

Expertenkommission

"Kunststoffindustrie in Niedersachsen am Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung"

Endbericht

**des Arbeitskreises 2
"Biologisch abbaubare
Kunststoffe"**

Herausgeber:
Niedersächsisches Umweltministerium
Archivstr. 2, 30169 Hannover

November 1999

Gedruckt auf Recycling-Papier

Diese Broschüre darf, wie alle Publikationen der Landesregierung,
nicht zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Auftrag und Zielsetzung des AK2	1
1.2 Erwartungen der Arbeitskreismitglieder	2
2 Bestandsaufnahme	2
2.1 Definition biologisch abbaubare Kunststoffe (BAW).....	2
2.2 Herstellung von biologisch abbaubaren Kunststoffen	3
2.2.1 Übersicht	3
2.2.2 Abschätzung der Verfügbarkeit von biologisch abbaubaren Kunststoffen.....	3
2.2.3 Abschätzung des Marktpotentials an biologisch abbaubaren Kunststoffen.....	12
2.2.4 Produktion von BAW in Niedersachsen	13
2.2.5 Preise	13
2.2.6 Investitionen	16
2.3 Verarbeitung.....	16
2.3.1 Verarbeiter von BAW.....	16
2.4 Anwendungen.....	19
2.4.1 Produktnutzen in und nach Gebrauch.....	19
2.4.2 Anwendungsbereiche und Entsorgungserfordernisse.....	19
2.4.3 Strukturen im Umfeld der BAW-Industrie	22
2.5. F&E auf dem Sektor Polymere und Kunststoffe	22
2.5.1 F&E-Struktur für BAW in Deutschland	22
2.5.2 F&E-Struktur für BAW und Polymere allgemein in Niedersachsen.....	26
2.5.3 F&E-Struktur für BAW und an den Fachhochschulen in Niedersachsen.....	30
2.6 Biologisch abbaubare Kunststoffe im Spiegel der Patente	31
2.7 Zusammenfassung	35
3 Rechtliche Grundlagen	36
3.1 Allgemeines	36
3.1.1 Produktverantwortung	36
3.1.2 Abfallentsorgung	36
- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)	36
- Verpackungsverordnung (VerpackV).....	38
- Düngemittelverordnung	39

- Bioabfallverordnung (BioAbfV)	39
- Technische Regelwerke.....	40
3.2 Abfallvermeidung.....	41
3.3 Entsorgung von Produkten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen (BAW)	43
3.3.1 Allgemeines.....	43
3.3.2 Anwendungen ohne Entsorgungserfordernis.....	43
3.3.3 Anwendungen mit Entsorgungserfordernis	43
3.3.3.1 Erfassung von BAW-Abfall.....	43
3.3.3.2 Einsammlung und Transport von BAW-Abfall	46
3.3.3.3 Sortierung von BAW-Abfall	46
3.3.3.4 Entsorgung (Verwertung und Beseitigung) von BAW-Abfall	47
3.4 Zusammenfassung	54
3.4.1 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	54
3.4.2 Abfallwirtschaftliche Bewertung	54
4 Ökologische Bewertung biologisch abbaubarer Kunststoffe	56
4.1 Instrumentarium der ökologischen Bewertung von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen	56
4.1.1 Ökobilanzen - Entwicklung und Status quo	56
4.1.2 Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens	58
4.1.3 Sachbilanz	59
4.1.4 Wirkungsabschätzung	59
4.1.5 Auswertung.....	60
4.1.6 Bericht.....	60
4.2 Sachstand der ökologischen Bewertung von biologisch abbaubaren Kunststoffen.....	60
4.3 Anforderungen an die ökologische Bewertung von Produkten aus BAW.....	61
4.4 Bewertung der Nachhaltigkeit von biologisch abbaubaren Kunststoffen.....	64
4.5 Zusammenfassung	67
5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen.....	68
5.1 Rohstoffbasis.....	68
5.2 Spezialitätenprodukte mit Zusatznutzen	68
5.3 Herstellung und Verarbeitung.....	69
5.4 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	69

5.5 Entsorgung von BAW-Abfall.....	70
5.6 Ökologische Bewertung	71
5.7 Nachhaltigkeit.....	72
5.8 Generelle Empfehlung	73

Anlagenverzeichnis
Anlagen
Literaturverzeichnis

1 Einleitung

1.1 Auftrag und Zielsetzung des Arbeitskreises 2 (AK2)

Am 27.11.1996 konstituierte sich die Expertenkommission „Kunststoffe am Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung“ beim Niedersächsischen Umweltministerium. Die Mitglieder wurden von Frau Ministerin Griefahn berufen. Für die Arbeit der Kommission wurde ein zeitlicher Rahmen bis Ende 1998 festgelegt.

Die Expertenkommission richtete zur Erledigung ihres Arbeitsauftrages, der durch vorbereitende Gespräche auf der Basis der Ergebnisse einer vorangehenden Expertenrunde im September 1995 definiert worden war, drei Arbeitskreise zu folgenden Themen ein:

- AK1: Kunststoffverwertung in Niedersachsen
- AK2: Biologisch abbaubare Kunststoffe
- AK3: Kunststoffherstellung und -verarbeitung in Niedersachsen

Die Arbeitskreise sollten der Expertenkommission bis zum 31.12.1997 jeweils einen Zwischenbericht und bis Ende 1998 jeweils einen Abschlussbericht vorlegen.

Die **Aufgabenstellung** für den AK2 wurde von der Expertenkommission wie folgt präzisiert:

1. Bestandsaufnahme

- Hersteller-, Weiterverarbeiter- und Anwenderstruktur
- Anzahl der Firmen
- Anzahl der Beschäftigten
- Umsatz
- angewandte Verfahren, Produktionskapazitäten
- erzeugte Produkte
- Möglichkeiten der Entsorgung
- Trendanalyse

2. Problemdarstellung

- fehlende Ökobilanz
- Einsatz im Verpackungsbereich
- Entsorgung über die Biotonne

3. Handlungsoptionen des Landes

Die Mitglieder des AK2 sind in **Anlage 1** genannt.

Der AK2 hat in der Zeit von 1997 bis 1999 21 Sitzungen abgehalten. Zum 31.12.1997 wurde auftragsgemäß ein Zwischenbericht an die Expertenkommission vorgelegt.

1.2 Erwartungen der Arbeitskreismitglieder

Zu Beginn der Arbeit des AK2 sollten die Erwartungen einzelner Arbeitskreismitglieder zu den Ergebnissen der AK2-Arbeit noch einmal - im Rahmen der Vorgaben nach 1.1 - schriftlich eingebracht werden, so weit sie nicht schon in Positionspapieren, die dem AK 2 als Arbeitspapiere vorlagen festgehalten sind.

Diese Stellungnahmen finden sich als Anlage zu diesem Endbericht:

- Prof. Klein (Anlage 2)
- Dr. Bertram (Anlage 3)
- Dr. Sartorius (Anlage 4)
- Frau Zeschmar-Lahl (Anlage 5)

Nach Erstellung des Zwischenberichtes des AK2 zum 31.12.1997 wurde den AK2-Mitgliedern noch einmal Gelegenheit gegeben, ihre Erwartungen zur abschließenden Phase der AK-Arbeit schriftlich vorzulegen. Diese Stellungnahmen vom Januar 1998 sind ebenfalls als Anlagen zum Endbericht angefügt:

- Frau Dr. Grupe (Anlage 6)
- Dr. Weber/ Dr. Sartorius (Anlage 7)
- Dr. Bertram (Anlage 8)
- Dr. A. Müller (Anlage 9)
- Frau Zeschmar-Lahl (Anlage 10)

Wichtig zum Verständnis der Arbeit und der Ergebnisse des AK2 ist die Tatsache, dass sich der regulatorische Rahmen für die Etablierung der biologisch abbaubaren Kunststoffe politisch im Fluss befindet (VerpackV, BioAbfV, VDI - Richtlinie, DIN-Norm, etc.) und dass sich der AK2 bemüht hat, seine Funktion als politikberatendes Gremium aktiv wahrzunehmen. Dies betrifft vor allem die Position des Landes Niedersachsen in den Beratungen des Bundesrates z.B. zur Novelle der Verpackungsverordnung und der Bioabfallverordnung.

2 Bestandsaufnahme

2.1 Definition biologisch abbaubarer Kunststoffe (BAW)

Biologisch abbaubare Kunststoffe (BAW) sind Kunststoffe oder „Naturstoffe“ aus natürlichen oder synthetischen Bausteinen, die biologischen Reaktionen zugänglich sind. Sie zersetzen sich unter Einwirkung von Mikroorganismen.

Um die Voraussetzung für eine Beurteilung verschiedener biologisch abbaubarer Materialien betreffend biologischer Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit zu schaffen, ist es notwendig, zu einer einheitlichen Definition und Prüfung der biologischen Abbaubarkeit und der Eignung für Kompostierung/Vergärung von biologisch abbaubaren Kunststoffen zu gelangen.

Nach DIN V 54 900, deren Entwurf (Gelbdruck) zwischenzeitlich durch eine Vornorm (Blaudruck) ersetzt wurde, werden z. B. die Begriffe „Biologischer Abbau“ und „bioabbaubar“ wie folgt definiert:

Biologischer Abbau und bioabbaubar

Ein durch biologische Aktivität verursachter Vorgang, der unter Veränderung der chemischen Struktur eines Materials zu natürlich vorkommenden Stoffwechselendprodukten führt.

Ein Kunststoff ist bioabbaubar, wenn alle organischen Bestandteile einem vollständigen biologischem Abbau unterliegen, der in genormten Verfahren bestimmt wird.

Anmerkung

Ein vollständiger Abbau im Sinne der Vornorm ist dann erreicht, wenn mindestens 60% des organischen Kohlenstoffs der jeweiligen Materialkomponente eines Produktes (Massenanteil aller organischen

Komponenten größer 50%) in maximal 6 Monaten abgebaut werden. Bedingungen und Abbaugeschwindigkeit werden durch Standardtest-Methoden ermittelt.

Entsprechende Verfahren des Comité Européen de Normalisation (CEN) und der American Society for Testing and Materials (ASTM) stimmen in den grundlegenden Teilen weitgehend mit der Vornorm überein. Die von der CEN entwickelten Kriterien zielen jedoch auf bioabbaubare Verpackungsmaterialien und ganze Verpackungen und sind daher grundsätzlich aus einer etwas anderen Perspektive zu sehen. Mögliche Anwendungsbeispiele von BAW für den Verpackungsbereich beschreibt ein Richtlinien-Entwurf des VDI 4427 „Vorgehensweise zur Auswahl biologisch abbaubarer Verpackungsmaterialien“, wobei hier keinerlei Hinweise zur Beurteilung der Bioabbaubarkeit enthalten sind. Der AK2 hat sich kritisch zu dieser Richtlinie geäußert (s.h. Kap.3).

Um eine weitere internationale Harmonisierung von Testverfahren für bioabbaubare Werkstoffe sind die Normungsorganisationen derzeit bemüht.

2.2 Herstellung von biologisch abbaubaren Kunststoffen

2.2.1. Übersicht

Biologisch abbaubare Kunststoffe können sowohl aus nachwachsenden als auch aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden. Die Verwendung eines Naturstoffes als Rohstoff für biologisch abbaubare Polymere ist hierbei nicht zwingend notwendig. Nicht die Herkunft, sondern allein die molekulare Struktur eines Stoffes entscheidet, ob dieser biologisch abbaubar ist oder nicht. Sowohl Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen (pflanzliche oder tierische) als auch vollsynthetische Materialien können diese Eigenschaft aufweisen.

Abbildung 1 zeigt einen Überblick der Herstellung von biologisch abbaubaren Kunststoffen aus unterschiedlichen Rohstoffquellen und den dazu verwendeten Verfahren. Hierbei wird deutlich, dass das innovative Potenzial dieser biologisch abbaubaren Kunststoffe auf der Vielfältigkeit der Herstellmöglichkeiten beruht. Technisch sind auch abbaubare Werkstoffe, die aus Kunststoffkombinationen hergestellt werden, realisierbar.

Abbildung 2 zeigt in einer Übersicht Hersteller und deren Produkte mit einer Aufteilung nach den Produktklassen:

Aliphatische Polyester
Aliphatische aromatische Polyester
Polyesteramid
Polylactid
Stärke und Stärkederivate sowie Blends daraus
Cellulosederivate.

Es zeigt sich, dass es für die gewünschte biologische Abbaubarkeit und die geforderten technischen Eigenschaften in der Anwendung erforderlich ist, die Produkte auf Stärke- wie auch auf Milchsäure-Basis als Hybride zu konzipieren, die Bausteine sowohl aus fossilen wie auch aus nachwachsenden Rohstoffen besitzen.

2.2.2. Abschätzung der Verfügbarkeit von biologisch abbaubaren Kunststoffen

Zur Abschätzung der Verfügbarkeit von biologisch abbaubaren Kunststoffen wurden die Hersteller befragt. Ihre Angaben wurden nach den vier verschiedenen Kategorien strukturiert.

Kategorie 1: Produkte mit verfügbaren Angaben zu Preisen und

	Kapazitäten (Tab. 1)
Kategorie 2:	Produkte mit verfügbaren Angaben zu Preisen (Tab. 2)
Kategorie 3:	Produkte ohne Angaben zu Preisen und Kapazitäten (Tab. 3)
Kategorie 4:	Produkte im Entwicklungsstadium (Tab. 4)

Die hier angegebenen Kapazitäten stellen die maximalen Anlagenkapazitäten dar. Bei allen aufgeführten Produkten kann davon ausgegangen werden, dass eine technische Realisierung möglich ist bzw. bereits stattgefunden hat. Produkte der Tabellen 1 bis 3 sind bereits in den Markt eingetreten; die Produkte der Tabelle 4 befinden sich entweder erst im Entwicklungsstadium oder in einer Markteintrittsphase.

Tabelle 1 bestätigt, dass derzeit der größte Anteil an biologisch abbaubaren Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen auf Stärkebasis zurückzuführen ist. Auch bei den übrigen biologisch abbaubaren Werkstoffen auf fossiler Basis kann davon ausgegangen werden, dass weitere Kapazitäten bereit gestellt werden können. Unter Einbeziehung der in den Tabellen 2 und 3 aufgeführten Produkte können dann mittelfristig die maximal erreichbaren Kapazitäten insgesamt eine Größenordnung von etwa 100.000 t/Jahr erreichen. Die tatsächliche Produktionsmenge biologisch abbaubarer Kunststoffe ist jedoch zurzeit eine Größenordnung niedriger und beträgt nach Angaben der IBAW (Interessengemeinschaft biologisch abbaubare Werkstoffe e. V.) etwa 5.000 t/Jahr in Deutschland.

Abbildung 1

Herstellung <i>biologisch abbaubarer Kunststoffe</i>	
Verfahren / Rohstoffe	Beispiele für Polymere / Kunststoffe
Chemische Synthese auf Erdölbasis	Polyester, Polyesteramide, Polyesterurethane, Polyvinylalkohole
Direkte Biosynthese durch Fermentation	Polyhydroxybuttersäure (PHB) Polyhydroxyvaleriansäure (PHV)
Synthetische Modifizierung von Polymeren aus nachwachsenden Rohstoffen	Derivate der Stärke und Cellulose
Mischung auf der Basis nachwachsender und fossiler Rohstoffe	Stärkeblends
Chemische Synthese biotechnologisch hergestellter Ausgangsprodukte	Polymilchsäure (PLA)

Biologisch abbaubare Kunststoffe: Hersteller und Produkte

Abbildung 2

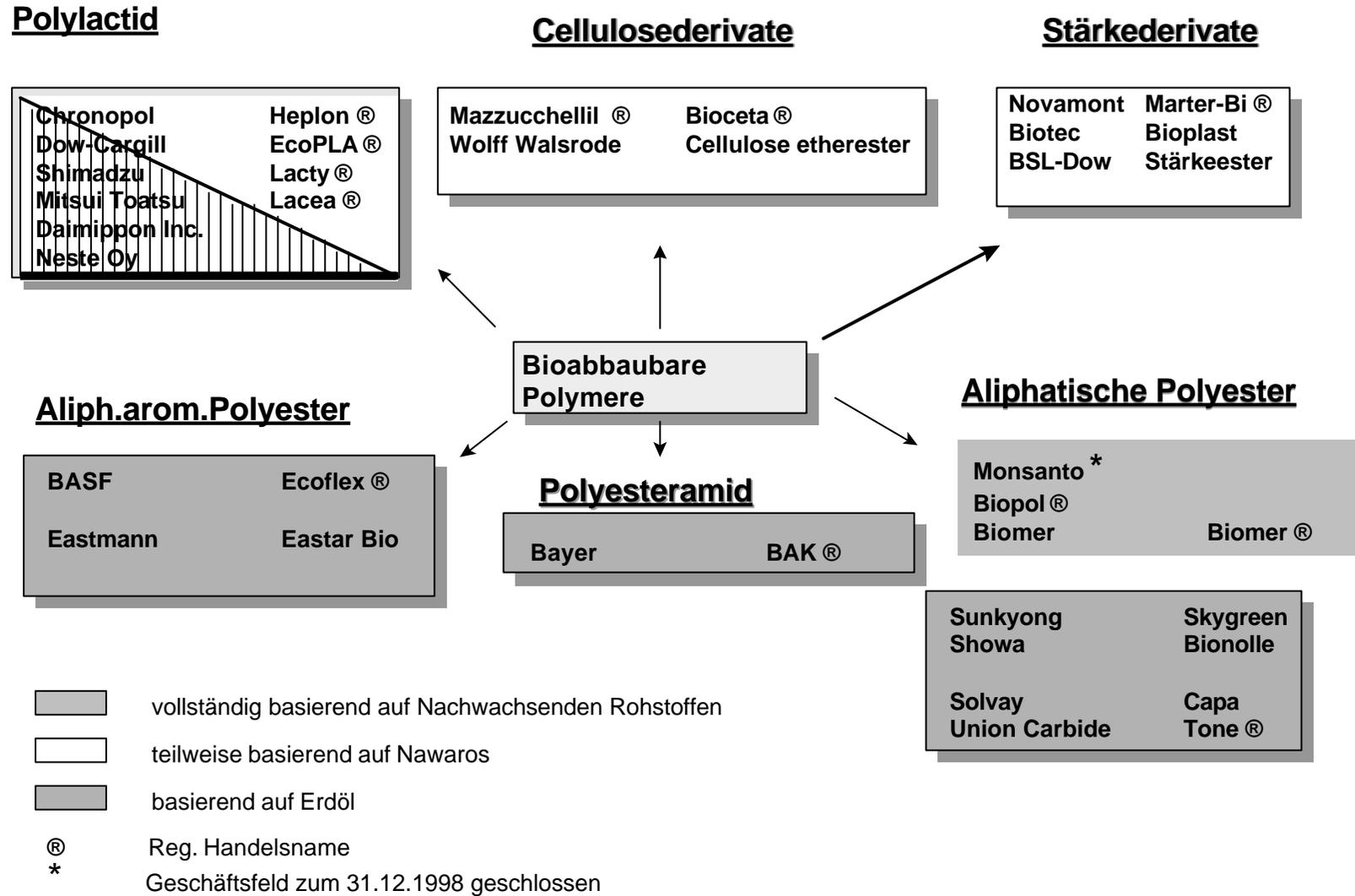


Tabelle 1: Produkte mit verfügbaren Angaben zu Preisen und Kapazitäten

Rohstoffbasis: Polymere auf pflanzlicher Basis

Produkt	Chemische Grundstruktur	Kapazitäten/ Preise	Anwendungen	Unternehmen, Adresse
Bioceta	Cellulosediacetat	nur Rohstofflieferant Celluloseacetat 70.000 t/a		Rhône-Poulenc Rhodia AG D-79108 Freiburg
BIOPAC	Stärke	Kapazität ist abhängig vom Produkt, z.B. Frühstücksschale 2-2,5 Mio. Trays/a Preise auf Anfrage	Einwegbesteck, Einweggeschirr,	BIOPAC (Eine Abt. der Franz Haas Waffelmaschinen GmbH) Ebreichsdorfer Str. 18 A-2512 Tribuswinkel, Austria
Verpackungs- popcorn	Basis: Maiskörner	ca. 5000 m ³ /a ca. 80 DM/m ³	Füllmaterial, vergleichbar mit Styropor.	Persika Naturpack GmbH, Dehnberg 3, D-91207 Lauf
Bioform	Basis: Getreidestroh, Getreidestärke und Zellulose	ca. 8 Mio. Formteile pro Jahr Preisniveau unter dem von Wellpappe oder Kunststoff.	Verpackungen, Baudämmstoffe	Bioform GmbH Am Industriegelände 15 D-19288 Ludwigslust
flupis	Basis: Stärke und Altpapier	60 m ³ /h (Nov. 97) 25 - 38 DM/ 0,5 m ³ Sack	Loose-fill-Material, Verpackungsmaterial zum Schutz von Transportgütern	PSP Papierschaum Priehs GmbH Desmastraße 3-5 D-28832 Achim

Rohstoffbasis: Mischung aus nachwachsenden und synthetischen Polymeren

Bioflex, Bioplast, Biopur	Stärke und andere volsynthetische biol. abbaubare Polymere	Biotec: ca. 50.000 t/a ca. 7 DM/kg (Granulatspreis)	Bioflex: kompostierbare Verbrauchsgüter, Inliner für Biomülltonnen, Biomüllsäcke, Gartenbaufolien, Verpackungen, Tragetaschen, Etiketten, Banderolen, Raschelsäcke, Wurzelnetze, Absperrbänder, Folienbändchen, Einweggeschirr, Eimer, Behälter, etc. Bioplast: Granulat als Grundstoff zur Spritz- und Blasextrusion Biopur: Loose-fill, dickwandige und dünnwandige Verpackungen	BIOTEC GmbH & Co. KG (Melitta Tochter) Postfach 100220 D-46422 Emmerich
Mater-Bi	Stärke und Polycaprolacton	7.000 t/a (Nov. 97) Granulat: 9 DM/kg, je nach Type	Müllbeutel, Einkaufstüten, Folien für Windeln, Verpackungsfolie für Zeitungen, beschichtetes Papier und Pappe, Netze. Mechanische Eigenschaften entsprechen denen von LDPE.	Novamont GmbH Kölner Str. 3A D-65760 Eschborn

Produkt	Chemische Grundstruktur	Kapazitäten/ Preise	Anwendungen	Unternehmen, Adresse
Wenterra	Stärke und Polycaprolacton	Kapazität: ausreichend Fertigungsgrößen: 5 l - 240 l Nennvolumen ca. 8 DM/kg	Biosäcke auf Basis von Mater-Bi	Wentus Kunststoff GmbH Eugen-Diesel-Straße 12 D-37671 Höxter

Rohstoffbasis: Fermentativ erzeugte Polymere und Monomere

Produkt	Chemische Grundstruktur	Kapazitäten/ Preise	Anwendungen	Unternehmen, Adresse
Biopol	PHB/V Copolymere	Granulat: 1000 t/a 15 DM/kg	Blasformen in der Kosmetikindustrie, Verschlüsse für Flaschen, Tuben und Gläser, Golf T's, beschichtete Papiere und Pappen	Monsanto Deutschland GmbH Immermannstraße 3 D-40210 Düsseldorf (Geschäftsfeld ab dem 31.12.1998 geschlossen)
EcoPLA	Polymilchsäure	ca. 4.000 t/a ≤ 5 DM/kg (zukünftig)	Abfallsäcke für Bioabfall, Einweggeschirr, Verpackungsfolien für die Schnellgastronomie, Anwendungen in der Landwirtschaft und Gartenbau, Einweggeschirr	Cargill Dow Polymers Box 5698 Minneapolis, MN 55440-5690 2040 Dow Center Midland, MI 48674

