
☐ Weizenstärke	_____	_____
☐ Holz	_____	_____
☐ Fossile Rohstoffe	_____	_____
☐ Sonstige	_____	_____

3. Marktprognose

1. Wie sehen Sie die Entwicklung des Absatzes Ihrer Biokunststoffmaterialien für die nächsten 5 Jahre?
(Bitte ankreuzen)

Bitte geben Sie bei einer steigenden/sinkenden Prognose eine entsprechende Mengeneinschätzung in % an.

Verpackungsmaterialien	steigend	gleichbleibend	fallend
☐ Stärkebasierte Kunststoffe:	_____	☐	_____
☐ Polylactide (PLA) :	_____	☐	_____
☐ Polyhydroxyalkanoate:	_____	☐	_____
☐ Cellulose basierte Kunststoffe:	_____	☐	_____
☐ Biologisch abbaubare Polyester auf Basis fossiler Rohstoffe:	_____	☐	_____
☐ Polyester auf Basis nachwachsender Rohstoffe:	_____	☐	_____
☐ Bio-1,3-Propandiol basierte Polymere	_____	☐	_____
☐ PE aus Bioethanol:	_____	☐	_____
☐ Bio-Polyamide:	_____	☐	_____
☐ PET aus teilweise oder ganz biobasierten Rohstoffen:	_____	☐	_____
☐ Sonstige:	_____	☐	_____

2. Wie sehen Sie die Absatzentwicklung von Verpackungsprodukten aus Biokunststoffen für die nächsten 5 Jahre? (Bitte ankreuzen)

Bitte geben Sie bei einer steigenden/sinkenden Prognose eine entsprechende Mengeneinschätzung in % an.

Verpackungsmaterialien	steigend	gleichbleibend	fallend
☐ 1. Formstabile Produkte:	_____	☐	_____
☐ 1.1 Getränkeflaschen	_____	☐	_____
☐ 1.2 Getränkebecher	_____	☐	_____
☐ 1.3 Joghurtbecher	_____	☐	_____
☐ 1.4 Einweggeschirr	_____	☐	_____
☐ 1.5 Schalen	_____	☐	_____
☐ 1.6 Dosen	_____	☐	_____
☐ 1.7 sonstige Flaschen	_____	☐	_____
☐ 2. Flexible Folienprodukte:	_____	☐	_____
☐ 2.1 Tragetaschen	_____	☐	_____
☐ 2.2 Tüten	_____	☐	_____

Verpackungsmaterialien	steigend	gleichbleibend	fallend
☐ 2.3 Luftpolsterfolien	_____	☐	_____
☐ 2.4 Netze	_____	☐	_____
☐ 2.5 Andere	_____	☐	_____
☐ 3. Geschäumte Produkte:	_____	☐	_____
☐ 3.1 Menüboxen	_____	☐	_____
☐ 3.2 Verpackungschips	_____	☐	_____
☐ 3.3 Andere	_____	☐	_____

4. Meinungsbild

Die Übergangsregelungen gemäß § 16 der Verpackungsverordnung (VerpackV) sind bis zum 31.12.2012 begrenzt. Damit bestehen für biologisch abbaubare Kunststoffe in Verpackungsanwendungen unter den dort genannten Voraussetzungen Erleichterungen im Hinblick auf die Umsetzung der Produktverantwortung und die Anforderungen an ihre Verwertung. Zusätzlich wurden biologisch abbaubare Kunststoffverpackungen von der Lizenzgebühr und Einweg-Getränkeverpackungen befristet von den Pfandpflichten befreit.

2. Wird von Ihnen eine

☐

Verlängerung der bestehenden Sonderregelung

☐

Abschaffung der Sonderregelung

☐

Modifikation und Anpassung der bestehenden Regelung zur Berücksichtigung aktueller bzw. künftiger absehbarer Entwicklungen

gewünscht? (Bitte Erläutern Sie kurz Ihre Auswahl)

3. Hat die bisherige Sonderregelung dazu beigetragen, die Konkurrenzfähigkeit von Verpackungen aus Biokunststoffen auf dem deutschen Markt zu verbessern?

4. Haben Ihre Produkte im Speziellen von der Sonderregelung profitiert?

5. Gibt es Hemmnisse für die Etablierung für Verpackungen aus Biokunststoffen am deutschen Verpackungsmarkt? Worin bestehen diese?

6. Bisher lag der Fokus auf biologisch abbaubaren Kunststoffen. Sehen Sie diesen Aspekt in Zukunft auch weiterhin im Mittelpunkt, oder wird es Ihrer Meinung nach eine Änderung in Richtung von biobasierten Kunststoffen geben, die nicht bioabbaubar sind?