Rohstoffbasis: Petrochemisch erzeugte Monomere

Produkt	Chemische Grundstruktur	Kapazitäten/ Preise	Anwendungen	Unternehmen, Adresse
Bionolle	aliph. Diole und aliph. Dicarbonsäuren	Pilotanlage 10 t/a (seit '92) semikommerzielle Anlage 3000 t/a (seit Okt. '93) ca. 11 DM/kg Ziel: ca. 7 DM/kg mit kommerzieller Anlage	Tragetaschen, Lebensmittelverpackungen, Papierbeschichtungen, Serviertablets, Angelschnüre, Netze, Seile, Windeln, med. Einwegartikel, Damenbinden, Shampoo-flaschen, Kosmetikflaschen, Bestecke, Bürsten, Käämme, Tassen, Becher, Polster, etc.	Showa Denko Europe GmbH Uhlandstraße 9 D-40237 Düsseldorf
BAK 1095, BAK 2195	Copolyesteramide	Kapazität: z.Zt. mehrere tausend Jahrestonnen Granulat: < 8 DM/kg (Nov. 97)	Folien, Spritzguss, Hohlkörper, Fasern	Bayer AG D-47829 Krefeld
Walocomp	Copolyesteramide u. andere BAW	Folien: 10-12 DM/kg	Folien, Beutel, Schläuche, Verpackungen	WOLFF Walsrode AG Postfach 15 15 D-29655 Walsrode

Produkt	Chemische Grundstruktur	Kapazitäten/ Preise	Anwendungen	Unternehmen, Adresse
TONE Polymers	Polycaprolacton	> 3000 t/a Preise je nach Abnahmemenge, ab 100 t < 9 DM/kg	Lebensmittelfolien, Abfall- tüten, Pflanzbehälter, Controllead Release Matrices, Gipsersatz f. orthopäd. Anwend., Masterbatches, Mold Release, Klebstoff	Union Carbide Chemicals GmbH Mörsenbroicher Weg 200 D-40470 Düsseldorf

Tabelle 2: Produkte mit verfügbaren Angaben zu Preisen

Rohstoffbasis: Polymere auf pflanzlicher bzw. tierischer Basis

Produkt	Chemische Grundstruktur	Preise	Anwendungen	Unternehmen, Adresse
Biocellat	Cellulosediacetat	Preise für gefüllte Hüllen auf Anfrage	Hohlkörper (Hüllen, Flaschen etc.)	Aeterna Lichte GmbH & Co. KG (Verarbeiter von Bioceta; Hersteller: Rhône- Poulenc) Ellerholsdamm 50 D-20457 Hamburg
ULTRA- PHAN	Cellulose 2½ - acetat	Folie: > 20 DM/kg	<i>Verpackung:</i> Kartonage-Sichtfenster, Klar- sichtschachteln, Hochglanz- kaschierung z. B. für Falt- schachteln <i>Papierverarbeitung:</i> Briefmarkenalben, Abdeck- und Schutzfolien, Fototaschen, Hochglanzkaschierungen von Prospekten und Büchern <i>grafisches Gewerbe:</i> Trickfilm-Zeichenfolie, Zeichen- folie, Montagefolie, Druckträger, Rasterfolie, Overheadfolie <i>Sonstiges:</i> Selbstklebeetiketten, Klebe- bänder, Filzschreibpatronen, Skalen und Schablonen, Schnürsenkel-Spitzen	Lonza-Folien GmbH Weilstraße 2 D-79576 Weil am Rhein (die englische Firma Courtaulds hat im Dez. 1996 die Ultraphan- Produktlinie übernommen)
Coffi- Collagen- folie	Collagen	Preise auf Anfrage	Umhüllung von Lebensmitteln	Naturin GmbH & Co. Badeniastraße 13 D-69469 Weinheim
FARMfill	Basis: Maisgrieß	Verpackungschips: ca. 40-90 DM/m ³ je nach Abnahmemenge	schüttfähiges Polstermaterial	Hubert Loick VNR GmbH Heide 26 D-46286 Dorsten- Lembeck
AEROMYL- Chips	Stärke	50 DM/m ³ (500 l ≈ 10 kg)	Polster- und Füllmaterial, Viehfutter, Stärkemittel für Wäsche	Südstärke GmbH Königslacher Weg 2a D-86529 Schrobenhausen

Rohstoffbasis: Nachwachsende Rohstoffe und/oder vollsynthetische Polymere

Produkt	Chemische Grundstruktur	Preise	Anwendungen	Unternehmen, Adresse
ENVIRO-phan	Stärke	z.B. Biomüllbeutel 330 x 420 mm (gestaffelte Preise) z.B. 218,65 DM /1000 Stück (bei Abnahme unter 100.000, lose im Karton)	Biomüllbeutel, Tragetaschen, Hygieneartikel, Klinikbedarf, Folien für die Land- und Forstwirtschaft, Verpackungsfolie, etc.	4P FOLIE Forchheim GmbH Zweibrückenstraße 15-25 D-91301 Forchheim
Green-PAC ECO-FOAM	Stärke		siehe unter National Starch and Chemical Company	Folag AG CH-6203 Sempach-Station (Produktion unter Lizenz von National Starch and Chemical Company)
Green PAC ECO-FOAM	Stärke	Einführungspreis ca. 50 Fr./250 Litersack	Schüttfähiges Polster- und Füllmaterial	National Starch & Chemical GmbH (Vertrieb von Green Pac Eco Foam durch die Folag AG) Im Altenschemel 55 D-67435 Neustadt
Renatur	Stärke	380 l Sack ca. 20 DM 500 l Sack ca. 26 DM	Polster- und Füllmaterial	STOROpack Hans Reichenecker GmbH & Co. Postfach 13 33 D-72555 Metzingen
NOVON	Stärke	Granulat: 8-10 DM/kg je nach Klasse	Bio-Abfallsäcke, Schutzfolien für Lebensmittel, Dickfolien, Papierbeschichtungen, Golf T's, Einweggeschirr, Opferkerzenbecher, Pflanztöpfe, Behälter (hergestellt durch Blasextrusion), Füllmaterial, etc.	NOVON International, Inc. (Vertrieb: ECOSTAR Kunststoff-Zusätze Vertriebsgesellschaft mbH) 181 Cooper Avenue Tonawanda, New York, 14150-6645
NOVON-plus, Degra-NOVON /	Stärke und andere nachw. Rohstoffe		Verrottungsbeschleuniger	
natura	Stärke, Cellulose (und andere vollsynthetische, biologisch abbaubare Polymere)	Granulat: ca. 8 DM/kg	Sammelsäcke, Bio-Abfallsäcke, Inliner, Raschelsäcke, Klippnetze	natura Verpackungs GmbH Poststraße 4 D-48499 Salzbergen
Ecoflex	aliph. Diöle und aliph. + arom. Dicarbonsäuren	Erwartete Preise vergleichbar mit anderen Massenspolyestern (z. B. PET, PBT). 5.- 10.- /kg	z.B. Folien, Faserverbundstoffe, Beschichtungen, Fasern, Fleece, Extrudate	BASF AG D- 67056 Ludwigshafen
PetroComp	Polycaprolacton Blends	10-12 DM/kg	Anwendung ist vergleichbar mit PE-Folien.	Petroplast AG CH-9204 Andwill SG Schweiz

Tabelle 3: Produkte ohne Angaben zu Preisen und Kapazitäten

Rohstoffbasis: Natürliche Polymere auf pflanzlicher und tierischer Basis

Produkt	Chemische Grundstruktur	Anwendungen	Unternehmen, Adresse
Galita	Gelatine	Folien	Deutsche Gelatine Fabriken Stoess & Co. GmbH Werk Friedrich-Wilhelm.Str. 155 D-32423 Minden (mehrere Adressen in D) Franz Rauscher GmbH & Co. KG Rohstofflieferant: Rhône-Poulenc
Bioceta Biocellat	Cellulosediacetat	Blasfolien : Folien f. Verpackungen Blasformen : Trockenpulver, Behälter f. Schmieröl Kalandrierte Folien: Warmverformung Schlauchfolien: Skinverpackungen	

Tabelle 4: Produkte im Entwicklungsstadium

Rohstoffbasis: Nachwachsende Rohstoffe und/oder vollsynthetische Polymere

Produkt	Chemische Grundstruktur	Kapazitäten/ Preise	Anwendungen	Unternehmen, Adresse
	Stärke	Native Stärke: ca. 1 DM/kg Verbund: geringfügig über denen der Massenkunststoffe	Thermoplastische, abbaubare Polymerwerkstoffe z. B. Streudose	Buck Werke GmbH & Co. Mozartstraße 2 D-83435 Bad Reichenhall
	Stärke		z. B. Einschlagfolien, Sichtfenster, Tiefziehblister, Beutel, Overheadfolien	Dr. Frische GmbH Industriestraße 13 D-63755 Alzenau
	Hydroxypropyl- cellulose-acetat		Thermoplastische biologisch abbaubare Werkstoffe, z. B. Faserverbund	WOLFF Walsrode AG Postfach 15 15 D-29655 Walsrode
Sconacell	Stärke-acetat (DS2,2) und blend`s		Spritzgussartikel, Tiefzieh und Verpackungsfolie, Faserverbundmaterialien	BSL Olefinverbund GmbH Werk Schikopau Postf 1163 D-06201 Merseburg
	Block- Copolyesteramid	Block- Copolyesteramide: ≤ 5 DM/kg	Fasern, Folien, Formkörper, Schmelzkleber	EMS-Chemie AG (Lizenznehmer: Petroplast) CH-7013 Domat/Ems, Schweiz

2.2.3. Abschätzung des Marktpotenzials an biologisch abbaubaren Kunststoffen

Zur Abschätzung des Marktpotenzials in Westeuropa für biologisch abbaubare Werkstoffe können Studien herangezogen werden, deren Gesamtaussagen in **Tabelle 5** zusammengefasst sind:

Tabelle 5: Potenzialabschätzungen für biologisch abbaubare Kunststoffe in Westeuropa

	Volumen in Mio. US \$	Menge in t/Jahr
Prognose 1989 für 1995	170	
Prognose 1994 für 1995	33	
Umsatz in 1995	8.6	
Langfristige Prognose heute (Marktpotenzial)		50.000 bis 250.000
Langfristige Umsatzprognose (1998 für 2004)	73	
<i>zum Vergleich:</i>		
BAW - Produktion heute in Deutschland		5.000
Kunststoffproduktion 1995 in Westeuropa		37 Mio.

Quellen: Frost & Sullivan, Bayer, BASF, FhG, VKE, SRI - Consulting

Im Vergleich zu herkömmlichen Standard- und technischen Kunststoffen von ca. $4 \cdot 10^7$ t/a wird das Potenzial für BAW langfristig auf ca. $0,5 - 2,5 \cdot 10^5$ t/a im Jahre 2000 prognostiziert, d. h. ihr Marktanteil liegt in der Größenordnung von < 1%.

Demnach zielen die BAW nicht vorrangig auf die Substitution der konventionellen Kunststoffe. Vielmehr gilt es, einen solchen Markt für Anwendungen zu erschließen, bei denen die biologische Abbaubarkeit als zusätzliche Eigenschaft genutzt wird und Nachfrage existiert.

Generell müssen für eine Einschätzung des zukünftigen Marktpotenzials für biologisch abbaubare Kunststoffe folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Erschließung neuer Marktsegmente
 - Notwendigkeit von Investitionen zur Etablierung bzw. Modifizierung von Produktions- und Verarbeitungsanlagen
 - Verfügbarkeit der Rohstoffe (Herkunft, Konstanz der Belieferbarkeit, Qualität, Preise)
 - In Einzelfällen, in denen Entsorgungserfordernisse bestehen:
 - Existenz geeigneter Erfassungssysteme für geeignete Entsorgungsverfahren (s. Kapitel 3 „Abfallwirtschaft“) mit ausreichender Kapazität und Flächendeckung
- Nur wenige biologisch abbaubare Kunststoffe werden derzeit im industriellen oder halbindustriellen Maßstab erzeugt. Unter den im Jahr 1997 produzierten biologisch abbaubaren Kunststoffen haben Produkte auf der Basis von Stärke den größten Anteil. Bedeutendes Wachstumspotenzial wird petrochemisch erzeugten abbaubaren Kunststoffen vorausgesagt. Dieses beruht darauf, dass sich der Ausbau der Kapazitäten für solche biologisch abbaubaren Kunststoffe sowohl hinsichtlich der Anlagentechnik als auch hinsichtlich der Produktions- und Verfahrenstechnik an die Erkenntnisse der Herstellung der routinierten Prozesse der Standardkunststoffe anlehnt.

Anlagenkapazitäten sind jedoch zu unterscheiden von tatsächlichen Produktionsmengen. Die Kapazitätsangaben sind deshalb zum Teil deutlich größer als Produktionsangaben, weil zum einen die Daten häufiger auf Anlagenplanungen beruhen und zum anderen Anlagen in der Regel nur zu einem geringen Anteil ausgelastet sind. Ferner erhofft man sich durch die Erschließung neuer Marktsegmente (z. B. Verbundsysteme mit Papier) oder auch durch neue Techniken (z.B. Kapseln mit kontrollierter Wirkstofffreisetzung für die Landwirtschaft) eine Erhöhung der momentanen Absatzmengen.

Angaben zu den Mengen der produzierten BAW im Zeitraum von 1987 bis 1998 unterliegen einer großen Unsicherheit, da belastbare Daten nicht vorliegen. Die in 1998 produzierte Menge wird auf 5.000 t geschätzt.

2.2.4. Produktion von BAW in Niedersachsen

Die in 1998 produzierte Menge an BAW in Deutschland wird auf 5.000 t geschätzt. Auch in Niedersachsen werden nach Tab. 1 - 4 BAW hergestellt. Beispiele sind die Fa. PSP Papierschaum Priehs GmbH und die Wolff Walsrode AG. Für das Jahr 2002 wird eine deutliche Zunahme der produzierten Folien bei Wolff Walsrode AG prognostiziert, die zu einer deutlichen Auslastung der jetzt bestehenden Grundkapazität bei Bayer führen dürfte.

Die Wolff Walsrode AG, ein Unternehmen der Bayer AG, hat nach Schließung der Zellglas-Produktion am 28.02.1992 in 1993 mit der Forschung und Entwicklung von biologisch abbaubaren thermoplastischen, aliphatischen Cellulose-Derivaten begonnen. Heute stehen Produkte auf der Basis von Hydroxypropyl-Cellulose-Derivaten im Labormaßstab zur Verfügung. Das Entwicklungsprojekt befindet sich im Übergang zur Technikumsphase. Zu weiteren Herstellern in Niedersachsen liegen keine Angaben vor.

2.2.5. Preise

Die Erfahrung zeigt, dass ein Zusammenhang zwischen dem Granulatpreis (DM/kg) und der produzierten Menge (t/a) besteht.

Im log-log-Maßstab ergibt sich eine lineare Bezeichnung (Lernkurve s. **Abbildung 3**). Bei den Massenkunststoffen wie Polyethylen und Polypropylen, mit einem Weltverbrauch von jeweils 10^7 t/a liegen die Preise in der Größenordnung von 1,10 - 1,60 DM/kg. Für Produkte in Nischenanwendungen, z. B. flüssigkristalline Polymere (LCP) mit ca. 10^3 t/a, liegen die Preise deutlich über 10 DM/kg. Eine Konsequenz daraus ist, dass biologisch abbaubare Kunststoffe im Vergleich zu Standardkunststoffen und technischen Kunststoffen auf Grund ihrer geringen produzierten Mengen bislang teuer sind. Bei steigender Nachfrage können Produktionsmengen erreicht werden, die eine Preissenkung ermöglichen. Das Ausmaß der Preissenkung hängt von vielfältigen Faktoren ab.

Abbildung 3

Erlös 1997/98 [DM/kg]

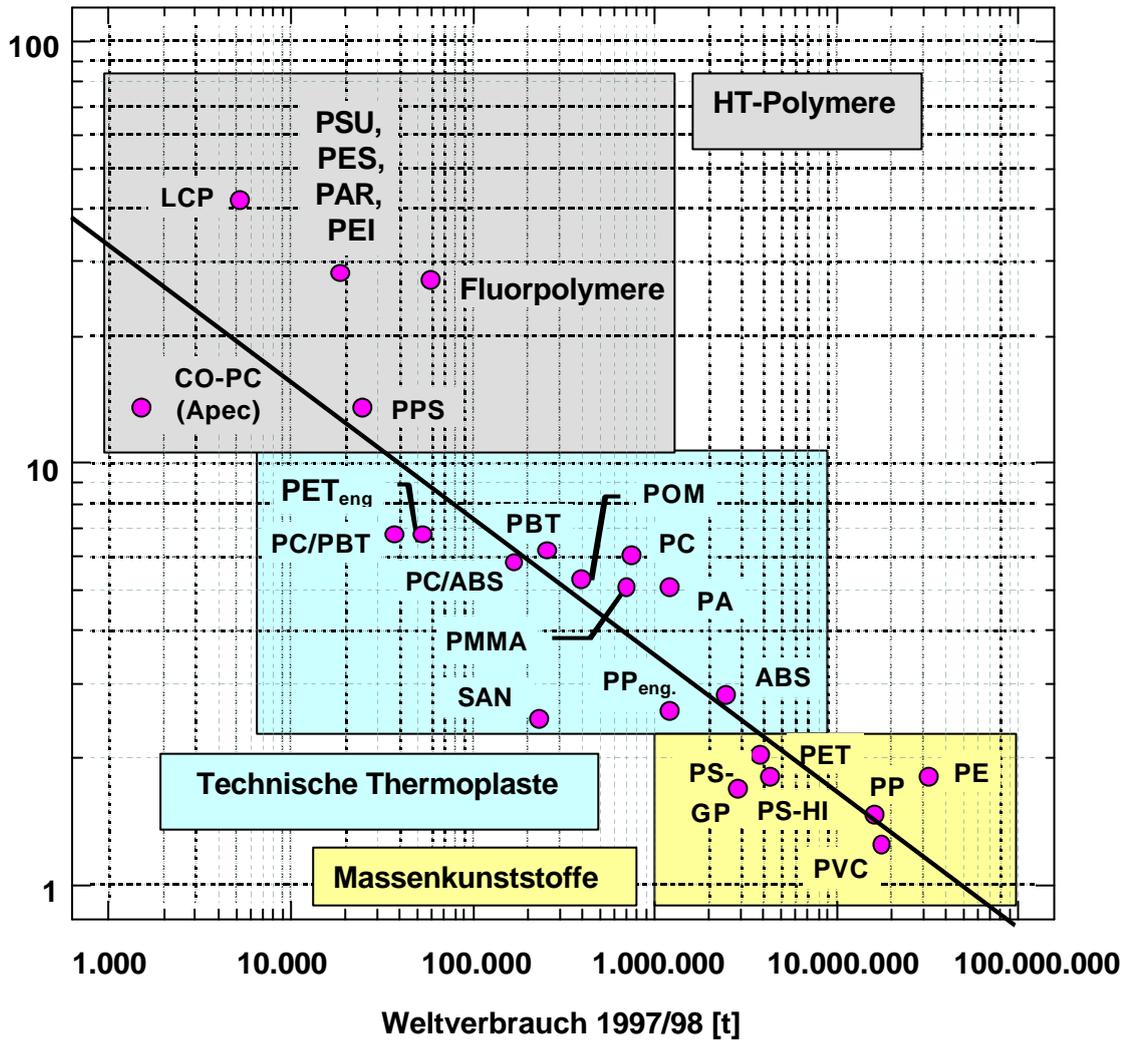


Abb. 3: Zusammenhang zwischen dem jährlichen Weltverbrauch (t) und dem Erlös (DM/kg) verschiedener Kunststoff-Produkte

Abbildung 3

Abkürzungen für die Mengen-Preis-Darstellung der Bayer AG:

PE	POLYETHYLEN
PP	POLYPROPYLEN
PVC	POLYVINYLCHLORID
PS	POLYSTYROL
PET	POLYETHYLENTEREPHTHALAT
PBT	POLYBUTYLENTEREPHTHALAT
ABS	ACRYLNITRIL-BUTADIEN-STYROL-COPOLYMERISAT
SAN	STYROL-ACRYLNITRIL-COPOLYMERISAT
PA	POLYAMID
PC	POLYCARBONAT
PMMA	POLYMETHYLENMETHACRYLAT
POM	POLYOXYMETHYLEN
PPS	POLYPHENYLENSULFID
PEI	POLYETHERIMID
PAR	POLYARYLATE
PES	POLYARYLEETHERSULFON
PSU	POLYSULFON
LCP	LIQUID CRYSTAL POLYMERS

2.2.6. Investitionen

Angaben zu getätigten Investitionen der BAW-Hersteller, die dem AK2 nicht angehören, sind dem AK2 nicht bekannt.

Laut Aussagen von Monsanto hat die Entwicklung von Biopol (ICI / Zeneca) in den letzten Jahren ca. 10 Mio. DM/a gekostet. Eine Aufschlüsselung nach Anlageinvestitionen ist nicht erhältlich.

Die Übertragung der Hydroxypropylcellulose-Lactat-Entwicklung von Wolff Walsrode AG in den Technikumsmaßstab erfolgt im neuen Polysaccharid-Technikum in dem auch andere F&E-Projekte umgesetzt werden. Die Investitionshöhe zur Standortsicherung der Cellulosechemie in Bomlitz beträgt 18 Mio. DM. Die Inbetriebnahme wird Anfang 1999 sein.

2.3 **Verarbeitung**

Für eine Markteinführung sind diejenigen biologisch abbaubaren Kunststoffe bevorteilt, für die bestehende Anlagen zur Verarbeitung genutzt werden können, d. h. wenn keine gravierenden Umbaumaßnahmen erforderlich sind und sie dem Stand der Technik genügen. Hierdurch lassen sich entwicklungsspezifische Aufwendungen zur Verarbeitung von biologisch abbaubaren Kunststoffen, die Zeit und Erfahrung benötigen, eingrenzen. Eine weitere Nutzung bestehender Anlagen dient sowohl dem Erhalt der Produktionseffizienz als auch dem Erhalt der Arbeitsplätze für diese kleineren Anlagen.

2.3.1 Verarbeiter von BAW

Die **Tabellen 1 - 4** geben Hinweise auch auf die Verarbeiter von biologisch abbaubaren Polymeren.

Inwieweit die Verarbeiter von BAW-Granulaten rückwärts integriert bis zur Rohstoffentwicklung/-herstellung sind, wurde noch nicht analysiert. So ist beispielsweise die Wolff Walsrode AG mit der Verarbeitung des Polyesteramids (BAK) des Bayer Konzerns mit in die Kunststoffentwicklung eingebunden. Für das Jahr 2002 wird eine deutliche Zunahme der produzierten Folien bei Wolff Walsrode prognostiziert, die zu einer guten Auslastung der jetzt bestehenden Grundkapazitäten bei Bayer führen dürfte.

Die produzierten Mengen aus Polyesteramid in der Bayer AG und der Anteil der bei der Wolff Walsrode AG daraus gefertigten Folien zeigt die **Abbildung 4**. Mit der Möglichkeit der Herstellung von Polyesteramid im Produktionsmaßstab wird z. Zt. die Anbietersphase durchlaufen.

Die Anzahl der Mitarbeiter, die in der Bayer AG und in der Wolff Walsrode AG ab der Entwicklung von Polyesteramid und Hydroxypropyl-Cellulose-Diacetat beschäftigt sind, geht aus der **Abbildung 5** hervor. Der Schwerpunkt in der Bayer AG liegt auf dem Gebiet der Entwicklung, Herstellung und Vermarktung des Polyesteramids. Die erfolgreiche Produktentwicklung wird Arbeitsplätze sichern und darüber hinaus neue Arbeitsplätze schaffen können.

Die Verarbeiter von BAW in Niedersachsen sind in der **Tabelle 6** genannt (Quelle: Studie des Nieders. Ministeriums der Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 1998). Angaben über die verarbeiteten Kunststoffmengen liegen nicht vor.

Abbildung 4 +5

Bedeutung von BAK für Bayer

Anzahl an Mitarbeitern
im Bereich BAW

Abbildung 5

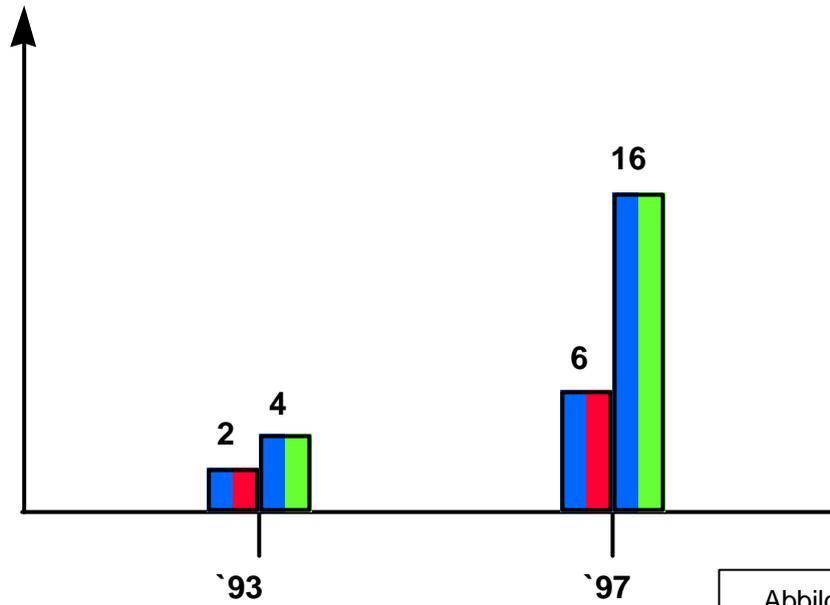
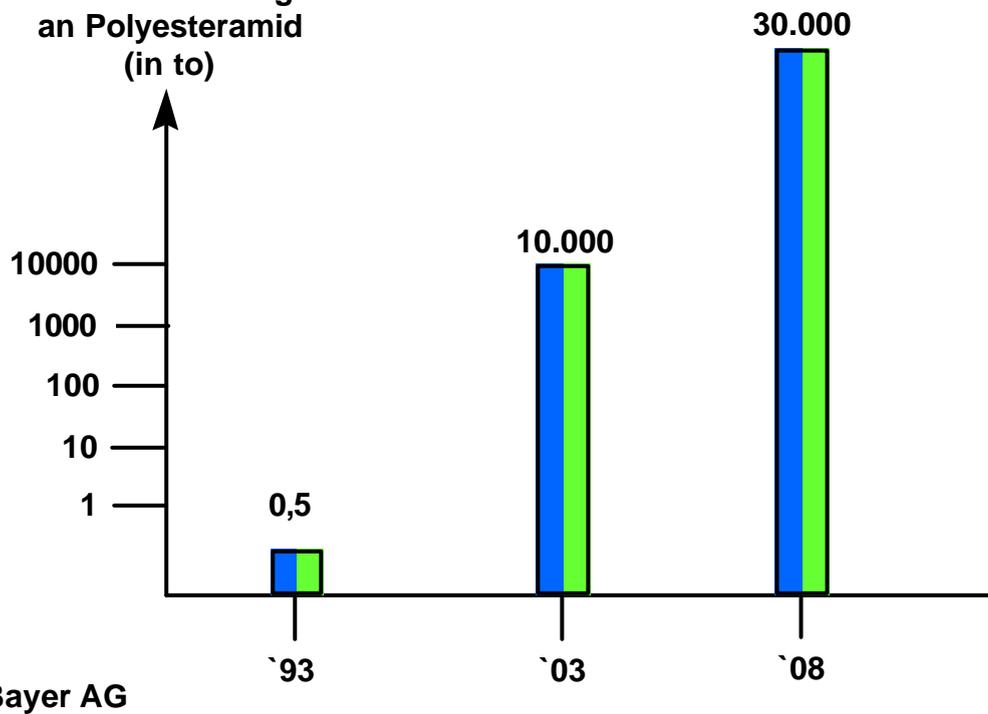


Abbildung 4

Produzierte Menge
an Polyesteramid
(in to)



 Bayer AG

Verarbeiter von BAW			Tabelle 6
<i>Name</i>	<i>Gruppe</i>	<i>Produkt</i>	<i>Materialien</i>
Corovin GmbH Milchsäure	Vliese, Hygieneartikel	Vliesherstellung für Hygieneartikel und Landwirtschaft, Baustoffe	Stärke,
Dettmer Verpackungen GmbH	Verpackungen, Folien	Folien für die Verpackung von Nahrungs- und Genussmittel	Stärke
Mündener Gummiwerk GmbH	Gummiartikel	Gummitteile für KFZ, Bergbau und Bauindustrie	Naturkautschuk
Natura Verpackungs GmbH	Verpackungen, Folien	natura-flex, Folie, Bändchengewebe, Säcke, Urnen	Stärke
Omni-Pac GmbH Verpackungsmittel Biopolymere, Fasern	Verpackungen	Folien aus bioabb. Rohstoffen aus N.R. (lebensmittelecht, tiefziehbar) (Fasergussverpackungen)	div.
Pöppelmann GmbH & Co.	Pflanzgefäße, Verpackungen	Stärketopf, Biotec (div. Kunststoffartikel, Paletten, Erdölbasis)	Stärke
Renolli-Werke GmbH Zweigniederlassung SZ	Pflanzgefäße	Töpfe, Spritzguss, Faserverbunde (Folien, Folienkaschierungen, Erdölbasis)	Stärke, Fasern
Werner Achilles GmbH & Co. KG	Folien	Ökophan, Kaschierfolie für Druckerzeugnisse, Stärke, Erdölanteil	Stärke, Mais
Wolff Walsrode AG	Folien	LPN 1101, Walocal, Polyester, Cellulose	Cellulose, Erdöl

2.4 Anwendungen

2.4.1 Produktnutzen in und nach Gebrauch

Der Lebensweg von BAW, d. h. ihre Herstellung, Verarbeitung, Anwendung, Entsorgung sowie alle damit verbundenen Serviceleistungen, wie z. B. Transporte, Handel etc., zeigt **Abbildung 6**. Die darin aufgezeigten Wege beinhalten keine Zuordnung zu ökonomischen oder ökologischen Größen und deren Bewertung. Grundsätzlich sind für biologisch abbaubare Kunststoffe zunächst dieselben Rahmenbedingungen wie für herkömmliche Kunststoffe maßgebend. Auf die regulatorische Problemlage auf Grund ordnungspolitischer Rahmenbedingungen, wie z. B. durch die Verpackungsverordnung (VerpackV) oder die Bioabfallverordnung (BioAbfV), wird im Kapitel 3 eingegangen.

Als wesentliches Ziel für die Entwicklung von Produkten aus abbaubaren Kunststoffen sind sinnvolle Einsatzbereiche in solchen Anwendungen anzusehen, bei denen unter ökologischen und ökonomischen Aspekten der praktische Nutzen der Abbaubarkeit beim Gebrauch und/oder bei der Entsorgung im Vordergrund steht. Hierzu können folgende Beispiele u. a. aus den Bereichen Agrar, Verpackung und Medizin genannt werden:

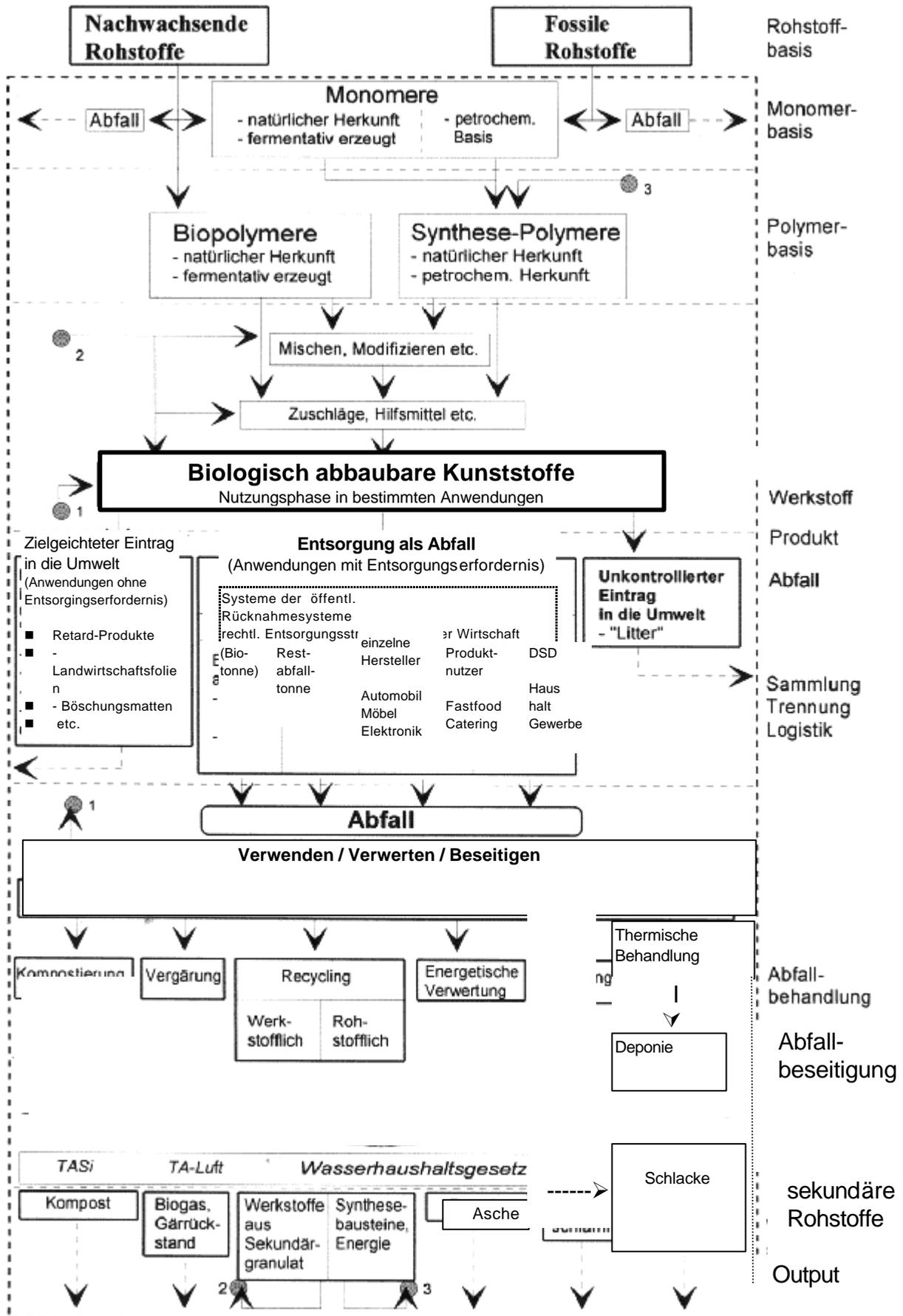
- Einsparen aufwändiger Sammeleinrichtungen, z. B. Pflanztöpfe aus BAW
- Kein Entsorgungserfordernis im Pflanzen- und Gemüseanbau, z. B. Mulchfolien aus BAW
- Möglichkeit zur vereinfachten Handhabung und verbesserter Hygiene beim Umgang mit organischen Abfällen im Haushalt z. B. kompostierbare Beutel
- Reduzierung von Folgeaufwendungen, einschließlich sozialer und ökonomischer Belastungen, z. B. resorbierbare Implantate
- Verpackung von Füllgütern, bei denen der Qualitätserhalt des Füllgutes bis zur Anwendung einerseits und die Nutzung der biologischen Abbaubarkeit andererseits gefordert werden (Kontrollierte Freisetzung von Wirkstoffen, z. B. in der Land-, Forstwirtschaft und Gartenbau)
- Kein Verbleib von nicht abbaubaren Stoffen im Boden, z. B. im Pietätsbereich.

2.4.2. Anwendungsbereiche und Entsorgungserfordernisse

Anwendungsgebiete von BAW lassen sich gemäß **Abbildung 7** nach Entsorgungserfordernis in die Bereiche

- Anwendungen ohne Entsorgungserfordernis
- räumlich begrenzte Anwendungen mit Entsorgungserfordernis
- großräumige Anwendungen mit Entsorgungserfordernis einteilen.

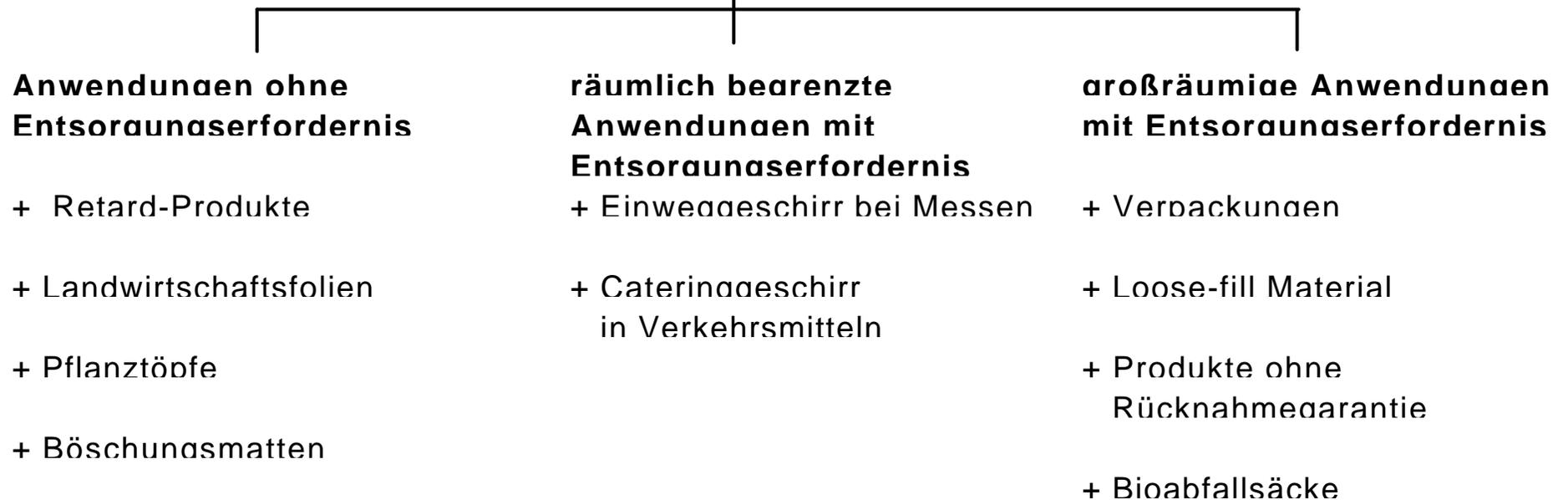
Abbildung 6



Lebensweg biologisch abbaubarer Kunststoffe

Abbildung 7

Anwendung biologisch abbaubarer Kunststoffe gemäß Entsorgungserfordernis



In der Diskussion dieser Anwendungsfelder sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

1. Es muss gewährleistet sein, dass durch die zusätzliche Eigenschaft der biologischen Abbaubarkeit in der Gebrauchsphase die technische Funktionsfähigkeit der BAW erhalten bleibt.
2. Durch die biologische Abbaubarkeit soll ein zusätzlicher Nutzen erreicht werden.

Es bietet sich die Chance, durch die Abbaubarkeit einen zweckorientierten Zusatznutzen zu erfüllen, wodurch sich BAW für spezielle Anwendungsfelder eignen. Die Eigenschaft der Abbaubarkeit allein ist hierfür nicht als Vorteil anzusehen.

Bei BAW-Produkten mit Entsorgungserfordernis ist die Eigenschaft „biologisch abbaubar“ nicht für den Gebrauch des Produktes, sondern ausschließlich für dessen Entsorgung als Abfall von Bedeutung. Inwieweit die zusätzlichen Entsorgungsoptionen Kompostierung und Vergärung aus abfallwirtschaftlicher Sicht einen Nutzen darstellen, wird im Kap. 3 bewertet.

2.4.3. Strukturen im Umfeld der BAW-Industrie

Die Interessengemeinschaft biologisch abbaubare Werkstoffe e. V. (IBAW) hat das Ziel der Förderung einer Kreislaufwirtschaft mit biologisch abbaubaren Werkstoffen. Zu diesem Zweck gründeten Werkstoffhersteller, Verarbeiter, Anwender, Handel, Forschung, (Industrie etc.) und Entsorger den Verein. Wie **Abbildung 8** zeigt, nahm die Zahl der Verarbeiter überdurchschnittlich von 1996 - 1997 zu. Diese Gruppe ist nun fast so stark geworden, wie die Gruppe der BAW-Hersteller.

Die Aufstellung macht deutlich, dass mit der fortschreitenden Rohstoff- und Produktentwicklung sowie deren Markteinführung nun verstärkt die Verarbeiter als Akteure dazu kommen.

2.5 F&E auf dem Sektor Polymere und Kunststoffe

2.5.1 F&E-Struktur für BAW in Deutschland

Die in Deutschland auf dem Gebiet der biologisch abbaubaren Polymere und Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen im F&E-Bereich aktiven Gruppen sind organisatorisch

- den Universitäten und Fachhochschulen
- den außeruniversitären F&E-Instituten sowie
- der Industrie

zugeordnet und in der als **Anlage 11** beigefügten Zusammenstellung dokumentiert. Die oft enge Verflechtung der F&E-Ziele „Bioabbaubarkeit“ und „Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen“ lässt diese Bündelung sinnvoll erscheinen.

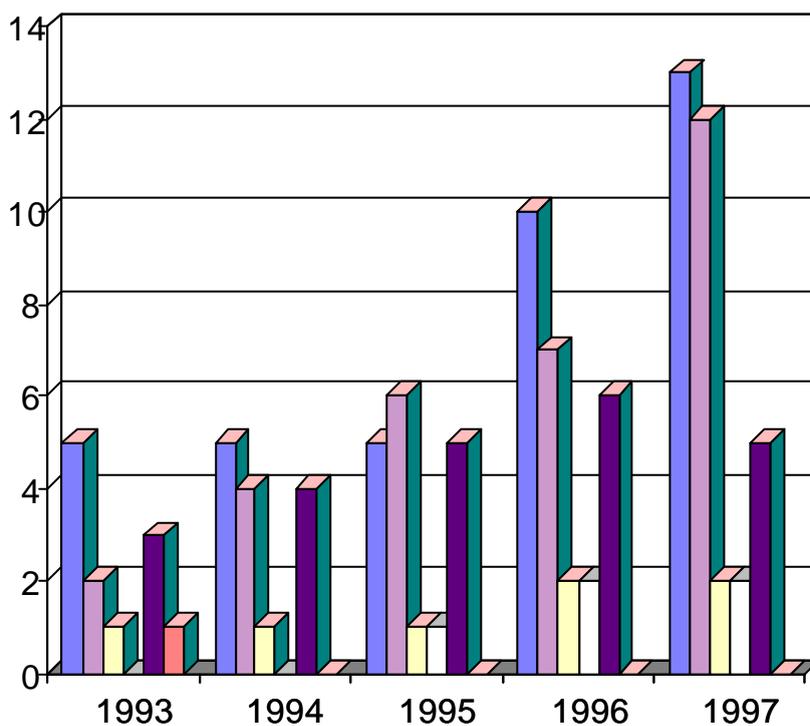
Mit 25 Hochschulen, 21 außeruniversitären und 16 industriellen Gruppen sind die Gewichte gleichmäßig verteilt. Bezüglich der industriellen Forschung sind in dieser Darstellung nur diejenigen Firmen erfasst, deren Projekte öffentlich gefördert und daher auch öffentlich dokumentiert sind. Da es sich bei den BAW um neue Produkte handelt, muss grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass alle in Kap. 2.2 genannten BAW-Hersteller über nicht unwesentliche F&E-Aktivitäten verfügen. Die **Patentanmeldungen** sind dafür ebenfalls ein

Hinweis (siehe Kap. 2.6). Interessante Information liefert eine Strukturierung aller Eintragungen mit Blick auf **thematische** und **regionale** Aspekte.

Abbildung 8

Mitglieder der IBAW nach

	1993	1994	1995	1996	1997
Werkstoffhersteller	5	5	5	10	13
Verarbeiter	2	4	6	7	12
Anwender	1	1	1	2	2
Handel	0	0	1	2	2
Forschung (Institute ect.)	3	4	5	6	5
Entsorgung	1	0	0	0	0
Gesamt	12	14	18	27	34



Thematisch bzw. methodisch kann dieser F&E-Bereich wie folgt gegliedert werden:

1. Synthese

- chemisch
- biologisch (Pflanzen, Mikroorganismen)

2. Analytik

- chemisch/physikalisch
- biologisch

3. Werkstoffentwicklung

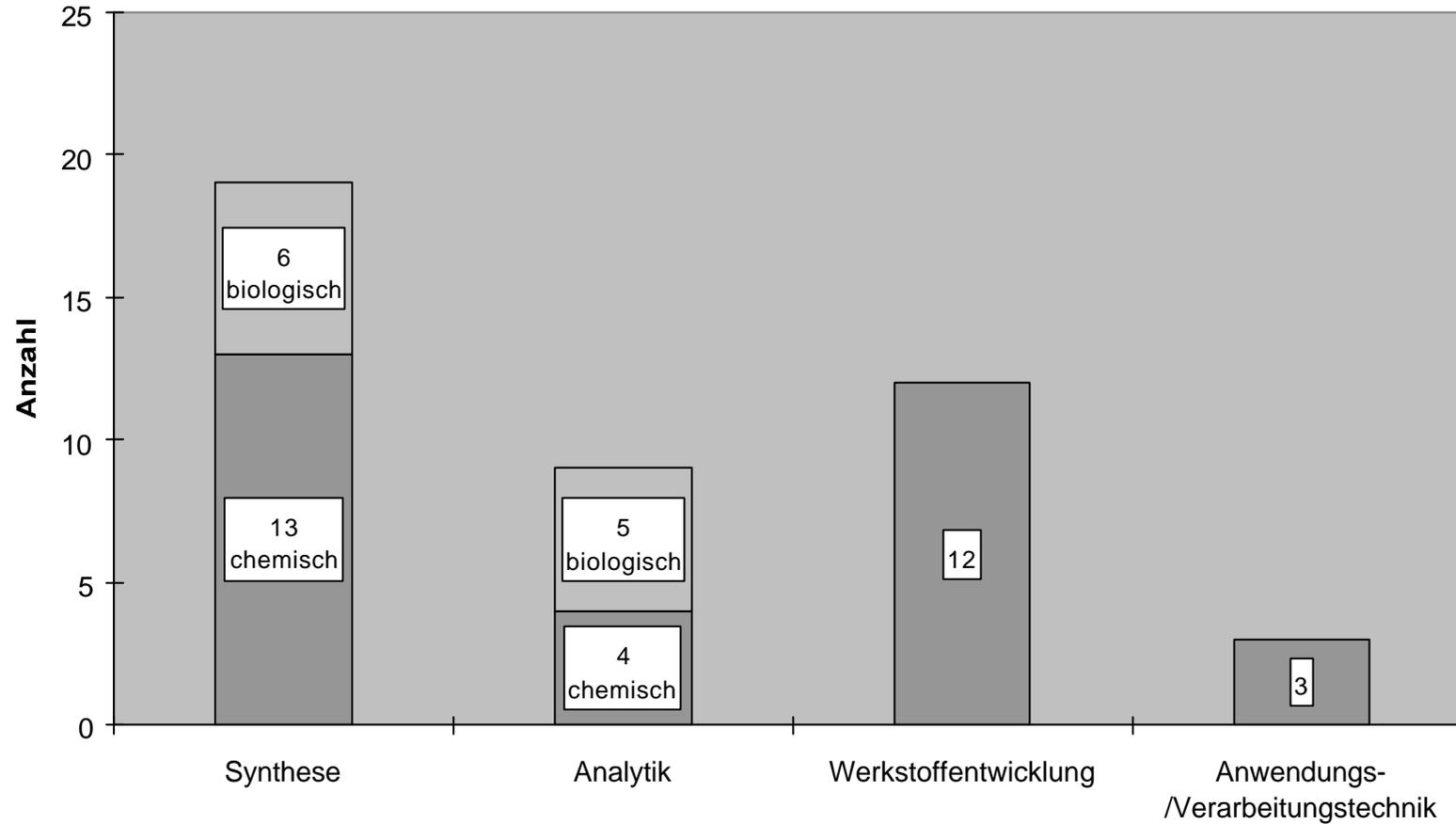
4. Verarbeitungstechnik

Abbildung 9 zeigt die Verteilung der universitären und außeruniversitären Gruppen auf diese Teilgebiete. Es ist offensichtlich, dass sich die öffentliche Forschung vorrangig den grundlegenden (akademischen) Fragen der Synthese und Analytik/Charakterisierung zuwendet. Der Werkstoffentwicklungsbereich ist noch relativ gut vertreten, aber es bleibt zu bewerten, wieweit diese Arbeiten wirklich industriellen Produktkriterien genügen, oder nicht auch erhebliche Anteile „akademischer“ Arbeitsanteile beinhalten. Arbeiten zur Anwendungs- und Verarbeitungstechnik sind nur untergeordnet zu finden. Offensichtlich existiert eine Lücke in der Entwicklungslinie von den chemisch-biologischen Grundlagen zur industriellen Produktgestaltung, vor allem im Bereich Anwendungs- und Verarbeitungstechnik. Der finanzielle Einsatz für öffentliche BAW-F&E kann bei einer durchschnittlichen Ausstattung von DM 500.000,- pro Gruppe und 46 Gruppen auf ca. 25 Mio./a geschätzt werden.