5. Entsorgung von Verpackungen aus Biokunststoffen in Deutschland

1. In welchem Umfang gelangten Verpackungen aus Biokunststoffen im Jahr 2009 über den Hausmüll in eine stoffliche Verwertung per Kompostierung bzw. Vergärung? (Bitte ankreuzen)

	Menge (Mg/a) oder alternativ in %
☐ „Industrielle“ Kompostierungsanlagen:	_____
☐ Heimkompostierung:	_____
☐ Vergärung:	_____

2. Welche Mengen (Mg/a) und Verpackungsarten gelangten über besondere Aktivitäten im Jahr 2009 in die Kompostierung bzw. Vergärung? (Bitte ankreuzen)

	Menge
☐ Events, Veranstaltungen:	_____
☐ Sonstige (bitte kurze Beschreibung):	_____
_____	_____
_____	_____

3.

- a) Welche Mengen und Verpackungsarten gelangten im Jahr 2009 in den Gelben Sack?
_____ (Mg/a) oder alternativ in Prozent
- b) Welche Mengen und Verpackungsarten wurden davon im Jahr 2009 werkstofflich verwertet?
_____ (Mg/a) oder alternativ in Prozent
- c) Welche Mengen und Verpackungsarten davon wurden im Jahr 2009 einer sonstigen stofflichen Verwertung zugeführt?
_____ (Mg/a) oder alternativ in Prozent
- d) Welche Mengen und Verpackungsarten wurden davon im Jahr 2009 einer thermischen Verwertung zugeführt?
_____ (Mg/a) oder alternativ in Prozent

4. In welchem Umfang wurden Biokunststoffe im Jahr 2009 einer thermischen Verwertung über den Restmüll zugeführt?

_____ (Mg/a) oder alternativ in Prozent

5. Welche Entwicklungen erwarten Sie in den nächsten 5 Jahren bezüglich der Entsorgung von Verpackungen aus Biokunststoffen in Deutschland (Bitte erläutern Sie).

11 Anhang IV: Szenarienannahmen gemäß DBFZ-Studie

Tab. 1: Darstellung der Annahmen in den einzelnen Szenarien für die globalen Betrachtungen (Quelle: Universität Hohenheim, vTI, DBFZ)

Business as usual (BAU)	• Landnutzungsänderungen wie Waldrodung und Grünlandumbruch, • Ertragssteigerungen durch technische Fortschritte, z. B. für KUP und Forstplantagen 10 % in 15 Jahren, • Anbauanteile der Kulturen bleiben bestehen (wie in der Basis vorgefunden, vorwiegend Ausrichtung auf Nahrungsmittelproduktion), • Wachstum der ökologischen Landwirtschaft linear proportional wie in den letzten 18 Jahren.
Bioenergie (B)	• Landnutzungsänderungen wie Waldrodung und Grünlandumbruch, • Veränderung des Anbaumixes hin zu den ertragsreichsten Kulturen (sog. Energiefruchtfolge) • 1/3 holzartige Substrate (KUP in den gemäßigten Klimaten, Plantagen in den Tropen), jeweils die ertragsreichsten von den etablierten Kulturen der Länder oder Ländergruppen bis an standortrelevante Fruchtfolgegrenzen • Deutliche Steigerung der Agrarrohstoffpreise und dadurch großer Anreiz um 50 % höhere Ertragssteigerungen im Vergleich zum „BAU“-Szenario bei allen Ackerbaukulturen zu erreichen.
Bioenergie mit erhöhten Umwelt- und Naturschutzrestriktion (B&U)	• Annahmen zu Anbaumix und Ertragssteigerungen wie „B“ • Striktes Verbot von Rodung von Primärwald und Graslandumbruch, • 10 % der Wälder in der borealen und gemäßigten Zone aus der Nutzung genommen und für den Arten- und Biotopschutz unter Schutz gestellt, • 50 % der Fläche in tropischen Primärwäldern unter Schutz gestellt und nicht mehr genutzt, • Erweiterung der Naturschutzflächen durch Bereitstellung weiterer 2 % des Ackerlandes für Umwidmungszwecke.
Reines Flächenszenario: Business as usual mit erhöhten Umwelt- und Naturschutzrestriktionen und Ernährungswandel (BAU&U+E)	• Reduzierter Kalorienverbrauch bei überernährten Personen um bis zu 30 %, • Wandel der Nachfrage zu Produkten des ökologischen Landbaus • Überproportionale Ausdehnung des ökologischen Landbaus (Verdoppelung in 10 Jahren) • Geringere Ertragssteigerungen gegenüber dem „BAU“-Szenario: bis 2010 um 5 %, bis 2015 um 10%, bis 2020 um 15 % und bis 2050 um 45 % reduziert.

12 Anhang V: Tabellarische Übersicht der recherchierten Unterlagen

Erläuterungen: Die Datei enthält zwei Tabellenblätter:

<Literatur Ökobewertung> Literaturübersicht

<Dokumentation Recherche> Hinweise zur Internetsuche