In der regionalen Verteilung in Deutschland gibt es wenig Schwerpunktbildung. Über das Land verteilt von Kiel bis Regensburg oder Düsseldorf bis Dresden finden sich einzelne Aktivitäten.

Von dieser Streuung abweichende Cluster finden sich aber im Dreieck Braunschweig/Hannover/Göttingen (12 Gruppen) (mit eindeutigen Schwerpunkt in Braunschweig mit 7 Gruppen) sowie im Bereich Berlin (4 Gruppen). Daraus ergeben sich interessante und gute Ansatzpunkte zur Thematik „Kunststoffe und BAW in Niedersachsen“.

**Thematisch/Methodische Verteilung der deutschen F&E-Aktivitäten
für Biologisch abbaubare Kunststoffe und Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen im nicht-
industriellen Bereich/Anzahl AG/**



2.5.2. F&E-Struktur für BAW und Polymere allgemein in Niedersachsen

Die F&E auf dem BAW-Sektor ist einzuordnen in die insgesamt in Niedersachsen angesiedelten Aktivitäten auf dem Gebiet „Polymere“

In den drei folgenden **Tabellen (7), (8) und (9)** sind diese Aktivitäten nach unterschiedlichen Gesichtspunkten geordnet:

Tabelle (7):	Institutionen (Hochschulen, Institute, Industrie)
Tabelle (8):	Kompetenzfelder - Methodisch
Tabelle (9):	Kompetenzfelder - Thematisch

Die an den 5 Universitätsstandorten

Braunschweig (BS)
Clausthal-Zellerfeld (CZ)
Göttingen (GÖ)
Hannover (H)
Osnabrück (OS)

angesiedelten Institute wurden in den Tabellen (7) und (8) den Bereichen

- Forschung (d. h. im Wesentlichen Grundlagenforschung)
- Entwicklung
- Anwendungstechnik

zugeordnet.

Wiederum ist das Übergewicht der Forschung deutlich, die recht weit vor der wirtschaftlichen Nutzung steht, und das Defizit in Richtung Anwendungstechnik/Verarbeitungstechnik wird auch speziell für Niedersachsen und für die Polymerforschung insgesamt bestätigt.

Es zeigt sich auch, dass die Polymerforschung an den Hochschulen im Wesentlichen eine chemische, d. h. substanzorientierte Ausrichtung besitzt, während die auf Werkstoff und Verarbeitungsprozesse (Kunststoff-Technik) bezogene Forschung und Lehre (noch) unterentwickelt ist. Clausthal-Zellerfeld hat hier in der Lehre die weitestgehenden Pläne.

Strukturell ist bemerkenswert, dass neben den Universitätsinstituten mit Schwerpunkt Braunschweig-Clausthal-Hannover die außeruniversitären Institute, vor allem im Raum Braunschweig, einen wichtigen Beitrag zur Polymerforschung leisten. An der Fachhochschule Wolfenbüttel ist am Standort Wolfsburg neben dem Bereich Recycling (Kunststoffverwertung) auch eine Richtung Kunststofftechnik mit entsprechender apparativer Technikumsausstattung im Aufbau.

Interessant, vor allem auch im Sinne des AK2, ist die thematische Konzentration der Polymer/Kunststoff-F&E in Niedersachsen in zwei erkennbaren Schwerpunkten:

Tabelle (7)

Polymere in Niedersachsen : INSTITUTIONEN

<i>FORSCHUNG</i>	<i>ENTWICKLUNG</i>	<i>ANWENDUNGS-TECHNIK</i>	<i>INDUSTRIE</i>
BS TU Makromolekulare Chemie/ FPZ TU Technol. der Kohlenhydrate/ FPZ TU Organische Chemie/ FPZ TU Pharmazeutische Technologie/ FPZ TU Baustoffk./ FPZ FAL Technologie/ FPZ GBF Bioverfahrenstechnik/ FPZ	BS DLR Strukturmech./ FPZ WKI Holzforschung/ FPZ FHS Wobü./Wolfsb. Recycling/ FPZ	BS Invent GmbH Peine Süddeutsches Kunststoffzentrum	Wolff Walsrode AG
CLZ TU Physikalische Chemie TU Technische Chemie TU Kunststoff Technik			Sommer-Allibert (Peine, Wolfsburg)
H UH Makromolekulare Chemie UH Werkstoffkunde	H DI Kautschuktechnologie ITG - Technik im Gartenbau		Continental AG UH Verfahrenstechnik Benecke
Gött UG Physikalische Chemie UG Mikrobiologie UG Forstbotanik			Elastogran
Osn UNI Chemie FHS Kunststoffbereich			Dow

Polymere in Niedersachsen: KOMPETENZFELDER/METHODISCH

Tabelle (8)

<i>FORSCHUNG</i>	<i>ENTWICKLUNG & ANWENDUNGSTECHNIK</i>	<i>ANWENDUNGSTECHNIK</i>
BS Monomersynthese (Chem./Biologie) Polymerisationstechnik Polymeranalytik Polymere und Pharmaz. Technik Werkstoffe im Bauwesen Biol. Abbau	<ul style="list-style-type: none"> • Carrier- Systeme • Biol. Abbau Kunststoffe • Holz- Veredelung (Binden, Lack, Kleber) • Faser- Verbund Techn. • Baustoffprüfung • Brandverhalten von Kunststoffen 	<ul style="list-style-type: none"> • Holz- Veredelung • Faserverbund Werkstoffe • Spitzgusstechnik (Peine)
CLZ Physik der Polymere Polymeranalytik Polymerisationstechnik Reaktivextrusion Kunst- Verarb. Technik Werkstoffe Molekular Modeling		
H Polymersynthese Polymeranalytik P.- Werkstoffe K.- Verarb. Technik	Elastomer/Kautschuk <ul style="list-style-type: none"> • Verarbeitung/Materialdesing/Simulation • P-Werkstoffe im Gartenbau (NaWaRo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vulkanisation Kautschuktechnologie <ul style="list-style-type: none"> • P-Werkstoffe im Gartenbau • (NaWaRo)
G Polymerisationstechnik - Hochdrucksynthesen	Kunststoff-Prüfung	
Osn Polymeranalytik	Verarbeitungsverfahren	

Tabelle (9)

Polymere in Niedersachsen: KOMPETENZFELDER / THEMATISCH

		<i>SPEZIFISCHE SCHWERPUNKTE</i>
BS	Polymere aus NaWaRo Biol. abbaubare Polymere Polymere in der Kreislaufwirtschaft	FPZ Franz-Patat-Zentrum Wiss.+Ind.+Öffentlichkeit
→	Polymere Hilfsstoffe Pharm./Medizin Klebstoffe Lacke/Disp. Carrier Systeme	BS/Wolfsburg Kunststoff -Technik und Recycling TU BS Studiengang Materialwissenschaft (Chemie+Physik+Maschinebau+Elektrotechnik)
→	Polymer Werkstoffe Baustoffe/Brandverhalten Elektronik Verkehrstechnik	
CLZ	Polymere Netzwerke Elastomere Copolym/Poly Blends Verträglichkeit	
→	Polymere Werkstoffe	TU Clausthal Studiengang Kunststofftechnik
H	Polymere/Elastomere/Kautschuk Polymere aus NaWaRo	TU Clausthal+ Graduiertenkolleg Elastomere Universität Hannover
→	Polymer Werkstoffe/Elastomere Elektronik	
G Osn	Hochdruck-Synthese	

Schwerpunkt 1: Biologisch abbaubare Polymere und nachwachsende Rohstoffe

Am Standort Braunschweig und durch das Franz-Patat-Zentrum organisatorisch verbunden arbeitet eine Zahl von Instituten an der Entwicklung neuer Polymere, u. a. sowohl für den Bereich

- Polymere Werkstoffe (u. a. BAW) als auch
- Polymere Hilfsstoffe.

Wichtige Forschungsthemen in Synthese, Charakterisierung und anwendungsnaher Prüfung sind dabei

- nachwachsende Rohstoffe
- biologisch abbaubare Polymere.

Anwendungssektoren, die in Verbundprojekten bearbeitet werden, dienen der Werkstoffentwicklung für die Baustoffe und die Verkehrstechnik (Flugzeug, Auto usw.). Bei den Polymeren Hilfsstoffen geht es um die Bereiche Pharmazie/Medizin, Landwirtschaft, Abwassertechnik sowie Klebstoffe und Lackzusatzstoffe.

Schwerpunkt 2: Elastomere

Vom Standort Hannover (Universität und DIK/Deutsches Institut für Kautschuktechnologie) ausgehend wird durch Einbindung der TU Clausthal das Thema „Elastomere“ (Kautschuk) in Lehre, Forschung, Entwicklung bis hin zur Industrie (Continental AG) diese wichtige polymer-technologische Thematik konzentriert bearbeitet.

2.5.3. F&E-Stuktur für BAW an den Fachhochschulen in Niedersachsen

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten an den niedersächsischen Fachhochschulen konzentrieren sich auf die im Folgenden genannten Standorte.

In Wolfsburg wird in verschiedenen Projekten die gesamte Wertschöpfungskette im Bereich Kunststoffe untersucht: Rohstoffe (auch nachwachsende Rohstoffe) → Kunststoffe → Produkte → Recycling.

Hierzu stehen neben vier neuen Kunststofflaboren und Analytik-Labor im Industriegebiet ein eigenständiges Technikum mit angeschlossenem Kunststoffprüflabor zur Verfügung. Seit 1998 erfolgt über die VW-Stiftung eine Schwerpunktförderung zum Thema „Kunststoffaufbereitung und Recycling“. Stark ausgeprägt ist die Kooperation mit der niedersächsischen VW-Zulieferindustrie (Kunststoffe im Automobil) und mit dem Norddeutschen Kunststoffzentrum (NKZ) in Peine.

In Osnabrück liegen die Forschungsschwerpunkte in den Bereichen Prüfung von Kunststoffen und Elastomeren, Rheologie von Polymerschmelzen, Charakterisierung des Verarbeitungsverhaltens, Entwicklung neuer Prüf- und Auswertungsverfahren sowie Thermoplastische Elastomere.

Auch an anderen Fachhochschulen in Niedersachsen werden punktuell F&E-Aktivitäten zum Thema „Kunststoffe“ durchgeführt. Zu nennen ist hierbei z. B. die FH Emden.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Bereich Kunststoffe in Lehre und Forschung an den Fachhochschulen in Niedersachsen ausreichend repräsentiert ist.

2.6 Biologisch abbaubare Kunststoffe im Spiegel der Patente

Eine Patentrecherche in der Datenbank Chemical Abstracts (CA) über biologisch abbaubare Polymere spiegelt die intensive Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet in den letzten Jahren wieder. Von den weltweit insgesamt im Zeitraum von 1967 bis zum 10.3.1998 erfassten 694 Patenten können über $\frac{3}{4}$ (544) den vergangenen fünf Jahren bis 1993 zugeordnet werden (**Abbildung 10, Tabelle 10**). Allein 1997 erfolgten 239 Patentanmeldungen, das sind 34 % der Patente im betrachteten Zeitraum!

Da die Datenbank CA statisch aufgebaut ist, erfolgt keine systematische Fortschreibung von Patentfamilien, d. h. es kann davon ausgegangen werden, dass keine Mehrfachnennungen auftreten.

Tabelle 10: Patentanmeldungen für biologisch abbaubare Kunststoffe

Landes-Code	1993	1994	1995	1996	1997	1998 bis 10.3.
JP Japan		26	30	58	145	9
WO WIPO (Weltpatente)		13	22	30	50	1
EP Europäische Patentorganisation		10	3	4	13	1
US USA		3	9	7	17	1
DE Bundesrepublik Deutschland		9	2	2	11	0
AU Australien		0	0	0	1	0
ES Spanien		0	0	0	1	0
FR Frankreich		1	1	2	0	0
CA Canada		3	1	1	0	0
CN China		0	1	0	0	0
FI Finnland		0	1	0	0	0
NL Niederlande		0	1	0	0	0
GB Großbritannien		1	0	0	0	0
	52	66	71	104	239	12

Die Betrachtung der Anzahl der Patente nach dem Landes-Code (**Abbildung 11**) zeigt ein starkes Übergewicht der japanischen Patente neben den Weltpatenten und US-Patenten. Nach den Anmeldungen bei der Europäischen Patentorganisation (EP) nehmen in dieser Rangfolge die Deutschen Patente jedoch schon Platz 5 ein. Eine Beurteilung der tatsächlichen Forschungs- und Entwicklungsaktivität eines Standortes ist durch die folgende Auflistung der Patentanmelder seit 1985 möglich. Es zeigt sich auch hier die Dominanz Japans mit 28 vertretenen Firmen vor der USA mit 8 und Deutschland mit 5 Firmen.

Abbildung 10

Übersicht: Patentanmeldungen für biologisch abbaubare Kunststoffe

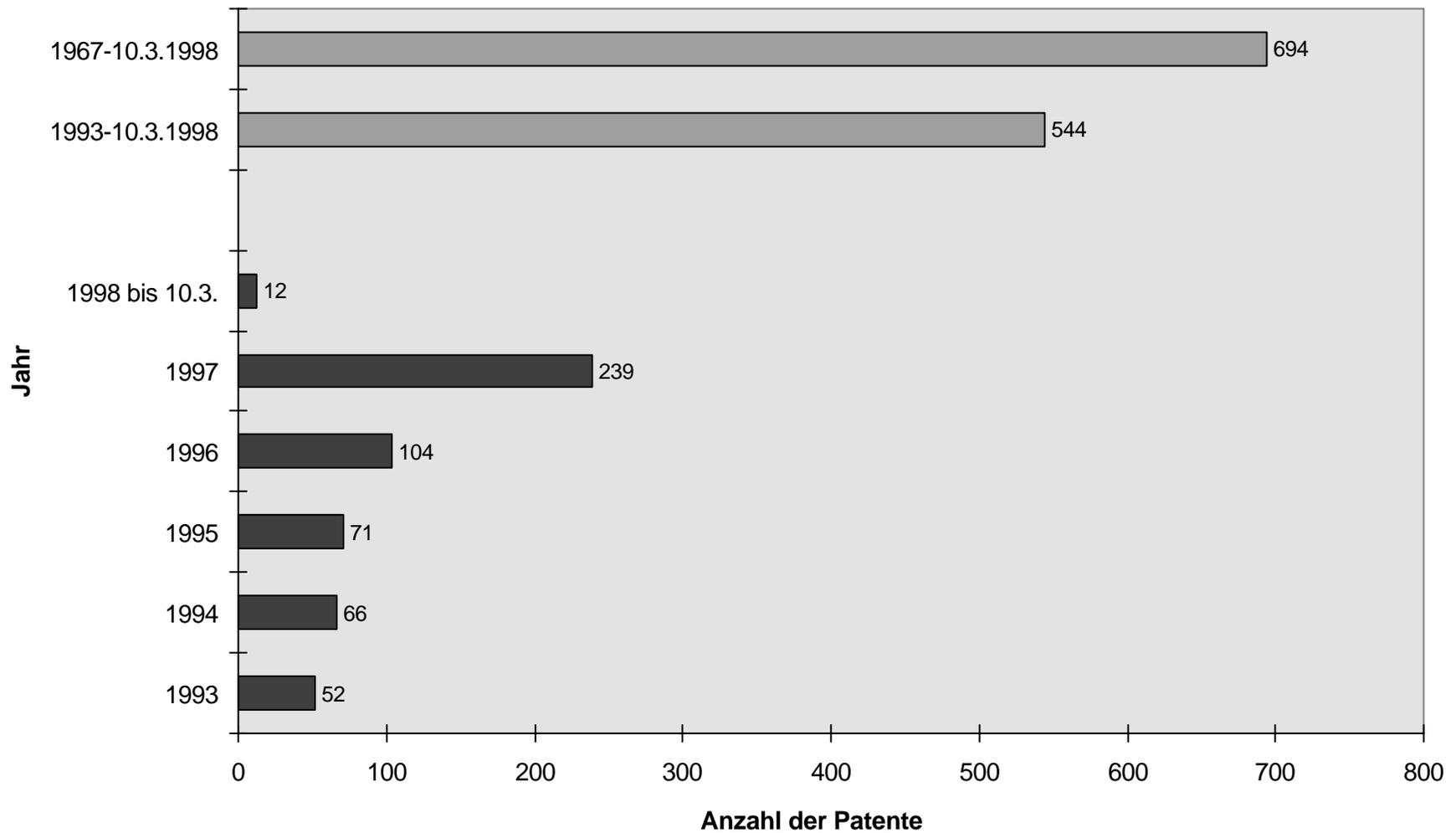
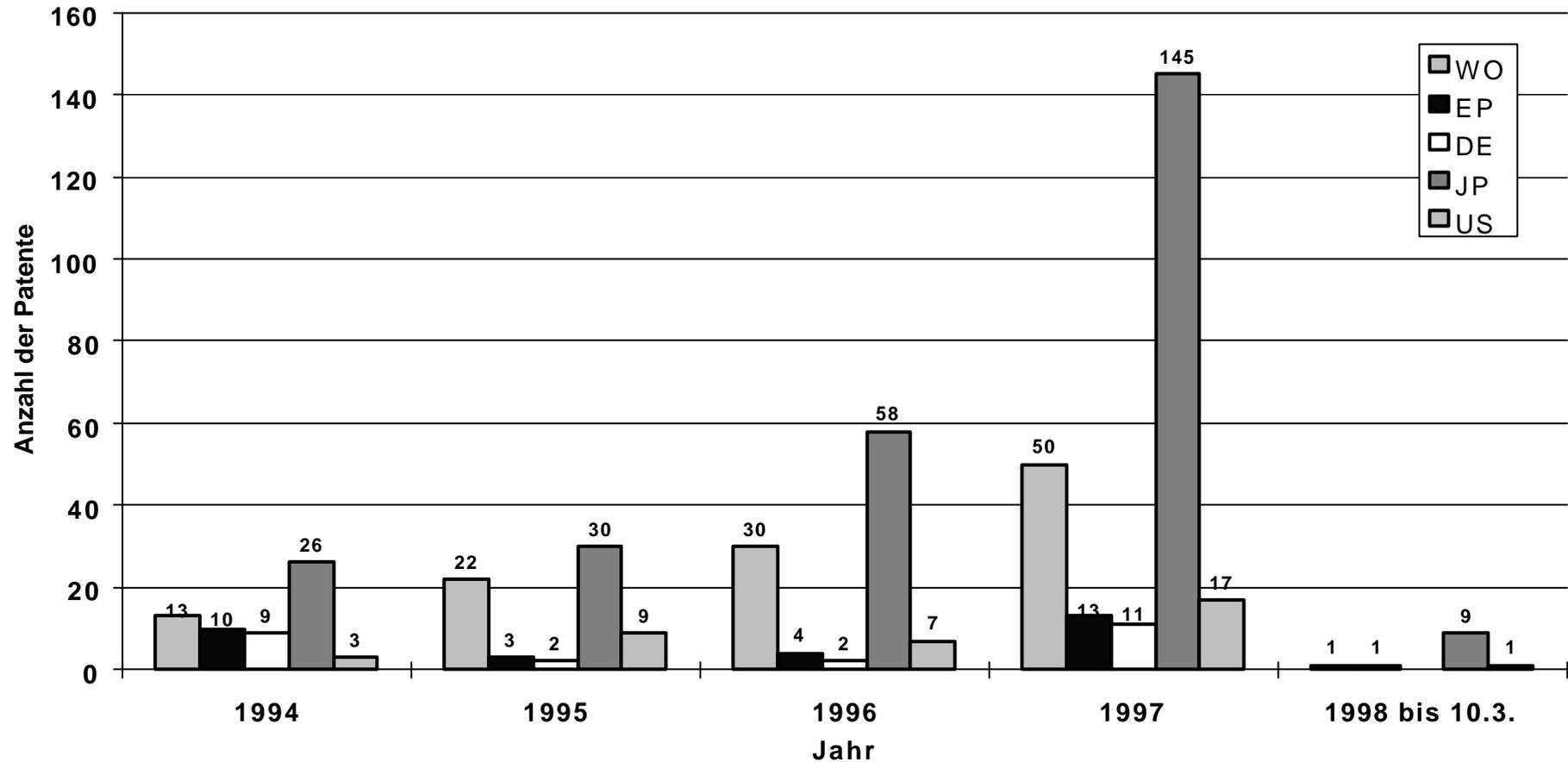


Abbildung 11

Patentanmeldungen für biologisch abbaubare Polymere seit 1994 mit Landes-Code



Patentanmelder ab 1985 mit Anzahl der Patente

(Anmelder mit mindestens 3 Anmeldungen im Zeitraum 1985 - 10.3.1998)

E1	19	MITSUI TOATSU CHEMICALS, JAPAN/CS
E2	13	MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, USA/CS
E3	12	TOPPAN PRINTING CO LTD, JAPAN/CS
E4	11	MITSUI TOATSU CHEMICALS, INC., JAPAN/CS
E5	10	SHIMADZU CORP., JAPAN/CS
E6	10	TAKEDA CHEMICAL INDUSTRIES, LTD., JAPAN/CS
E7	9	USA/CS
E8	8	KOGYO GIJUTSUIN, JAPAN/CS
E9	7	CHISSO CORP., JAPAN/CS
E10	6	CHIKYU KANKYO SANGYO GIJUTSU K/CS
E11	6	DAINIPPON INK & CHEMICALS, JAPAN/CS
E12	6	HUELS A.-G., GERMANY/CS
E13	6	KURARAY CO, JAPAN/CS
E14	6	MITSUBISHI CHEMICAL INDUSTRIES LTD., JAPAN/CS
E15	6	UNITIKA LTD, JAPAN/CS
E16	5	SHIMADZU CORP, JAPAN/CS
E17	5	TOYO BOSEKI, JAPAN/CS
E18	4	BASF A.-G., GERMANY/CS
E19	4	BAYER A.-G., GERMANY/CS
E20	4	CANON KK, JAPAN/CS
E21	4	NIPPON CATALYTIC CHEM IND, JAPAN/CS
E22	4	NIPPON SYNTHETIC CHEM IND, JAPAN/CS
E23	4	PHARMACEUTICAL DELIVERY SYSTEMS, INC., USA/CS
E24	4	SHIN-ETSU CHEMICAL INDUSTRY CO., LTD., JAPAN/CS
E25	4	UNITED STATES DEPT. OF THE ARMY, USA/CS
E26	4	UNITIKA LTD., JAPAN/CS
E27	4	UNIVERSITY OF SOUTHERN CALIFORNIA, USA/CS
E28	3	AGENCY OF INDUSTRIAL SCIENCES AND TECHNOLOGY, JAPAN/CS
E29	3	ALL-UNION SCIENTIFIC-RESEARCH INSTITUTE OF MEDICAL TECHNOLOGY, USSR/CS
E30	3	BIOCON OY, FINLAND/CS
E31	3	BIODATA OY, FINLAND/CS
E32	3	BOARD OF REGENTS, THE UNIVERSITY OF TEXAS SYSTEM, USA/CS
E33	3	CAN./CS
E34	3	DAINIPPON PRINTING CO., LTD., JAPAN/CS
E35	3	DYNAGEN, INC., USA/CS
E36	3	HOECHST A.-G., GERMANY/CS
E37	3	IDEMITSU KOSAN CO., LTD., JAPAN/CS
E38	3	IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES PLC, UK/CS
E39	3	KIRSCH, AXEL, GERMANY/CS
E40	3	MEDISORB TECHNOLOGIES INTERNATIONAL L.P., USA/CS
E41	3	NIPPON SHOKUBAI KAGAKU KOGYO CO., LTD., JAPAN/CS
E42	3	NIPPON STARCH CHEMICAL CO., LTD., JAPAN/CS
E43	3	NOVAMONT S.P.A., ITALY/CS
E44	3	PELTONEN, SOILI/CS
E45	3	SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD., JAPAN/CS
E46	3	SUZUKI CO., LTD., JAPAN/CS
E47	3	TANABE SEIYAKU CO., LTD., JAPAN/CS
E48	3	TOERMAELAE, PERTTI/CS
E49	3	TOPPAN PRINTING CO., LTD., JAPAN/CS
E50	3	TOYOBO CO., LTD., JAPAN/CS

2.7 Zusammenfassung

1. Eine allgemeine, generell akzeptierte Definition des Begriffs „Biologische Abbaubarkeit“ existiert nicht.

Aus naturwissenschaftlicher Sicht handelt es sich um Stoffe, die unter Einwirkung von Mikroorganismen bzw. Enzymen einem vollständigen Abbau zu CO₂, H₂O und Biomasse unterliegen.

Aus praktischer Sicht gibt es die Forderung nach Definition von Randbedingungen, unter denen der Abbau reproduzierbar gemessen und bewertet werden kann. Ein allgemein akzeptiertes Verfahren zur Standardisierung der Untersuchung der biologischen Abbaubarkeit gibt es noch nicht.

2. Biologische Abbaubarkeit ist eine Stoffeigenschaft. Sie erlaubt die Synthese dieser Produkte gleichrangig sowohl aus nachwachsenden als auch fossilen Ressourcen. Eine Diskriminierung der fossilen Rohstoffbasis ist nicht zu begründen.

3. Die Bestandsaufnahme belegt die Tatsache, dass die biologisch abbaubaren Kunststoffe in den vergangenen 10 Jahren eine erfolgreiche Entwicklung von der Laborforschung bis zum industriellen Produkt vollzogen haben. Dies ist das Ergebnis der Umfrage bei den beteiligten Unternehmen.

Allein in den letzten 5 Jahren wurden ca. 80 % aller derzeit gültigen Patentanmeldungen getätigt.

4. BAW zielen nicht vorrangig auf die Substitution konventioneller Kunststoffe. Vielmehr gilt es, einen solchen Markt für Anwendungen zu erschließen, bei denen die biologische Abbaubarkeit als zusätzliche Eigenschaft genutzt wird und eine entsprechende Nachfrage existiert. Dabei stehen Anwendungen ohne Entsorgungserfordernis im Vordergrund. In diesem Licht besitzen die BAW ihre Bedeutung als Spezialprodukte mit einem vergleichsweise geringen Anteil an der Gesamt-Kunststoffproduktion. Z. Zt. liegt die produzierte Menge in Deutschland bei ca. 5000 t/Jahr (1998).

5. Niedersachsens Industrie ist an der Entwicklung dieses innovativen Wirtschaftszweiges sowohl in F&E, der Herstellung und Verarbeitung maßgeblich mit beteiligt.

6. In der nicht-industriellen Forschung und Entwicklung wird das Thema BAW oft in Verknüpfung mit dem Thema „Nachwachsende Rohstoffe“ in ca. 50 Arbeitsgruppen bearbeitet. Eindeutige Schwerpunktbildung gibt es dazu im Raum Braunschweig/Hannover/Göttingen - mit einem starken Zentrum in Braunschweig - sowie in Berlin. In diesem Sinne kann von einer niedersächsischen Stärke gesprochen werden.

7. Das Schwergewicht der F&E-Kompetenz liegt im Bereich der Synthese und Analytik neuer Werkstoffe. Im Hinblick auf den Brückenschlag zur Industrie ist eine Schwäche im Bereich der Werkstoffentwicklung und der produktionsorientierten Anwendungstechnik festzustellen.



3 Rechtliche Grundlagen

3.1 Allgemeines

Bei der Weiterentwicklung der gesetzlichen Regelungen auf dem Gebiet der Abfallentsorgung wurden in dem 1994 verabschiedeten Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) nicht nur die bestehenden Vorgaben überarbeitet, sondern auch neue Schwerpunkte gesetzt. Neben einer Stärkung der Eigenverantwortlichkeit der Wirtschaft für die Entsorgung ihrer Abfälle und die **Verantwortung für ihre Produkte** wird dieses auch an dem hohen Stellenwert der **Abfallverwertung** deutlich:

“Zweck des Gesetzes ist die Förderung der Kreislaufwirtschaft zur Schonung der natürlichen Ressourcen ... (§ 1 KrW-/AbfG).”

3.1.2 Produktverantwortung

Nach § 22 KrW-/AbfG tragen diejenigen, die Erzeugnisse entwickeln, herstellen, be- und verarbeiten oder vertreiben zur Erfüllung der Ziele der Kreislaufwirtschaft die Produktverantwortung. Erzeugnisse sind möglichst so gestalten, dass bei deren Herstellung und Gebrauch das Entstehen von Abfällen vermindert wird und die umweltverträgliche Verwertung und Beseitigung der nach deren Gebrauch entstandenen Abfälle sichergestellt ist.

Die Produktverantwortung umfasst nach § 22 Abs. 2 KrW-/AbfG insbesondere

- die Entwicklung, die Herstellung und das Inverkehrbringen von Erzeugnissen, die mehrfach verwendbar, technisch langlebig und nach Gebrauch zur ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung und umweltverträglichen Beseitigung geeignet sind,
- den vorrangigen Einsatz von verwertbaren Abfällen oder sekundären Rohstoffen bei der Herstellung von Erzeugnissen,
- die Rücknahme der Erzeugnisse und der nach Gebrauch verbleibenden Abfälle sowie deren Verwertung oder Beseitigung.

Allerdings werden diese Vorgaben erst dann unmittelbar wirksam, wenn die Bundesregierung durch Rechtsverordnungen auf Grund von §§ 23 und 24 KrW-/AbfG bestimmt hat, welche Verpflichteten die Produktverantwortung nach § 22 Abs. 1 und 2 KrW-/AbfG zu erfüllen haben. Sie legt zugleich fest, für welche Erzeugnisse und in welcher Art und Weise die Produktverantwortung wahrzunehmen ist.

3.1.3 Abfallentsorgung

Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)

Nach den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft (§ 4 KrW-/AbfG) sind Abfälle

- in erster Linie zu vermeiden, insbesondere durch Verminderung ihrer Menge und Schädlichkeit, und
- in zweiter Linie stofflich zu verwerten oder zur Gewinnung von Energie zu nutzen (energetische Verwertung).

Maßnahmen zur Abfallvermeidung sind insbesondere die anlageninterne Kreislaufführung von Stoffen, die abfallarme Produktgestaltung sowie ein auf den Erwerb abfall- und schadstoffarmer Produkte gerichtetes Konsumverhalten.

Bei der stofflichen Verwertung von Abfällen werden gemäß der Definition des § 4 Abs. 3 KrW-/AbfG folgende Formen unterschieden:

- Die Substitution von Rohstoffen durch das Gewinnen von Stoffen aus Abfällen (sekundäre Rohstoffe), z.B. die Herstellung von REA-Gips aus Rauchgasreinigungsrückständen zur Substitution von Naturgips,
- die Nutzung der stofflichen Eigenschaften der Abfälle
 - für den ursprünglichen Zweck, z.B. die Aufbereitung von Kunststoffstoßstangen mit dem Ziel, den dabei gewonnenen Kunststoff wieder bei der Herstellung von Kunststoffstoßstangen einzusetzen (closed loop),
 - für andere Zwecke mit Ausnahme der unmittelbaren Energierückgewinnung, z.B. der Einsatz von Verpackungskunststoffen zur Herstellung von Kunststoffformteilen (open loop).

Die energetische Verwertung von Abfällen beinhaltet nach § 4 Abs. 4 KrW-/AbfG den Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff. Hierzu gehört nicht die thermische Behandlung von Abfällen zur Beseitigung, insbesondere von Hausmüll.

Der Hauptzweck der Verwertungsmaßnahme muss in der Nutzung des Abfalls und nicht in der Beseitigung des Schadstoffpotenzials liegen.

Nach den Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft (§ 5 Abs. 2 KrW-/AbfG) hat die Abfallverwertung für Erzeuger oder Besitzer von Abfällen nach Maßgabe des § 6 KrW-/AbfG grundsätzlich Vorrang vor der Beseitigung. Die Pflicht zur Verwertung ist einzuhalten, so weit dieses technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist, insbesondere wenn für einen gewonnenen Stoff oder gewonnene Energie ein Markt vorhanden ist. Darüber hinaus müssen Abfälle ordnungsgemäß und schadlos verwertet werden. Der Vorrang der Verwertung von Abfällen entfällt allerdings, wenn deren Beseitigung die umweltverträglichere Lösung darstellt (§ 5 Abs. 5 KrW-/AbfG). Um hier zu nachvollziehbaren Entscheidungen zu kommen, werden bestimmte Kriterien genannt, die bei der Abwägung zu berücksichtigen sind:

1. Die zu erwartenden Emissionen,
2. das Ziel der Schonung der natürlichen Ressourcen,
3. die einzusetzende oder zu gewinnende Energie und
4. die Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen.

Diese Kriterien dienen zwar in erster Linie der Abgrenzung zwischen Verwertung und Beseitigung. Sie können aber nach einer Antwort der Bundesregierung auf eine Große Anfrage zur Umsetzung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes vom 13.12.1995 (Drucksache 13/3368) auch für die Bewertung der Umweltverträglichkeit von Verwertungsverfahren herangezogen werden. Hierbei ist zu beachten, dass sowohl durch § 4 Abs. 1 Nr. 2 als auch durch § 6 Abs. 1 KrW-/AbfG zunächst einmal weder für die stoffliche noch für die energetische Verwertung ein Vorrang eingeräumt wird. Vorrang hat vielmehr die besser umweltverträgliche Verwertungsart. Damit hat der Gesetzgeber fachliche Erkenntnisse berücksichtigt, die in dem "Umweltgutachten 1996" des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (NN, 1996) [1] im Zusammenhang mit dem Recycling von DSD-Kunststoffabfällen beschrieben werden:

"Dabei ist zu berücksichtigen, dass für einen sinnvollen Materialkreislauf die Rohstoffqualität ausschlaggebend ist. Eine mit Abwärmeverwertung gekoppelte thermische Inertisierung heterogener, heizwertreicher Abfälle - inklusive Verpackungsabfälle - wäre in vielen Fällen ökologisch und ökonomisch sinnvoller als der arbeits-, kosten- und energieintensive Entzug dieser Fraktionen aus dem Restmüll zur forcierten roh- und werkstofflichen Verwertung mit hohem Eigenenergie-, insbesondere Strombedarf."

Diese Regelung im KrW-/AbfG ist sinnvoll, weil sie es ermöglicht, Entsorgungswege ausschließlich auf fachlich nachvollziehbarer Grundlage festzulegen. Sie gewährleistet somit den bestmöglichen Schutz der Umwelt.

Verpackungsverordnung (VerpackV)

Mit der Einführung einer Vermeidungs- und Verwertungspflicht für gebrauchte Verpackungen durch die Verpackungsverordnung vom 12.06.1991 (VerpackV) sollte dem Erfordernis Rechnung getragen werden, einen sich abzeichnenden Entsorgungsnotstand und den damit verbundenen negativen Auswirkungen auf die Umwelt vorzubeugen. Grundlegendes Regelungsinstrument zur Erreichung der Vermeidungs- und Verwertungsziele der VerpackV ist die an Hersteller und Vertreiber gerichtete Verpflichtung, Verpackungen nach Gebrauch zurückzunehmen und wieder zu verwenden oder - wenn möglich - einer stofflichen Verwertung zuzuführen. Dieser ordnungsrechtliche Ansatz wird durch eine spezifische Ausprägung des Kooperationsprinzips ergänzt. Die mit der Beteiligung an einem von der Wirtschaft organisierten flächendeckenden, endverbrauchernahen Erfassungssystem für gebrauchte Verkaufsverpackungen verbundene Freistellungsmöglichkeit bildet ein zentrales Element der Verpackungsverordnung. Die VerpackV bringt damit zum Ausdruck, dass eine individuelle Pflichterfüllung dann nicht erforderlich ist, wenn die Zielsetzungen durch die Beteiligung der Verpflichteten an einem dualen System der Abfallentsorgung ebenfalls erreicht werden können.

Die seit In-Kraft-Treten der VerpackV gewonnenen Erfahrungen haben gewisse Unzulänglichkeiten und einen Veränderungsbedarf in einzelnen Bereichen aufgezeigt. Die VerpackV wurde daher mit dem Ziel, den Wettbewerb zu fördern und die Regelungen zur Verpackungsentsorgung an die EG-Verpackungsrichtlinie anzupassen, grundlegend überarbeitet und am 29.08.98 durch die Novelle der VerpackV abgelöst. Kernbestandteile der neuen VerpackV sind:

- Auf Grund der Dokumentations- und Nachweispflichten für die so genannten Selbstentsorger haben ab dem Jahr 2000 auch die Hersteller und Vertreiber, die sich nicht an einem Erfassungs- und Verwertungssystem nach § 6 Abs. 3 (duales System) beteiligen, die Rücknahme- und Verwertungsquoten der Verpackungsverordnung nachzuweisen.
- Der Wettbewerb im Entsorgungsbereich soll dadurch gefördert werden, dass die Entsorgungsleistungen von dualen Systemen für das Sammeln, Sortieren und Verwerten von Verpackungen künftig auszuschreiben, gesammelte Verpackungen unter Wettbewerbsbedingungen abzugeben und die Kosten für die einzelnen Verpackungsmaterialien offen zu legen sind.
- Die Berechnungsgrundlage für die Verwertungsquote ist aus Wettbewerbsgründen nicht mehr der landesweite Verpackungsverbrauch, sondern jeweils die in ein duales System bundesweit aufgenommene Verpackungsmenge. Damit wird die Effizienz eines Systems nur noch an der von ihm lizenzierten Verpackungsmenge gemessen.
- Die Verwertungsanforderungen werden in der bisherigen Höhe weitgehend beibehalten:
Für Kunststoffe gilt, dass ab dem 1. Januar 1999 zur Erfüllung der 60 % Verwertungsquote mindestens 36 % einer werkstofflichen Verwertung zuzuführen sind. Die restlichen 24 % können entweder werkstofflich, rohstofflich oder energetisch verwertet werden.

Sofern für Kunststoffverpackungen, die überwiegend aus biologisch abbaubaren Kunststoffen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt sind, die Feststellung eines dualen Systems nach § 6 Abs. 3 beantragt wird, kann bis zum 30. Juni 2002 auf das Erfordernis der Flächendeckung verzichtet werden, vorausgesetzt, der Systembetreiber hat geeignete Maßnahmen ergriffen, einen möglichst hohen Anteil der

in das System eingebrachten Verpackungen einer Kompostierung zuzuführen. Ab Juli 2002 gilt, dass mindestens 60 % einer Kompostierung zuzuführen sind.

- Ökologisch vorteilhafte Getränkeverpackungen werden weiterhin gefördert. Zukünftig gilt das Zwangspfand bundesweit, sofern die bundesweite Quote von 1991 über den gesamten Getränkebereich in zwei aufeinander folgenden Jahren unterschritten wird, nur für die Getränkesparten, die ihrerseits unter dem eigenen Vergleichswert von 1991 liegen.
- Ab Januar 2000 sind auch Verpackungen schadstoffhaltiger Füllgüter zurückzunehmen und zu verwerten.
- Hersteller und Vertreiber langlebiger Verpackungen haben bis zum 31. Dezember 1998 in einem schlüssigen Konzept darzulegen, welche Maßnahmen sie zur Rücknahme der gebrauchten Verpackungen ergreifen.
- In Anlehnung an die EG Verpackungsrichtlinie werden in zeitlichen Abstufungen bestimmte schwermetallhaltige Verpackungen verboten.
- Vorgaben für ein freiwilliges Kennzeichnungssystem zur Identifizierung der verschiedenen Verpackungsmaterialien sollen die Sammlung, Wiederverwendung und -verwertung von Verpackungen erleichtern.

Düngemittelverordnung

Die Düngemittelverordnung regelt generell das Inverkehrbringen und die Zulassung von Düngemitteln. Auf Grund des Zusammenwirkens von KrW-/AbfG mit dem Düngemittelrecht bedürfen auch Bioabfallkomposte und verwertbare Bioabfälle vor einer Verwertung auf Flächen einer Zulassung als Düngemitteltyp gemäß den Vorgaben der Düngemittelverordnung. Die Zulassung der Düngemittel unter Verwendung von Sekundärrohstoffen, z.B. Bioabfällen, ist zeitlich bis zum 31.10.1999 begrenzt.

Bioabfallverordnung (BioAbfV)

Um zugewährleisten, dass für den Einsatz auf Flächen nur qualitativ geeignete und insbesondere schadstoffarme Bioabfälle/Komposte eingesetzt werden, bedarf es bei der düngemittelrechtlichen Zulassung von Bioabfallkomposten und verwertbaren Bioabfällen auch einer schadstoffseitigen Regelung. Diese ist auf der Grundlage von § 8 KrW-/AbfG zu treffen. Darin wird das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ermächtigt, im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und dem Bundesministerium für Gesundheit nach Anhörung der beteiligten Kreise durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates für den Bereich der Landwirtschaft Anforderungen zur Sicherung der ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung nach folgenden Maßgaben festzulegen:

Werden Abfälle zur Verwertung als Sekundärrohstoffdünger oder Wirtschaftsdünger im Sinne des § 1 des Düngemittelgesetzes auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden aufgebracht, können in Rechtsverordnungen auf der Grundlage von § 8 Abs. 1 KrW-/AbfG für die Abgabe und die Aufbringung hinsichtlich der Schadstoffe insbesondere

1. Verbote und Beschränkungen nach Maßgabe von Merkmalen wie Art und Beschaffenheit des Bodens, Aufbringungsort und -zeit und natürliche Standortverhältnisse sowie
2. Untersuchungen der Abfälle oder Wirtschaftsdünger oder des Bodens, Maßnahmen zur Vorbehandlung dieser Stoffe oder andere geeignete Maßnahmen bestimmt werden. Dies gilt für Wirtschaftsdünger insoweit, als das Maß der guten fachlichen Praxis im Sinne des § 1a des Düngemittelgesetzes überschritten wird.

Das Bundeskabinett hat den vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vorgelegten Entwurf einer „Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV)“ am 06.11.1997 verabschiedet. Dieser wurde mit einer Vielzahl von Änderungen vom Bundesrat am 10.07.1998 verabschiedet und ist am 01.10.1998 in Kraft getreten.

Es hat sich gezeigt, dass die Definition des Begriffes „Bioabfälle“ nicht umfassend genug war. Außerdem war die aus dem Anhang 1 Nr. 1 resultierende Privilegierung von „biologisch abbaubaren Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen sowie Abfällen aus deren Be- und Verarbeitung“ aus fachlicher Sicht nicht begründet, da für die Bewertung eines Abfalls im Hinblick auf seine Entsorgung allein entscheidend ist, ob er die Anforderungen der BioAbfV erfüllt, unabhängig davon auf welcher Rohstoffbasis (nachwachsend/fossil) er hergestellt wurde. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat daher dem Bundesrat eine Verordnung zur Änderung der BioAbfV zugeleitet, mit der eine Änderung des Begriffes „Bioabfall“ und eine Gleichstellung von Abfällen aus biologisch abbaubaren Stoffen (Kunststoffen) erreicht werden sollte. Dieser Änderungsverordnung hat der Bundesrat am 06.11.1998 mit einigen Änderungen zugestimmt. Die Zustimmung der Bundesregierung zu diesen Änderungen steht derzeit (Stand: 16.02.1999) noch aus.

Für biologisch abbaubare Kunststoffe von Bedeutung ist § 2 Nr. 1 BioAbfV in Verbindung mit der „Liste der für eine Verwertung auf Flächen grundsätzlich geeigneten Bioabfälle sowie grundsätzlich geeigneter mineralischer Zuschlagstoffe“ (Anhang 1). Danach - d.h. nach der Änderungsverordnung mit den Änderungsvorschlägen des Bundesrates (siehe oben) - sind Bioabfälle „Abfälle tierischer oder pflanzlicher Herkunft zur Verwertung sowie sonstige biologisch abbaubare Abfälle zur Verwertung gemäß Anhang 1 Nr. 1, die durch Mikroorganismen, bodenbürtige Lebewesen oder Enzyme abgebaut werden können; hierzu gehören insbesondere die in Anhang 1 Nr. 1 genannten Abfälle.“ In Anhang 1 Nr. 1 (Abfälle mit hohem organischen Anteil) werden in der vorletzten Zeile „Abfälle aus biologisch abbaubaren Stoffen (Kunststoffen), so weit sie nicht über die Biotonne entsorgt werden“ genannt. Biologische Abbaubarkeit und Schadlosigkeit der aus biologisch abbaubaren Kunststoffen hergestellten Endprodukte müssen nachgewiesen werden. Einzelheiten können von der Bundesregierung in einer Verwaltungsvorschrift geregelt werden. Ziel des Bundesrates war es, durch die Änderung der ursprünglichen Vorlage der Bundesregierung und den Ausschluss des Entsorgungsweges „Biotonne“ sicherzustellen, dass es nicht zu vermehrten „Fehlwürfen“ in die Biotonne kommt.

Technische Regelwerke

Es gibt zurzeit zwei Institutionen, die sich in ihren Technischen Regelwerken mit biologisch abbaubaren Kunststoffen befassen. Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) hat den Entwurf für eine VDI-Richtlinie (VDI 4427) „Vorgehensweise zur Auswahl biologisch abbaubarer Verpackungsmaterialien“ erarbeitet. Zu diesem Entwurf hat der Arbeitskreis mit Schreiben vom 28.05.1997 Einspruch eingelegt, weil er nicht mehr dem gegenwärtigen Entwicklungsstand in diesem Technologiebereich entspricht. Gegen die überarbeitete Fassung dieser Richtlinie hat sich der Arbeitskreis mit Schreiben vom 10.03.1998 aus folgenden Gründen ausgesprochen:

1. Die Aussagen zur Abfallwirtschaft und Ressourcenschonung sind nicht belegt und daher auch nicht haltbar.
2. Der Abschnitt „Umweltauswirkungen“ ist unzureichend und zum Teil fehlerhaft formuliert.
3. Die Ansprüche, die die Richtlinie an die spezifische Vorgehensweise zur Materialauswahl eigentlich stellt, werden in keiner Weise erfüllt. Dazu müssten z.B.

Kenndaten für das Design von BAW vorgelegt und durch Prüfung verifizierbar und anerkannt sein.

Inwieweit diese Kritik berücksichtigt wurde, ist nicht bekannt. Der Weißdruck der Richtlinie ist im März 1999 erschienen.

Im Rahmen der Normungsarbeit des Deutschen Institutes für Normung (DIN) wurde der Entwurf der DIN 54900 Prüfung der Kompostierbarkeit von polymeren Werkstoffen (Teil 1: Chemische Prüfung, Teil 2: Bestimmung der vollständigen biologischen Abbaubarkeit von polymeren Werkstoffen in Laborversuchen, Teil 3: Prüfung unter praxisrelevanten Bedingungen und der Verwertungseigenschaften der Komposte, Teil 4: Prüfung der Ökotoxizität der Komposte) erarbeitet. Die Stellungnahmen zu diesem Entwurf und die mündlichen Stellungnahmen im Rahmen der Einspruchssitzung haben erhebliche Mängel deutlich gemacht, die nicht ausgeräumt werden konnten. Der Normentwurf konnte somit nicht in eine Norm überführt werden und auch nicht als zweiter Norm-Entwurf veröffentlicht werden.

Es war somit lediglich möglich, den Entwurf entweder vollständig zurückzuziehen oder ihn als Vornorm zu veröffentlichen. Nach DIN 820 Teil 4 (Normungsarbeit, Geschäftsgang) ist eine Vornorm „das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt ... vom DIN nicht als Norm herausgegeben wird. Vornormen befassen sich mit Gegenständen, die normungswürdig sind. Daran knüpft sich die Erwartung, dass Vornormen zum geeigneten Zeitpunkt und nach notwendigen Veränderungen nach dem üblichen Verfahren in eine Norm überführt oder ersatzlos zurückgezogen werden.“

Für Vornormen gelten neben den für Normen festgelegten Grundsätzen u.a. folgende Abweichungen:

- Vornormen sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerkes.
- Die äußere Gestaltung von Vornormen ist gegenüber Normen deutlich abzuheben. Insbesondere entfällt die Kennzeichnung als Deutsche Norm.
- Beim Erscheinen einer Vornorm wird der gegebenenfalls vorhandene entsprechende Norm-Entwurf zurückgezogen.

Der zuständige Normenausschuss hat sich für die Herausgabe einer Vornorm entschieden. Diese ist als DIN V 54900 „Prüfung der Kompostierbarkeit von Kunststoffen“ vom Deutschen Institut für Normung in drei Teilen veröffentlicht worden:

- Teil 1: Chemische Prüfung (Oktober 1998)
- Teil 2: Prüfung auf vollständige biologische Abbaubarkeit von Kunststoffen in Laborversuchen (September 1998)
- Teil 3: Prüfung unter praxisrelevanten Bedingungen und der Qualität der Komposte (September 1998)

Der Arbeitskreis hat sich inhaltlich nicht mit dieser Vornorm befasst, da die einzelnen Teile erst im September bzw. Oktober veröffentlicht worden sind.

Der Bundesrat hat in der Begründung zum Beschluss Nr. 4 zur Änderung der Bioabfallverordnung (Bundesratsdrucksache 809/98 - Beschluss) im Zusammenhang mit der Prüfung der biologischen Abbaubarkeit u.a. auf Folgendes hingewiesen:

„Grundlage hierfür kann mittelfristig die endgültige Norm DIN 54900 sein. Für den Übergangszeitraum bis zur endgültigen Verabschiedung dieser Norm sollte ausnahmsweise auch die Prüfung der Produkte auf der Grundlage der o.g. Vornorm akzeptiert werden, ...“

3.2 Abfallvermeidung

Nach den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft sind Abfälle in erster Linie zu vermeiden, insbesondere durch die Verminderung ihrer Menge und Schädlichkeit. Maßnahmen zur Vermeidung von Abfällen sind gemäß § 4 Abs. 2 KrW-/AbfG insbesondere die anlageninterne Kreislaufführung von Stoffen, die abfallarme Produktgestaltung sowie ein auf den Erwerb abfall- und schadstoffarmer Produkte gerichtetes Konsumverhalten.

Zu unterscheiden ist somit im Hinblick auf die Abfallvermeidung der Produktionsprozess und die Nutzung des Produktes. Die Abfallvermeidung im Produktionsprozess wird insbesondere durch die anlageninterne Kreislaufführung von Stoffen, d.h. zum Beispiel die Rückführung von Produktionsabfällen deren Nutzung für die Produktherstellung. So werden bei der Herstellung von Folien aus BAW Produktions- und Verarbeitungsabfälle werkstofflich verwertet.

Bei den hergestellten Produkten ist gemäß **Abbildung 7** (Seite 25) zu unterscheiden, ob es sich um Produkte mit oder ohne Entsorgungserfordernis handelt. Produkte ohne Entsorgungserfordernis werden zielgerichtet für bestimmte Anwendungszwecke hergestellt und lassen sich in der Regel nicht vermeiden oder durch mehrfach nutzbare Produkte ersetzen, z.B. biologisch abbaubares Nahtmaterial, Landwirtschaftsfolien oder Baumschutzmanschetten. Insoweit wird bei derartigen Produkten im Zusammenhang mit der Abfallvermeidung insbesondere die Schadstoffarmut im Vordergrund stehen. Diese kann bei biologisch abbaubaren Kunststoffen, die die durch die BioAbfV vorgegeben Prüfkriterien erfüllen, als gegeben angesehen werden.

Dieses gilt im Grundsatz auch für die Produkte aus biologisch abbaubaren Kunststoffen, die im Verpackungsbereich oder als Einweggeschirr auf Großveranstaltungen oder im Cateringbereich eingesetzt werden sollen. Bei vielen dieser Produkte wird jedoch der aus den Zielen der Abfallvermeidung resultierende Grundsatz durchbrochen, möglichst langlebige und mehrfach verwendbare Produkte herzustellen und zu verwenden (Reduzierung der Stoffströme und Stoffumsätze). Gerade die gewollte Fähigkeit der biologischen Abbaubarkeit führt dazu, dass die aus biologisch abbaubaren Kunststoffen hergestellten Produkte in diesem Anwendungsbereich als klassische Einwegartikel zu betrachten sind, deren Einsatz der Wegwerfmentalität nicht entgegenwirkt, sondern diese u.U. sogar noch fördern kann (Litteringproblematik!).

Vonseiten der Umweltverbände und des Niedersächsischen Umweltministeriums besteht daher die Sorge, dass das Bemühen um Abfallvermeidung bei Verpackungen und Einweggeschirr aus biologisch abbaubaren Kunststoffen in den Hintergrund gerät, weil bei den Verbrauchern der Eindruck erweckt wird, dass sie auf Grund der „Rückführung in den natürlichen Kreislauf“ ein (Einweg-) Produkt mit „gutem Gewissen“ wegwerfen dürfen, und dieses scheinbar ohne Folgen für die Umwelt bleibt.

In einer gemeinsamen Presseinformation des Einzelhandelsverbandes, der Arbeitsgemeinschaft der kommunalen Spitzenverbände und des Niedersächsischen Umweltministeriums vom 25.06.1998 aus Anlass der Aktion „Abfallarm einkaufen in Niedersachsen“ weist der Niedersächsische Umweltminister darauf hin, dass Abfallgesetze und -verordnungen zwar den Verpackungsabfall in den letzten Jahren verringert haben. Die Vermeidungspotenziale seien jedoch noch längst nicht für alle Warengruppen ausgeschöpft.

Auch die ersten Erfolge, die z.B. in der Stadt Frankfurt im Fast-Food-Bereich oder bei Großveranstaltungen und Volksfesten durch die Einführung von Mehrwegsystemen sichtbar geworden sind, werden durch den Einsatz von nach dem Anschein aus ökologischer Sicht positiv zu bewertenden Einwegprodukten gefährdet.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Richtlinie 94/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20.12.1994 über Verpackungen und Verpackungsabfälle. In dieser wird unter anderem festgestellt, dass die Verringerung der Gesamtmenge an Verpackungen die beste Art ist, Verpackungsabfall zu vermeiden. Die Verringerung der Abfallmenge ist eine unabdingbare Voraussetzung für das ausdrücklich im Vertrag über die Europäische Union genannte beständige Wachstum.

3.3 Entsorgung von Produkten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen (BAW)

3.3.1 Allgemeines

Beim Einsatz von Produkten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen (BAW) wird unterschieden zwischen (siehe **Abbildung 7** Seite 25)

- Anwendungen ohne Entsorgungserfordernis,
- räumlich begrenzten Anwendungen mit Entsorgungserfordernis und
- großräumigen Anwendungen mit Entsorgungserfordernis.

3.3.2 Anwendungen ohne Entsorgungserfordernis

Bei diesen Anwendungen ist die “biologische Abbaubarkeit” eine zusätzliche Eigenschaft des Produktes im Hinblick auf den Gebrauchsnutzen für spezielle Anwendungsgebiete, die eine gezielte Entsorgung dieser Produkte entbehrlich macht und damit auch zu wirtschaftlichen Vorteilen bei der Anwendung derartiger Produkte führt, wie z.B. chirurgisches Nahtmaterial (Einsparung von Folgeoperationen) oder Mulchfolien in der Landwirtschaft (Einsparung der für die Entsorgung erforderlichen Arbeitsgänge). Da der Vorteil dieser Produkte gerade darin liegt, dass sie nicht entsorgt zu werden brauchen, werden sie in diesem Kapitel nicht weiter betrachtet.

3.3.3 Anwendungen mit Entsorgungserfordernis

Bei Produkten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen, die bei diesen Anwendungen eingesetzt werden, ist die Eigenschaft “biologische Abbaubarkeit” nicht für den Gebrauch des Produktes, sondern ausschließlich für dessen Entsorgung als Abfall (im Folgenden als BAW-Abfall bezeichnet) von Bedeutung. Dabei sind folgende Teilschritte der Abfallentsorgung zu betrachten (siehe **Abbildung 6** Seite 24):

- Erfassung
- Einsammlung, Transport
- Sortierung
- Verwertung, Beseitigung.

3.3.3.1 Erfassung von BAW-Abfall

Für die Erfassung von BAW-Abfall kann entweder ein eigenes neues System (z.B. Bringsystem) geschaffen oder es können bereits bestehende Systeme genutzt werden. Zu unterscheiden ist dabei zwischen räumlich begrenzten Anwendungen und großräumigen Anwendungen sowie zwischen den unterschiedlichen Systemen.

Bei räumlich begrenzten Anwendungen ist es in bestimmten Fällen möglich, relativ sortenreine Chargen zu gewinnen. Als Beispiele sind die Erfassung von Produktionsabfällen oder die Rücknahme von bepfandeten Getränkebechern bei Großveranstaltungen zu nennen. Bei anderen Anwendungen muss dagegen mit z.T. erheblichen Verunreinigungen durch die Nutzung (z.B. bei Cateringgeschirr) oder durch Fehlwürfe (z.B. bei Einweggeschirr auf Messen oder bei anderen Großveranstaltungen) gerechnet werden. Der BAW-Abfall wird bei diesen Anwendungen entweder über Sacksysteme oder Container erfasst.

Für die Erfassung von BAW-Abfall aus großräumigen Anwendungen stehen grundsätzlich folgende Erfassungssysteme zur Verfügung:

Restabfalltonne/-sack (Holsystem)

- flächendeckend;
- Fehlwurfproblematik für herkömmliche Kunststoffe von Bedeutung, da diese u.U. nicht dem DSD-System, sondern der Restabfalltonne zugeführt werden;
- regelmäßige Abfuhr;
- keine zusätzlichen Systembereitstellungs- und Transportkosten, da ein bestehendes System mitgenutzt wird;
- Verschmutzung durch bzw. Vermischung mit anderen Abfällen, daher in der Regel Zuführung zur “Beseitigung” bzw. bei Abtrennung der heizwertreichen “Flufffraktion” u.U. auch Zuführung zur “energetischen Verwertung”.

Gelber Sack/Gelbe Tonne (DSD, in der Regel als Holsystem, bei einigen öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern als Bringsystem)

- nahezu flächendeckend (die Einschränkung “nahezu” ergibt sich aus den Bemühungen z.B. des Lahn-Dill Kreises, ein alternatives System einzuführen);
- keine Erhöhung der Fehlwurfproblematik, da im Haushalt nicht zwischen unterschiedlichen Kunststoffarten unterschieden werden muss (alle Kunststoffverpackungen gehören in den gelben Sack);
- regelmäßige Abfuhr;
- keine zusätzlichen Systembereitstellungs- und Transportkosten, da ein bestehendes System mitgenutzt wird;
- Vermischung mit anderen Abfällen, die jedoch durch Sortierung abgetrennt werden können - daher in der Regel Zuführung zur “Verwertung”.

Biotonne/-sack (Holsystem)

- nicht flächendeckend (je nach Region maximal 50% bis 90% Anschlussgrad), da einige öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger die Biotonne bisher nicht eingeführt haben und voraussichtlich in Zukunft auch nicht (z.B. Freie und Hansestadt Hamburg) oder nur in Teilgebieten einführen werden;
- für Eigenkompostierer, die vom Anschluss an die Biotonne befreit wurden, müssen andere Erfassungssysteme genutzt oder zur Verfügung gestellt werden, z.B. die Restabfalltonne;
- erhöhte und für die Verwertung nachteilige Fehlwurfproblematik, da im Haushalt zwischen unterschiedlichen Kunststoffarten unterschieden werden muss (obwohl zurzeit eine solche Unterscheidung nicht zu treffen ist, sind die in Kompostierungsanlagen angelieferten Bioabfälle aus der Biotonne z.T. erheblich durch Kunststoffabfälle verunreinigt). Es ist nach den bisherigen abfallwirtschaftlichen Erfahrungen nicht zu erwarten, dass eine Kennzeichnung das Problem löst. So hat ein Gutachten zur Erfassung von mit dem “Grünen Punkt” gekennzeichneten Abfällen im Rahmen der DSD-Sammlung ergeben, dass sich in den gelben Tonnen in Frankfurt mehr wertloser Restabfall befindet als recyclingfähige Verpackungsabfälle (NN, 1998 c) [2]. Ähnliche Ergebnisse ergab auch eine Untersuchung in Österreich. Von den dort insgesamt eingesammelten rund 152.000 t eingesammelten Verpackungsabfällen im gewerblichen Sektor waren nur rund 121.000 t tatsächlich verwertbar. Durchschnittlich 20 bis 26 Prozent machten die Fehlwürfe aus. Auch die eindeutige Kennzeichnung z.B. von schadstoffhaltigen Batterien konnte nicht verhindern, dass diese als Fehlwürfe in andere Erfassungssysteme bzw. schadstoffarme Batterien in die Erfassungssysteme für schadstoffhaltige Batterien gelangten. Diese Fehlwurfproblematik ist den Mitgliedern des Arbeitskreises auch bei der Besichtigung des Kompostwerkes Hildesheim der Firma Tönsmeier deutlich geworden. Obwohl in den diesem Kompostwerk angeschlossenen Gebieten die eindeutige Vorgabe gemacht wurde, dass keine Kunststoffe in die Biotonne geworfen werden sollen, konnten im Bioabfall erhebliche Mengen an Kunststoffabfällen identifiziert werden. Sowohl der Bundesverband der Deutschen Entsorgungswirtschaft (BDE), die Bundesvereinigung der Humus- und Erdenwirtschaft (BHE) und die Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK) als auch einzelne Firmen haben daher in öffentlichen Stellungnahmen die Erfassung von biologisch abbaubaren Kunststoffen über die Biotonne abgelehnt. Aus Sicht des BHE steht das festgeschriebene Qualitätsniveau für den Reinheitsgrad von Kompostprodukten im Widerspruch zur Zulassung von biologisch abbaubaren Werkstoffen für die Kompostierung. Eine Unterscheidung zwischen biologisch abbaubaren Kunststoffen und herkömmlichen Kunststoffen ist in der Kompostierungsanlage zurzeit nicht möglich (siehe Anmerkungen auf den Seiten 52 und 53 zur “Kennzeichnung”). Solange die hierfür erforderlichen Voraussetzungen noch nicht geschaffen worden sind, ist eine qualifizierte Fremdstoffauslese und Qualitätssicherung nicht möglich. Weiterhin ist anzunehmen, dass durch optisch wirksamen Verunreinigungsgrad, der auch durch BAW hervorgerufen wird, die erforderliche Sortierdisziplin des Bürgers bei der Getrenntsammlung nicht in dem erforderlichen Umfang gewährleistet bleibt und Verunreinigungen des Bioabfalls die Folge sind. Aus vorgenannten Gründen spricht sich die Bundesgütegemeinschaft Kompost eindeutig gegen die Erfassung von Produkten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen über das System Biotonne aus (NN, 1998 a) [3]. Und die Firma W.U.R.M. weist darauf hin (NN, 1998 b) [4], dass BAW trotz Kennzeichnung bei der Störstoffauslese nicht eindeutig von normalen Kunststoffen zu unterscheiden seien. Auch sei dem Verbraucher nicht vermittelbar, dass Verpackungen, die bislang noch über den “Gelben Sack” erfasst wurden, in die Biotonne kommen.
- regelmäßige Abfuhr in den angeschlossenen Gebieten;
- keine zusätzlichen Systembereitstellungs- und Transportkosten, da ein bestehendes System mitgenutzt wird;

- Verschmutzung durch und Vermischung mit anderen Abfällen, die durch Sortierung zurzeit nur unvollständig abgetrennt werden können (siehe Anmerkungen auf den Seiten 52 und 53 zur “Kennzeichnung”);
- da der Bioabfall der “Verwertung” zugeführt wird, wird BAW-Abfall bei der Kompostierung in der Regel aus formalen und bei der Vergärung z.T. auch aus fachlichen Gesichtspunkten ebenfalls der “Verwertung” zugeführt.

Iglu oder vergleichbare Behälter (Bringsystem)

- Flächendeckung möglich;
- Fehlwurfproblematik, da im Haushalt zwischen unterschiedlichen Kunststoffarten unterschieden werden muss;
- regelmäßige Abfuhr;
- zusätzliche Systembereitstellungs- und Transportkosten, da ein neues System eingerichtet wird;
- zusätzliches Sammelgefäß im Haushalt;
- Vermischung mit anderen Abfällen (u.U. geringer als im gelben Sack, da im Haushalt vorsortiert wird), die jedoch durch Sortierung abgetrennt werden können - daher in der Regel Zuführung zur “Verwertung”;
- u.U. Hygieneprobleme.

3.3.3.2 Einsammlung und Transport von BAW-Abfall

Die Restabfalltonne, der gelbe Sack und die Biotonne (so weit vorhanden) werden regelmäßig entleert. Iglus oder vergleichbare Bringsysteme werden entweder regelmäßig oder aber bei Bedarf entleert. Dieses gilt auch für die Einsammlung des BAW-Abfalls bei räumlich begrenzten Anwendungen (regelmäßig z.B. bei Cateringsystemen oder Produktionsrückständen und Bedarfsentleerung bei Großveranstaltungen und Messen).

Die Abfälle aus der Restabfalltonne und der Biotonne werden in der Regel direkt in die jeweilige Entsorgungsanlage transportiert. Bei bestimmten Entsorgungskonzeptionen ist es möglich, dass in dezentralen Umschlagstationen eine Vorsortierung stattfindet und die einzelnen Fraktionen von dort in unterschiedliche Entsorgungsanlagen transportiert werden.

Der über die Biotonne erfasste BAW-Abfall wird direkt zu den Kompostierungs-/Vergärungsanlagen transportiert. Entsprechendes gilt vermutlich auch für den in Containern oder Säcken erfassten BAW-Abfall aus räumlich begrenzten Anwendungen mit Entsorgungserfordernis.

Die gelben Säcke und BAW-Abfall aus Bringsystemen werden zu Sortieranlagen transportiert. Die einzelnen Fraktionen werden von dort den jeweiligen Entsorgungsanlagen zugeführt.

3.3.3.3 Sortierung von BAW-Abfall

BAW-Abfall, der über den gelben Sack oder Bringsysteme (z.B. Iglus) oder auch bei räumlich begrenzten Anwendungen erfasst wird, muss in Sortieranlagen von herkömmlichen Kunststoffabfällen und Verunreinigungen (Fehlwürfen) getrennt werden.

Bislang stehen im großtechnischen Maßstab nur manuelle Trennverfahren zur Verfügung, um den BAW-Abfall von den herkömmlichen Kunststoffabfällen zu separieren. Eine manuelle Aussortierung ist nicht nur sehr aufwändig und störanfällig (Erkennbarkeit), sondern wird auch aus hygienisch-mikrobiologischer Sicht kritisch gesehen (Keimbelastung, Arbeitsschutz).

Ob die derzeit im Pilotmaßstab betriebenen automatisierten Trenntechniken für Kunststoffabfälle (z.B. KAKTUS) eine zuverlässige Abscheidung des BAW-Abfalls erlauben,

ist noch offen. Zwar hat die Firma Systemec dem Arbeitskreis auf Nachfrage mitgeteilt, dass BAW-Abfall auf Zellulose- und Stärkebasis wegen der höheren Dichte ($> 1,2 \text{ g/cm}^3$) von den herkömmlichen Verpackungskunststoffen grundsätzlich abtrennbar sein soll, praktische Erfahrungen müssen jedoch zunächst abgewartet werden. Im Zusammenhang mit Erfassung eines „kompostierbaren Jogurtbechers“ über den gelben Sack wird darauf hingewiesen, dass bei dem derzeit feststellbaren Trend zur automatisierten Sortierung das Duale System davon ausgeht, dass künftig durch den Einsatz moderner Technik Verpackungen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen im Strom der übrigen Abfälle automatisch identifiziert und aussortiert werden können.

In Zukunft ist eine Verbesserung der Sortier- bzw. Trenntechniken (automatisiert; ggf. Nachbehandlung) zu erwarten. Der damit verbundene höhere Energiebedarf ist im Rahmen einer für den Entsorgungsweg aufzustellenden Energiebilanz zu berücksichtigen. Außerdem ist eine Stoffstromanalyse (Anteil der nicht verwertbaren Abfälle, Anteil der herkömmlichen Kunststoffabfälle im BAW-Abfall und umgekehrt) erforderlich.

Ziel und Ergebnis der Sortierung muss es sein, einen (BAW)-Abfall zu erhalten der entsprechend den Vorgaben des KrW-/AbfG

- entweder sortenrein oder aber - so weit dieses möglich ist - in gewissen Grenzen vermischt mit anderen Kunststoffabfällen einer werkstofflichen oder rohstofflichen Verwertung,
- sortenrein als BAW-Abfall einer Kompostierung/Vergärung oder aber
- sortenrein oder vermischt mit anderen geeigneten Kunststoffabfällen einer energetischen Verwertung zugeführt werden kann.

3.3.3.4 Entsorgung (Verwertung und Beseitigung) von BAW-Abfall

Viele der bisher durchgeführten Untersuchungen und Studien, in denen die Entsorgung von Produkten aus biologisch abbaubaren Werkstoffen betrachtet wird, schließen auf Grund der Eigenschaft „biologisch abbaubar“ von vornherein bestimmte Entsorgungsverfahren aus und betrachten ausschließlich die Kompostierung und u.U. auch noch die Vergärung. D.h. die Auswahl der Entsorgungsverfahren wird von vornherein und aus fachlich nicht nachvollziehbaren Gründen eingeschränkt, ohne dass die Vorteile für die Umwelt im Vergleich zu den nicht betrachteten Verfahren bewertet werden. Eine solche Vorgehensweise ist aus fachlicher Sicht abzulehnen, weil sie mit dem KrW-/AbfG nicht vereinbar und im Rahmen einer ganzheitlichen Betrachtung nicht zulässig ist. Im Folgenden werden daher alle möglichen Verwertungs- und Beseitigungsoptionen betrachtet und bewertet:

- werkstoffliche Verwertung
- rohstoffliche Verwertung
- Kompostierung
- Vergärung
- energetische Verwertung
- thermische Restabfallbehandlung vor der Deponie
- mechanisch-biologische Restabfallbehandlung vor der Deponie.

Bei der werkstofflichen Verwertung handelt es sich um die Rückführung der gebrauchten Produkte (BAW-Abfall) in den Produktionsprozess zur Herstellung neuer Produkte aus BAW. Inwieweit eine werkstoffliche Verwertung für BAW-Abfall (z.B. Verwendung für gleichartige Produkte oder Weiterverarbeitung zu anderen Produkten unter Aufrechterhaltung ihrer technischen Gebrauchseigenschaften) realisierbar ist, ist ebenso nicht bekannt wie die

Kostenfrage, der Ressourcenverbrauch, die Energie- und die Schadstoffbilanz. Entsprechende Konzepte oder Untersuchungsergebnisse wurden dem Arbeitskreis von der betroffenen Wirtschaft nicht vorgelegt. Da die biologische Abbaubarkeit eine wesentliche zusätzliche Materialeigenschaft ist, die nur dann zum Tragen kommt, wenn der Werkstoff auch tatsächlich einem Abbau zugeführt wird, ist - auch in Anbetracht der angestrebten Einsatzbereiche - davon auszugehen, dass eine werkstoffliche Verwertung von biologisch abbaubaren Kunststoffen nicht vorgesehen ist.

Zusätzlich ist für die Variante „Entsorgung des BAW-Abfalls über die DSD-Mischkunststofffraktion“ bislang nicht geklärt, inwieweit hier das werkstoffliche Recycling herkömmlicher Kunststoffe durch biologisch abbaubare Kunststoffe gestört oder behindert wird (Qualitätsprobleme beim daraus hergestellten Produkt). Entsprechende Untersuchungsergebnisse wurden dem Arbeitskreis von der betroffenen Wirtschaft trotz schriftlicher Anfragen nicht vorgelegt.

Unter die rohstoffliche Verwertung von BAW-Abfall fällt die Rückgewinnung der Polymerbausteine (Oligomere, Monomere) und deren Verwendung für die Herstellung anderer Produkte. Für die rohstoffliche Verwertung sind ebenfalls Machbarkeit, Kosten, Ressourcenverbrauch sowie die Energie- und die Schadstoffbilanz nicht bekannt. Entsprechende Konzepte oder Untersuchungsergebnisse wurden dem Arbeitskreis von der betroffenen Wirtschaft nicht vorgelegt.

Die Kompostierung (aerob) und die Vergärung (anaerob) werden grundsätzlich als biologische Behandlungsverfahren eingesetzt. Sie kommen prinzipiell für die Behandlung von BAW-Abfall als zusätzliche Entsorgungsoption gegenüber herkömmlichen Kunststoffen in Frage.

Bei der Kompostierung wird BAW-Abfall unter kontrollierten Bedingungen durch Mikroorganismen unter Zugabe von Sauerstoff, Wasser, Nährstoffen und in der Regel auch Strukturmaterial nahezu vollständig zu CO₂ und Wasser abgebaut. Der verbleibende Rest ist Biomasse. Untersuchungen zur Kompostierbarkeit z.B. eines mit einem BAW beschichteten Trinkbechers haben gezeigt, dass dieser Abbau unter realen Bedingungen feststellbar ist (PLANCOTEC, 1997) [5]: „Am Ende der Kompostierungsphase war das Produkt nahezu unauffindbar. Dieses war sowohl beim geschredderten Material als auch bei den unzerkleinerten Bechern der Fall. Der Abbaugrad (bezogen auf die TS) betrug 99,8%.“

Die Zuführung von BAW-Abfall über die Biotonne in Kompostierungsanlagen stößt auf verschiedene Probleme und Vorbehalte:

- Höhere Kosten durch höheren Sortieraufwand:
BAW-Abfall kann nur dann im Bioabfallstrom verbleiben, wenn er eindeutig anhand eines Labels für Produkte aus BAW identifiziert wird, da auf Grund von Fehlwürfen auch mit anderen Kunststoffabfällen im Bioabfall gerechnet werden muss (siehe Besuch des Arbeitskreises im Kompostwerk der Firma Tönsmeier in Hildesheim). Während bisher Kunststoffabfälle ausnahmslos aussortiert wurden (klare Ja-/ Nein-Entscheidung), muss bei der Entsorgung von BAW-Abfall über die Biotonne jeder einzelne Kunststoffabfall identifiziert werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die manuelle Sortierung von Bioabfall ebenso wie die von vermischten Kunststoffen aus hygienisch-mikrobiologischer Sicht kritisch gesehen wird (Keimbelastung, Arbeitsschutz). Angaben über die zusätzlichen Kosten und die Effizienz der Sortierung von mit BAW-Abfall vermischem Bioabfall liegen bisher nicht vor.
- Probleme bei „automatisierten“ Sortieranlagen:
In einigen Kompostierungsanlagen wird versucht, die händische Sortierung durch automatische „Fehlwurferkennungssysteme“ zu ersetzen. Es ist nicht bekannt, ob diese Systeme zwischen herkömmlichen und biologisch abbaubaren Kunststoffen unterscheiden können.

- Probleme bei der Identifizierung von mit einem Label gekennzeichnetem BAW-Abfall: Die Identifizierung des Labels wird dadurch erschwert und z.T. unmöglich gemacht, dass BAW-Abfall durch den häufig nassen Bioabfall insbesondere bei der Einsammlung in Drehtrommelfahrzeugen stark verschmutzt wird.

Entsprechend dem „Grünen Punkt“ wird das BAW-Label nur an einer Stelle des Produktes angebracht. Bei dem bisher vorgeschlagenen Kennzeichnungssystem können somit Bruchstücke oder abgerissene Folienstücke nicht zu identifiziert werden. Die Hersteller prüfen zurzeit, ob es möglich ist, BAW-Abfall durch den Einsatz von Marken zu identifizieren.

- Verschlechterung der Kompostqualität durch Bruchstücke nicht abbaubarer Kunststoffe auf Grund eines Anstiegs der Fehlwürfe mit unklaren Auswirkungen auf Kosten/Gebühren: Eine hochwertige Vermarktung, z.B. beim Einsatz von Kompost in Erdenwerken, ist nur dann möglich, wenn der Kompost frei von Fremdstoffen ist. Durch erhöhte Fehlwürfe (siehe Erfassung) muss im Kompost mit einem höheren Fremdstoffanteil gerechnet werden. Dieses widerspricht dem abfallwirtschaftlichen Ziel einer hochwertigen Verwertung (des Bioabfalls). Die Komposthersteller befürchten Vermarktungsprobleme und eine kostenintensive Nachbehandlung des Kompostes.

- Weniger Flexibilität und höhere Kosten beim Betrieb von Kompostierungsanlagen/
Kompostwerken:

Kompost wird aus Kostengründen in zunehmendem Maße bereits mit dem Rottegrad 3 auf landwirtschaftliche Nutzflächen ausgebracht. Damit werden die Rottezeiten, die für den vollständigen Abbau von biologisch abbaubaren Kunststoffen erforderlich sind, in der Regel deutlich unterschritten. Das heißt, obwohl es möglich wäre, Kompost zu einem früheren Zeitpunkt auszubringen, müssten die Rottezeiten auf Grund der im Bioabfall enthaltenen biologisch abbaubaren Kunststoffe unnötig verlängert werden (zusätzlicher Kosten- und Energieaufwand).

- Nützlichkeit von BAW-Abfall: Bei einer Kompostierung von BAW-Abfall ist die Nützlichkeit aus abfallwirtschaftlicher Sicht in Frage zu stellen. Es konnte bisher nicht belegt werden, inwieweit BAW-Abfall überhaupt für den Kompostierungsprozess oder für den Kompost nützlich ist. Aus der chemischen Zusammensetzung der biologisch abbaubaren Kunststoffe - diese bestehen im Wesentlichen aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff und werden beim biologischen Abbau überwiegend zu CO₂ und Wasser sowie zu einem Rest an Biomasse abgebaut - ergibt sich, dass dem Boden durch biologisch abgebaute Kunststoffe keine wertgebenden Bestandteile (Nährstoffe, Mineralien) zugeführt werden. Sofern das Nährstoff-/Schadstoffverhältnis (z.B. NPK/Schwermetalle nach BioAbfV) als Kenngröße für die Nützlichkeit eines Abfalls, der in oder auf Böden verwertet werden soll, herangezogen wird, liegt dieses für Produkte aus biologisch abbaubaren Kunststoffen bei Null.

Somit ist die Kompostierung von Produkten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen im Grundsatz vergleichbar mit deren Verbrennung, bei der diese in CO₂, Wasser und Asche umgewandelt werden. Auch bei der Verbrennung von BAW-Abfall führt die Tatsache, dass die dabei entstehende Asche noch einen gewissen Nutzen als Straßenbaumaterial erfüllt, nicht dazu, dass die Verbrennung als rohstoffliche Verwertung eingestuft wird.

- Bei der Kompostierung ist zu berücksichtigen, dass durch das Zerkleinern (Shreddern), Mischen (Homogenisieren), Umsetzen, Belüften, Bewässern, Absieben und Ausbringen Energie verbraucht wird. Der qualitative Vergleich in **Abbildung 12** zeigt, dass der Entsorgungsweg „Kompostierung“ im Hinblick auf die in § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG genannten Kriterien weniger umweltverträglich ist als andere Entsorgungswege. Dieses gilt insbesondere für BAW, die aus dem nicht regenerierbaren Primärrohstoff Erdöl gewonnen werden. Dieses wird von HEYDE und BEZ (1996) [6] auch quantitativ bestätigt.

Die Vergärung besitzt als Entsorgungsoption eine große Bedeutung, weil eine wachsende Zahl von öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern und auch private Entsorgungsfirmen eine Vielzahl organischer Abfälle einschließlich der aus der Biotonne in Vergärungsanlagen behandeln. Derzeit sind bundesweit 38 Vergärungsanlagen mit einer Kapazität von rund 900.000 Mg/a in Betrieb. 6 weitere mit einer Kapazität von rund 250.000 Mg/a sind im Bau bzw. in der Inbetriebnahme (WIEMER, KERN, 1998) [7].

Über die Eignung von BAW-Abfall für die Vergärung liegen dem Arbeitskreis keine Erkenntnisse vor. Insbesondere ist noch nicht geklärt, inwieweit die über einen bestimmten Zeitraum flüssigkeitsbeständigen Folien oder Trinkbecher aus BAW in dem Auflösebehälter aufgelöst und damit der Vergärung zugänglich gemacht werden können oder aber als Kunststoffabfall ausgetragen werden. Als verwertbares Produkt entsteht Biogas, das energetisch verwertet werden kann (Gasmotor etc.; Verwertungsverfahren R9 nach Anhang IIB KrW-/AbfG). Weiter zu betrachtende Abfallströme sind die abgetrennten Abfälle aus der Vorsortierung und dem Betrieb, Schlamm (in flüssiger oder entwässerter Form) nach der Abfallvergärung (Gärrückstand) sowie Prozessabwasser, Sickerwasser aus der Nachbehandlung (Schlammkompostierung), Abwasser aus der Schlammentwässerung. Die Energie- und die Schadstoffbilanz liegen nicht vor.

Sortenreine Chargen aus BAW-Abfall und u.U. auch solche vermischt mit bestimmten herkömmlichen Kunststoffen können auch einer energetischen Verwertung zugeführt werden. Dabei wird einerseits Energie gewonnen und andererseits werden der Verbrauch fossiler Primärbrennstoffe und die bei deren Verbrennung entstehenden Emissionen vermieden (siehe **Abbildung 12** Seite 54).

Abbildung 12

	Kompostierung	Energetische Verwertung/ Thermische Behandlung mit Energienutzung
1. Zu erwartende Emissionen	-	0
2. Schonung der natürlichen Ressourcen (Ausgangsmaterial/Fossile Brennstoffe)	- / -	- / +
3. Einzusetzende oder zu gewinnende Energie	-	+
4. Anreicherung von Schadstoffen in Er- zeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen	0	0

Abbildung 12: Qualitativer Nachweis des Vorrangs der energetischen Verwertung von BAW-Abfall vor dessen Kompostierung (Vorrang der umweltverträglicheren Verwertungsart) nach § 6 Abs. 1 in Verbindung mit § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG bzw. des Entfalls des Vorrangs der Verwertung (Kompostierung) von BAW-Abfall, wenn dieser einer thermischen Behandlung mit Energienutzung z.B. in einer Hausmüllverbrennungsanlage zugeführt wird (§ 5 Abs. 5 KrW-/AbfG)

Erläuterungen zum qualitativen Nachweis des Vorrangs der energetischen Verwertung von BAW-Abfall vor dessen Kompostierung (Vorrang der umweltverträglicheren Verwertungsart) nach § 6 Abs. 1 in Verbindung mit § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG bzw. des Entfalls des Vorrangs der Verwertung (Kompostierung) von BAW-Abfall, wenn dieser einer thermischen Behandlung mit Energienutzung z.B. in einer Hausmüllverbrennungsanlage zugeführt wird

Zu 1. Zu erwartende Emissionen

- + Verringerung der Emissionen
- 0 Keine Emissionen
- Zusätzliche Emissionen

Sowohl bei der Kompostierung als auch bei der energetischen Verwertung bzw. thermischen Behandlung mit Energienutzung von BAW-Abfall entstehen als wesentliche Emissionen CO₂ und H₂O. H₂O verhält sich umweltneutral, CO₂ belastet die Atmosphäre (-). Durch die Energienutzung werden Emissionen aus der Verbrennung fossiler Primärbrennstoffe vermieden. Zur Vereinfachung wird davon ausgegangen, dass sich diese Effekte im Hinblick auf die CO₂-Emissionen aufheben (0). Nicht berücksichtigt werden andere vermiedene Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe (z.B. SO₂).

Zu 2. Schonung der natürlichen Ressourcen

- + Verringerung des Ressourcenverbrauchs
- 0 Kein Ressourcenverbrauch
- Verbrauch von Ressourcen

Sowohl bei der Kompostierung als auch bei der energetischen Verwertung bzw. thermischen Behandlung mit Energienutzung von BAW-Abfall werden Werkstoffe bzw. Ausgangsmaterialien zerstört (Ressourcenverbrauch) (-). Bei der energetischen Verwertung bzw. thermischen Behandlung mit Energienutzung werden jedoch fossile Primärbrennstoffe substituiert (+)

Zu 3. Einzusetzende oder zu gewinnende Energie

- + Energiegewinn
- 0 Weder Energiegewinn noch Energieverbrauch
- Energieverbrauch

Bei der Kompostierung von BAW-Abfall wird Energie verbraucht (-). Bei der energetischen Verwertung bzw. thermischen Behandlung mit Energienutzung wird Energie gewonnen (+)

Zu 4. Anreicherung von Schadstoffen

- + Verminderung von Schadstoffen
- 0 Keine Auswirkungen
- Anreicherung von Schadstoffen

Da in BAW gemäß Herstellerangaben Schadstoffe nicht enthalten sind, ergeben sich weder bei der Kompostierung noch bei der energetischen Verwertung bzw. thermischen Behandlung mit Energienutzung Auswirkungen im Hinblick auf die Schadstoffsituation (0). Bei der Kompostierung ist zu prüfen, inwieweit Metabolite entstehen. Bei der Bewertung wird davon ausgegangen, dass dieses Problem vernachlässigt werden kann.

Entsprechendes gilt grundsätzlich auch für die thermische Behandlung von BAW-Abfall in modernen Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle unter der Voraussetzung, dass die entstehende Wärme in hohem Maße z.B. zur Fernwärmeerzeugung oder zur Energiegewinnung genutzt wird. Der Schadstoffaspekt ist in beiden Fällen ohne Bedeutung, da qualitätsgesicherte BAW so geringe Schadstoffmengen enthalten, dass der daraus hergestellte Kompost sogar auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht werden kann. Durch die Verbrennung von Abfällen aus regenerativen Quellen ist die Abfallverbrennung in den globalen Kohlendioxid-Kreislauf einzubeziehen. Bei gleichzeitiger Gewinnung von Energie und Fernwärme werden im direkten Vergleich mit fossil befeuerten Kraftwerken Kohlendioxidabfälle vermieden. Zu diesem Ergebnis kommt auch das Fraunhofer-Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung (ILV, neu: Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV), Freising, das in einer Studie im Auftrag der Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME) feststellt, dass die energetische Verwertung von Kunststoffabfällen hinsichtlich der ausgewerteten Umweltentlastungspotenziale grundsätzlich nicht ungünstiger ist als die rohstoffliche Verwertung (HEYDE, 1998) [8]:

“Heizwertreiche Abfälle sollten dort energetisch verwertet werden, wo

- Müll(heiz)kraftwerke mit großen Gesamtwirkungsgraden zur Verfügung stehen,
- Die Verwertungsanlage gut in Kraft- und Wärmeversorgungsnetze eingebunden ist,
- örtliche Verbraucher möglichst ganzjährig mit Wärme beliefert werden können und
- günstigerweise Kohle als Primärbrennstoff zur Energiebereitstellung ersetzt werden

kann.

In einer Studie zur “Klimarelevanz in der Abfallwirtschaft”, die im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie der Republik Österreich (NN, 1998 d) [9] erarbeitet wurde, wird aufgezeigt, in welchem Maß die wichtigsten Entsorgungs-/Behandlungstechniken für Restabfall zur Emission der klimawirksamen Treibhausgase CO₂ und CH₄ beitragen bzw. wodurch Emissionen dieser Gase am meisten verringert werden. Für die verschiedenen Entsorgungsszenarien wird auf der Grundlage der voraussichtlichen Entwicklung der Restabfallmenge das jeweilige Vermeidungs- bzw. Belastungspotenzial an klimarelevanten Gasen berechnet.

Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Restabfallverbrennung, gekoppelt mit Stromerzeugung und Abwärmenutzung, verglichen mit den Varianten der mechanisch-biologischen Vorbehandlung oder der Ablagerung unbehandelter Restabfälle, bei weitem das größte Vermeidungspotenzial für Treibhausgase besitzt.

Eine vergleichbare Aussage kann für die Entsorgung von BAW-Abfall mithilfe einer Analogiebetrachtung auf der Grundlage einer vom Wuppertal Institut (RECKERZÜGL, BRINGEZU, 1998) [10] erstellten exemplarischen CO₂-Bilanz für den Vergleich verschiedener Varianten der Klärschlamm Entsorgung (landwirtschaftliche Verwertung, energetische Verwertung) getroffen werden.

Da es sich bei Klärschlamm um einen organischen Abfall handelt, kann dieser in der Betrachtung prinzipiell durch BAW-Abfall ersetzt werden. Die Ergebnisse der Studie liegen im Hinblick auf einen entsprechenden Vergleich mit biologisch abbaubaren Kunststoffen auf der sicheren Seite, da

- Klärschlamm deutlich höhere Nährstoffgehalte aufweist als Produkte aus biologisch abbaubaren Kunststoffen (hoher Nutzen gegenüber einem nicht vorhandenen Nutzen bei BAW),

- bei der energetischen Verwertung von Klärschlamm von geringeren Energiegutschriften ausgegangen werden muss, weil Energie für die Abtrennung/Verdampfung des Wassers verbraucht wird.

Die Studie kommt für Klärschlamm u.a. zu dem Ergebnis, „dass bei der gegenwärtigen Energieversorgungssituation, in der ein hoher Anteil an Energie über Kohlekraftwerke abgedeckt wird, eine thermische Klärschlammverwertung mit weniger CO₂-Emissionen verbunden ist als eine landwirtschaftliche Verwertung. ... Dieses bedeutet, dass es kurz- bis mittelfristig aus Gründen des Klimaschutzes sinnvoll sein kann, den Klärschlamm aus dem Klärwerk ... zu verbrennen, weil damit die Verbrennung von Steinkohle substituiert wird.“ Insoweit muss davon ausgegangen werden, dass bei einer energetischen Verwertung von BAW-Abfall im Vergleich zu dessen Kompostierung mit anschließender landwirtschaftlicher Verwertung noch deutlich positivere Effekte im Vergleich zu dem untersuchten Klärschlamm erzielt werden.

Restabfallentsorgung

Mit keinem Erfassungssystem ist es möglich, Abfälle (z.B. Verpackungen) zu 100 % getrennt zu erfassen. So lässt selbst die VerpackV zu, dass ein gewisser Anteil der Kunststoffverpackungen nach wie vor in den Restabfall gelangt. Für die Restabfallentsorgung ergeben sich folgende Optionen:

- thermische Behandlung vor Ablagerung (Regelbehandlung gemäß TA Siedlungsabfall)
- mechanisch-biologische Behandlung (MBA) vor
- thermischer Behandlung/energetischer Verwertung oder
- Deponierung (bis 2005 grundsätzlich zulässig; danach im Ausnahmefall auf Antrag, wenn die Gleichwertigkeit zu den Anforderungen der TA Siedlungsabfall nachgewiesen wird.

Bei der thermischen Behandlung vor der Ablagerung bereitet BAW-Abfall keine Probleme; allerdings bringt die Produkteigenschaft „biologisch abbaubar“ keinen zusätzlichen Nutzen. Auf die Aspekte Energienutzung/Klimarelevanz sind im Grundsatz die Aussagen zur energetischen Verwertung übertragbar.

Für die thermische Behandlung/energetische Verwertung nach MBA des Restabfalls ist die Stoffeigenschaft „biologisch abbaubar“ nicht erforderlich. Der Energieinhalt des BAW-Abfalls wird jedoch nur teilweise genutzt, weil davon auszugehen ist, dass ein gewisser Anteil des BAW-Abfalls in der biologischen Stufe abgebaut wird. Es ist zu prüfen, inwieweit sich bei der Zwischenlagerung der heizwertreichen „Flufffraktion“ (flugfähige Fraktion) bzw. des „Trockenstabilats“ - so weit diese über längere Zeiträume vorgesehen ist - Emissionsprobleme ergeben können.

Dieses gilt auch für die Frage, inwieweit sich möglicherweise Probleme für die Variante MBA vor Deponierung des Restabfalls ergeben können - hier insbesondere im Hinblick auf die Einhaltung der Stabilitätskriterien für die abzulagernden Abfälle. Für die mechanisch-biologische Abfallbehandlung, für die gerade dem Land Niedersachsen bundesweit eine führende Stellung zugesprochen werden kann, muss sichergestellt werden, dass BAW-Abfall im Restabfall nicht zu einem Zielkonflikt führt. Die kurze biologische Behandlungszeit in der MBA darf nicht dazu führen, dass BAW-Abfall nicht oder nur unvollständig abgebaut wird und damit das Behandlungsziel verfehlt wird. Es ist daher zu klären, inwieweit die Testparameter für die biologische Stabilität der Abfälle durch den BAW-Abfall beeinflusst werden. Testparameter sind beispielsweise die Atmungsaktivität oder die Gasbildung unter anaeroben Verhältnissen. Hinzu kommt das Problem, dass die nicht vollständig im Rahmen der mechanisch-biologischen Behandlung abgebauten Kunststoffe das Ziel einer

nachsorgearmen Deponie gefährden (nicht vollständig abgebauter BAW-Abfall als Kohlenstoffquelle für die Deponiegasbildung unter anaeroben Bedingungen).

Nach der Vorgehensweise in den niedersächsischen Demonstrationsanlagen zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung wird BAW-Abfall ebenso wie herkömmliche Kunststoffe als Störstoff bzw. heizwertreicher Abfall aussortiert. Untersuchungen an mehreren Anlagen zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung (MBA) haben gezeigt, dass bei einem geeigneten Siebschnitt in der MBA ohne eine getrennte Sammlung von Leichtstoffverpackungen die Verwertungsquoten für Kunststoff in der novellierten Verpackungsverordnung unter der Voraussetzung erfüllt werden könnten, dass stoffliche und energetische Verwertung einander gleichgestellt wären und es keine unterschiedlichen Quoten für die jeweilige Verwertungsart gäbe.

Diese Ausschleusung des BAW-Abfalls als heizwertreiche Fraktion wäre in der MBA auch deshalb vorzuziehen, weil der BAW-Abfall anderenfalls die Rotte durch den zusätzlichen Mengenstrom belasten und Energie für den Abbau benötigen würde. Dagegen könnte bei der Ausschleusung und energetischen Verwertung oder der thermischen Behandlung der Heizwert genutzt werden.

3.4 Zusammenfassung

3.4.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Vermeidung und Entsorgung von BAW-Abfall werden durch das KrW-/AbfG und daraus resultierende Verordnungen vorgegeben. Das Gesetz berücksichtigt die Randbedingungen, die für eine auch aus naturwissenschaftlich/technischer Sicht einwandfreie Bewertung der einzelnen Entsorgungsoptionen für BAW-Abfall erforderlich sind. Die daraus resultierenden Ergebnisse sind nachvollziehbar und stehen im Einklang mit dem Gesetz. Das KrW-/AbfG bringt somit Klarheit für die Entsorgung von BAW-Abfall.

Die Verpackungsverordnung bevorzugt dagegen - das heißt, im Gegensatz zu den Grundsätzen des KrW-/AbfG und in aus naturwissenschaftlich/technischer Sicht unzulässiger Weise - Kunststoffverpackungen, die überwiegend aus biologisch abbaubaren Kunststoffen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt worden sind. Sie verlangt außerdem, dass ein möglichst hoher Anteil (ab Juli 2002 mindestens 60 %) einer Kompostierung zuzuführen ist, obwohl diese sich eindeutig als der im Vergleich zur energetischen Verwertung und zur thermischen Behandlung mit Energienutzung weniger umweltverträgliche Entsorgungsweg herausgestellt hat (siehe 3.3.3.4). Sie steht also im Widerspruch zu naturwissenschaftlich/technischen Erkenntnissen und zum KrW-/AbfG. Auch in der derzeit (Stand: 16.01.1999) geltenden BioabfallV werden biologisch abbaubare Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen zu Unrecht privilegiert. Hinzu kommt, dass BAW-Abfall auf Basis fossiler Rohstoffe nicht den Bioabfallbegriff erfüllt. In der Änderungsverordnung, der die Bundesregierung jedoch noch nicht zugestimmt hat (Stand: 16.01.1999), sind dagegen (in korrekter Weise) biologisch abbaubare Kunststoffe unabhängig von ihrer Rohstoffbasis einander gleichgestellt. Die Probleme, die vom Arbeitskreis im Zusammenhang mit der Erfassung von BAW-Abfall aufgezeigt werden, sind durch die Änderungen des Bundesrates ebenso berücksichtigt worden wie die Möglichkeit, eindeutige und einheitliche Anforderungen an den Nachweis der biologischen Abbaubarkeit festzulegen.

3.4.2 Abfallwirtschaftliche Bewertung

Bei der abfallwirtschaftlichen Bewertung von Produkten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen ist zu unterscheiden zwischen Produkten mit und solchen ohne Entsorgungserfordernis.

Ein aus abfallwirtschaftlicher Sicht sinnvoller Einsatz von Produkten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen ist nur dort zu erkennen, wo die Eigenschaft “biologisch abbaubar” einen tatsächlichen Produktnutzen darstellt, der die Entsorgung des Produktes entbehrlich macht (Produkte ohne Entsorgungserfordernis) und damit ökologische, ökonomische und soziale Vorteile mit sich bringen kann. Dieses gilt für die Produkte, die im oder auf dem Boden verbleiben sollen (und können) und deren Entfernung einen zusätzlichen Aufwand mit sich bringen würde. Als Beispiele können Bändchen, Folien und Spritzgussartikel für die Bereiche Gartenbau, Land- und Forstwirtschaft genannt werden. Darüber hinaus gibt es eine Vielzahl von “Slow-Release-Anwendungen” in Landwirtschaft und Medizin. Auch biologisch abbaubare Bioabfallsäcke erfüllen einen Zusatznutzen.

In den Anwendungsbereichen mit Entsorgungserfordernis (siehe **Abbildung 7** Seite 25) sind abfallwirtschaftliche Vorteile für Produkte aus biologisch abbaubaren Kunststoffen gegenüber solchen aus herkömmlichen Kunststoffen nicht erkennbar. Hinzu kommt bei deren Anwendung im Verpackungsbereich und bei Einweggeschirr die Konkurrenz zu Mehrwegsystemen und zu der Forderung des KrW-/AbfG nach Abfallvermeidung.

Für BAW-Abfall gibt es im Vergleich zu Abfall aus herkömmlichen Kunststoffen zwar die zusätzliche Option, diese der Kompostierung oder der Vergärung zuzuführen. Diese Entsorgungswege sind jedoch zu vergleichen mit:

- der werkstofflichen Verwertung, bei der aus biologisch abbaubaren Kunststoffen unter Beibehaltung ihrer Werkstoffeigenschaften neue Produkte hergestellt werden,
- der rohstofflichen Verwertung,
- der energetischen Verwertung/thermischen Behandlung.

Die Bewertung dieser Entsorgungsoptionen führt zu folgenden Ergebnissen:

- Bei der Mitkompostierung von BAW-Abfall wird das Ziel des § 5 Abs. 2 Satz 3 KrW-/AbfG, wonach eine der Art und Beschaffenheit des Abfalls entsprechende hochwertige Verwertung anzustreben ist, nicht erreicht, weil dieser Entsorgungsweg nicht zum Schließen von Materialkreisläufen auf hohem Niveau führt.
- Die Mitkompostierung von BAW-Abfall ist auf der Grundlage der vier in § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG genannten Kriterien
 1. zu erwartende Emissionen
 2. Schonung der natürlichen Ressourcen
 3. einzusetzende oder zu gewinnende Energie
 4. Anreicherung von Schadstoffen in Erzeugnissen, Abfällen zur Verwertung oder daraus gewonnenen Erzeugnissen

im Vergleich zur energetischen Verwertung nicht als die umweltverträglichere Verwertungsart gemäß § 6 Abs. 1 KrW-/AbfG einzustufen. Selbst eine Beseitigung von BAW-Abfall in einer Hausmüllverbrennungsanlage mit Energienutzung stellt im Vergleich zu dessen Kompostierung die umweltverträglichere Entsorgungsart dar. Unter dieser Voraussetzung würde der in § 5 Abs. 2 KrW-/AbfG festgelegte Vorrang der Verwertung entfallen.

- Die Mitkompostierung von BAW-Abfall bringt bei bestimmten BAW keinen Nutzen für den Kompostierungsprozess bzw. den dabei entstehenden Kompost mit sich. In anderen Fällen ist ein solcher Nutzen noch nicht nachgewiesen worden.

Unabhängig von der zusätzlichen Möglichkeit, BAW-Abfall auch der Kompostierung oder Vergärung zuführen zu können, und unabhängig von der Bewertung dieser

Entsorgungsoptionen und die Erfassung von BAW-Abfall über die Biotonne aus den in den Kapiteln 3.3.1 und 3.3.4 genannten Gründen von der Mehrheit des AK abgelehnt. Die Industrievertreter sind der Auffassung, dass diese Option für die Erfassung von BAW Abfällen weiterhin zur Verfügung stehen sollte.

4 Ökologische Bewertung biologisch abbaubarer Kunststoffe

4.1 Instrumentarium der ökologischen Bewertung von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen

Für die ökologische Bewertung von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen stehen mehrere Instrumente zur Verfügung, so z.B. die Ökobilanz (synonym: Life cycle assessment (LCA)). Für die vorliegende Fragestellung ist aber die **Ökobilanz** von besonderem Interesse, da es hierzu in der Vergangenheit bereits verschiedene Ansätze auch im Hinblick auf BAW gegeben hat.

4.1.1 Ökobilanzen - Entwicklung und Status quo

Die frühen “Ökobilanzen” in den 70er bis Mitte der 80er-Jahre waren einfache Abschätzungen über Energie oder Mengenströme, z.B. bezüglich Emissionen oder Abfallentsorgung. Eine Weiterentwicklung dieser frühen Untersuchungen erfolgte in Europa insbesondere durch das Schweizer Bundesamt für Umwelt (BUS), das spätere Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), durch ihre “Ökobilanzen” von Packstoffen [11], die Anfang der 90er-Jahre aktualisiert wurde [12] und die erstmals das Instrument der gewichteten Emissionsflüsse (“kritische Volumina”) anwandte und damit das Feld der Wirkungsbilanz betrat.

Vertieft wurden diese Ansätze in Deutschland Mitte der 80er-Jahre durch energieanalytische [13], und energie- und emissionsorientierte Arbeiten [14]. Zu Beginn der 90er-Jahre begann ein internationaler Austausch zu Ansätzen und Methoden von Ökobilanzen bzw. Life Cycle Assessment (LCA), wobei sich die LCA weitestgehend auf den ökologischen Bereich beschränkte.

Die Aktivitäten zur Ökobilanzierung waren lange Zeit auf einzelne Arbeitsgruppen in Europa verteilt. Erst zu Beginn der 90er-Jahre begann hier eine internationale Kooperation (insbesondere über die SETAC¹) und Vereinheitlichung der Begrifflichkeiten (international: Life Cycle Assessment, LCA). Aus den Arbeiten der SETAC auf diesem Gebiet, insbesondere den Workshops, resultierten in entsprechenden Richtlinien für die Methodik der Ökobilanzierung. Ein Meilenstein ist hierbei der SETAC-Workshop am 31.3.-3.4.1993 im portugiesischen Sesimbra, auf dem Richtlinien für die Ökobilanzierung als sog. “Code of Practice” erarbeitet wurden [15]

Neben dieser mehr wissenschaftlichen Ebene gab es auch auf der Normungsebene verschiedene Aktivitäten, um die Systematisierung und Vereinheitlichung von LCAs/Ökobilanzen voranzubringen. So haben sich in verschiedenen Staaten nationale Gremien dieser Frage angenommen, in Deutschland z.B. der DIN-NAGUS (Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes), der mit seinem Arbeitsausschuss “Produkt-Ökobilanzen” (im Juni

1993 gegründet) und dessen Unterausschüssen (“Sachbilanz”, “Wirkungsabschätzung/Auswertung”) die deutsche Position für die internationalen Normungsaktivitäten erarbeitete. Auf internationaler Ebene bei der ISO nahmen ebenfalls im Juni 1993 entsprechende Ausschüsse ihre Arbeit auf, um im Rahmen der Normung einen Konsens über die Methodik der Ökobilanzerstellung herbeizuführen. Die internationale Normung dieses Instruments bringt zum Ausdruck, dass praktisch alle interessierten Kreise weltweit Konsens in der Methodik und Vorgehensweise erzielt haben bzw. erzielen werden. Damit sind die grundlegenden Elemente für den Vergleich aus ökologischer Sicht festgelegt [16].

Die folgende Abbildung illustriert die Bestandteile einer Ökobilanz nach heutigem Stand der Normung. Danach muss eine Ökobilanz enthalten:

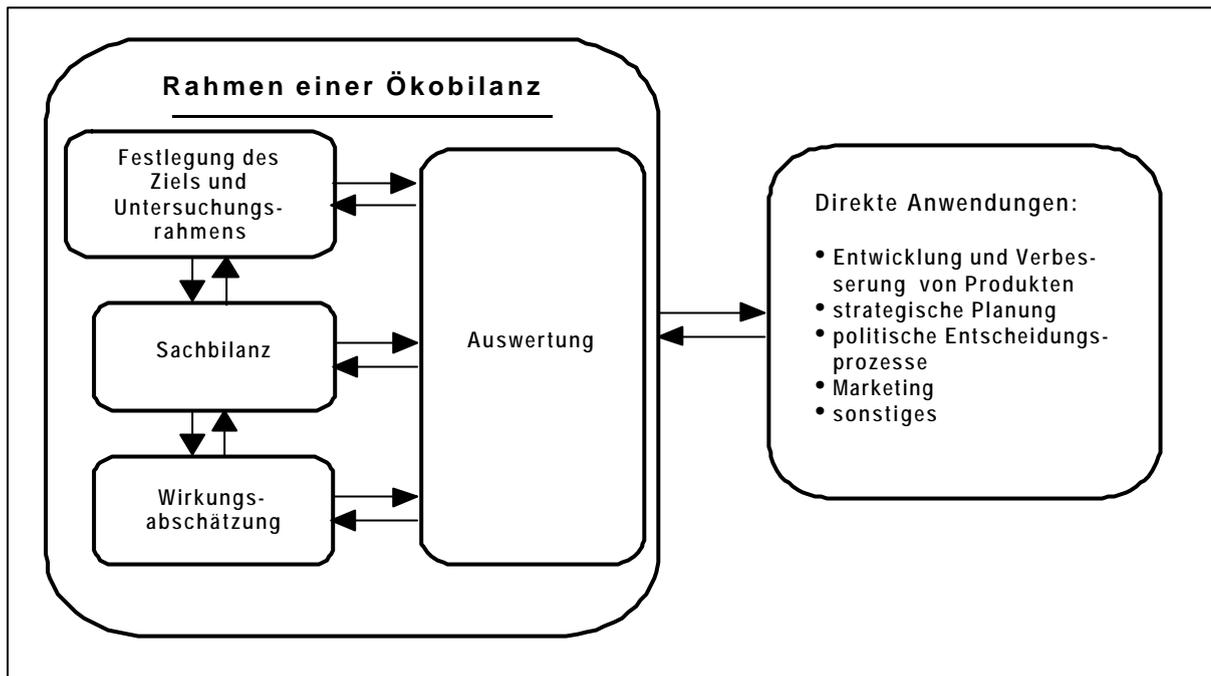
- die Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
- die Sachbilanz
- die Wirkungsabschätzung
- die Auswertung der Ergebnisse.

Für diese einzelnen Bestandteile einer Ökobilanz ist die internationale Normierung unterschiedlich weit vorangeschritten. Die folgende Tabelle zeigt den aktuellen Stand (Februar 1999) der Normierung von LCA/Ökobilanzen.

Tab. 11: Status der internationalen Normung von LCA/Ökobilanzen

	Stand	Status	Inhalt
DIN EN ISO 14040	8/1997	Internationale Norm	Ökobilanz. Prinzipien und allgemeine Anforderungen [17]
DIN EN ISO 14041	11/1998	Internationale Norm	Ökobilanz. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz [18]
ISO/DIS 14042	2/1999	Norm-Entwurf	Ökobilanz. Wirkungsabschätzung [19]
ISO/DIS 14043	1/1999	Norm-Entwurf	Ökobilanz. Auswertung [20]

Abbildung 13: Rahmen einer Ökobilanz (nach DIN EN ISO 14040)



Der methodische und wissenschaftliche Rahmen für die Wirkungsabschätzung und Auswertung befindet sich noch in der Entwicklung. In den diesbezüglichen aktuellen Norm-Entwürfen DIN EN ISO 14042 und 14043 (vom Februar bzw. Januar 1999) sind Anleitungen für die Auswahl der Wirkungskategorien, Indikatoren und Modelle gegeben und sieben Anforderungen [21] an diese festgelegt (DIN-Entwurf 14042, Punkt 5.3.). U.a. müssen die Quellen für die Wirkungskategorien, Indikatoren und Modelle angegeben und ihre Auswahl begründet werden.

Im Entwurf der DIN EN ISO 14043 wird weiterhin u.a. eine Vollständigkeitsprüfung, eine Konsistenz- und eine Sensitivitätsprüfung für die Ergebnisse der Ökobilanz-Studie vorgeschrieben. Zweck der **Sensitivitätsprüfung** ist die Prüfung der Zuverlässigkeit der Ergebnisse, indem eingeschätzt wird, ob Unsicherheiten zu den signifikanten Parametern die Schlussfolgerung beeinflussen. Für diese Prüfung müssen u.a. auch die Sachverständigenurteile (**critical review**) berücksichtigt werden.

4.1.2 Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens

Das Ziel einer Produkt-Ökobilanz muss eindeutig die beabsichtigte Anwendung festlegen und die Gründe für die Durchführung der Produkt-Ökobilanz sowie die angesprochenen Zielgruppen aufführen, d.h., an wen sich die Ergebnisse der Produkt-Ökobilanzen richten sollen.

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens müssen eine Vielzahl von Punkten berücksichtigt und eindeutig beschrieben werden, darunter:

- die Funktionen des Systems, oder im Fall vergleichender Produkt-Ökobilanzen, der Systeme,
- die funktionelle Einheit und das zu untersuchende Produktsystem;
- die Grenzen des Produktsystems;
- die Allokationsverfahren;
- die Wirkungskategorien und die Methode für die Wirkungsabschätzung und die

- anschließende anzuwendende Auswertung;
- die Anforderungen an Daten und an die Qualität der Daten;
- die Annahmen und Einschränkungen
- die Art der kritischen Prüfung (critical review)
- die Art und Aufbau des für die Studie vorgesehenen Berichts.

Bei einer Studie, deren Zweck es ist, vergleichende Aussagen zu treffen, die veröffentlicht werden, muss eine kritische Prüfung nach Kapitel 7.3.3 DIN EN ISO 14040:1997 („Kritische Prüfung durch interessierte Kreise“, s. Anlage 12) durchgeführt werden.

4.1.3 Sachbilanz

Die Sachbilanz umfasst die Bilanzierung der Stoff- und Energieflüsse als Input- und Output-Ströme über den Lebenszyklus eines Produkts hinweg (Herstellung, Nutzungsphase, Nachnutzungsphase). Der Prozess zur Erstellung einer Sachbilanz ist iterativ. Wichtige Ströme (keine erschöpfende Aufzählung) sind hierbei

- auf der Input-Seite:
 - Rohstoffverbrauch
 - Verbrauch an Hilfs- und Betriebsstoffen
 - Energieverbrauch (Primärenergie)
 - Wasserverbrauch
 - Bodenbeanspruchung/Flächenverbrauch
- auf der Output-Seite:
 - Produkte
 - Abfälle zur Verwertung und zur Beseitigung (unterteilt nach Grad der Gefährlichkeit, i.d.R. nach Deponieklassen bzw. Radioaktivität)
 - Luftemissionen
 - Wasseremissionen
 - Schall (Lärm, Erschütterungen).

4.1.4 Wirkungsabschätzung

Die Wirkungsabschätzung hat zum Ziel, die Bedeutung potenzieller Umweltwirkungen Mithilfe der Ergebnisse der Sachbilanz zu beurteilen. Im Allgemeinen werden den Sachbilanzdaten spezifische Umweltwirkungen zugeordnet, und es wird versucht, die hieraus resultierenden potenziellen Wirkungen (daher auch „Wirkungspotenziale“ oder „Umweltlastenpotenziale“) zu erkennen bzw. zu quantifizieren. Die Wirkungsabschätzung kann u.a. folgende Elemente enthalten:

- Zuordnung von Sachbilanzdaten zu Wirkungskategorien (Klassifizierung)
- Modellierung der Sachbilanzdaten innerhalb der Wirkungskategorien (Charakterisierung)
- in besonderen Fällen mögliche Zusammenfassung der Ergebnisse (Gewichtung/Abwägung).

Für die Wirkungsabschätzung im Rahmen der Produkt-Ökobilanzierung wurden in den letzten knapp 10 Jahren verschiedene Modelle angewandt, die alle ihre Stärken, aber auch ihre Schwächen haben (Überblick in [22]). Der methodische und wissenschaftliche Rahmen für die Wirkungsabschätzung befindet sich aber immer noch in der Entwicklung. So gibt es keine allgemein anerkannten Methoden für eine durchgängige und genaue Zuordnung von

Sachbilanzdaten zu spezifischen potenziellen Umweltwirkungen, jedoch mittlerweile einen maßgeblich durch die SETAC beeinflussten “state of the art” (s.o.). In den aktuellen Produkt-Ökobilanzen z.B. zu Produkten aus Kunststoffen (div. PVC-Ökobilanzen) kommen insbesondere die Leitindikatoren Umweltlastenpotenziale (CML 1992, SETAC 1993 und 1994) und in einigen Fällen für die Bewertung der toxikologisch relevanten Indikatoren das Modell der kritischen Belastungsmengen aus der Schweiz (BUWAL 1984/1991) zum Einsatz.

4.1.5 Auswertung

In dieser Phase der Ökobilanz werden die Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung entsprechend dem festgelegten Ziel und dem Untersuchungsrahmen der Produkt-Ökobilanz zusammengefasst. Dabei sollen die Ergebnisse der durchgeführten Sensitivitätsanalyse und der Fehlerabschätzung berücksichtigt werden. Die Ergebnisse können Grundlagen und Empfehlungen für Entscheidungsfindungen sein, die sich auf das Ziel und den Untersuchungsrahmen der Produkt-Ökobilanz beziehen.

4.1.6 Bericht

Die Ergebnisse der Ökobilanz sind der angesprochenen Zielgruppe angemessen und korrekt in Form eines Berichtes mitzuteilen. Dieser Bericht hat u.a. zu enthalten:

- a) allgemeine Aspekte
- b) Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens
- c) Sachbilanz: Datensammlungs- und Berechnungsverfahren
- d) Wirkungsabschätzung: die Methodik und die Ergebnisse der durchgeführten Abschätzung
- e) Auswertung (Ergebnisse, Einschränkungen, Beurteilung der Datenqualität)
- f) Kritische Begleitung (critical review) durch interne und externe Gutachter.

4.2 **Sachstand der ökologischen Bewertung von biologisch abbaubaren Kunststoffen**

Zur ökologischen Bewertung von Produkten gibt es, wie eingangs erwähnt, unterschiedliche Ansätze und Methoden. Die Ökobilanz ist allerdings das einzige national und international genormte Instrument für eine ökologische Bewertung von Produkten.

Für die ökologische Bewertung von BAW konnte der Arbeitskreis auf verschiedene Quellen und Stellungnahmen zurückgreifen

1. Vortrag von Herrn Michael Heyde, Fraunhofer IVV zum Vergleich von Kunststoffen
2. Abschlussprotokoll zum Fachgespräch “Biologisch abbaubare Kunststoffe” beim Umweltbundesamt, 3.7.1998
3. Schreiben von Herrn Dr. Holley (IVV) bzgl. dieses Abschlussprotokolls.

In seinem Vortrag zum Forschungsvorhaben “Abschätzende Ökobilanzen zu Polymer-Kunststoffen auf der Basis biologisch erzeugter Polyhydroxyfettsäuren” zieht Herr Heyde folgende Schlussfolgerungen:

- Der Einsatz von erneuerbaren (synonym: nachwachsenden) Rohstoffen in technischen und verbrauchernahen Produkten erfordert immer auch den zusätzlichen Einsatz nicht-erneuerbarer Ressourcen. Mit Blick auf den gesamten Lebenszyklus kann im konkreten Fall der Bedarf an nicht erneuerbaren Ressourcen höher sein als der Bedarf eines vergleichbaren petrochemischen Produkts.

- Die Einsparung von Ressourcen durch Einsatz erneuerbarer Rohstoffe wird nur erreicht, wenn das System sorgfältig optimiert wird.

Die diesem Vortrag zu Grunde liegende Ökobilanz entspricht jedoch laut Einschätzung des UBA (s.u. und siehe Anlage) nicht den Grundlagen der DIN ISO 14040. So ist u.a. nur der Kunststoff, aber keine spezielle Produktanwendung bei vergleichbarem Nutzen untersucht worden.

Der Sachstand zu Ökobilanzen von Produkten aus BAW lässt sich laut UBA wie folgt zusammenfassen:

- Für Produkte aus BAW auf *fossiler* Basis sind bislang keine Ökobilanzen verfügbar.
- Die vorliegenden Ökobilanzen für Produkte aus BAW beschränken sich auf solche auf Basis *nachwachsender Rohstoffe*. Diese Ökobilanzen entsprechen aber nicht dem Standard der DIN ISO 14040 und sind daher für eine Bewertung nicht geeignet.
- Es sind Produkt-Ökobilanzen nach dem Stand DIN ISO 14040 notwendig, um den ökologischen Stellenwert von Produkten aus BAW beurteilen zu können.
- Die Ökobilanz-Methodik macht deutlich, dass es unsinnig ist, einen ökologischen Vergleich zwischen Kunststoffgruppen durchzuführen. Die ökologischen Vor- und Nachteile eines Kunststoffes können nur in Zusammenhang mit einer speziellen Produktanwendung bei vergleichbarem Nutzen (gleiche funktionelle Einheit) untersucht werden.

4.3 Anforderungen an die ökologische Bewertung von Produkten aus BAW

Mit Blick auf die Anforderungen der DIN ISO 14040 und ff. für die Erstellung von Produkt-Ökobilanzen lassen sich nach Einschätzung des AK2 Anforderungen an die ökologische Bewertung von Produkten aus BAW formulieren. Die im Folgenden aufgeführten Gedanken sind aber nicht als vollständig und umfassend zu bewerten, sondern als erste Näherung an das komplexe Thema Ökobilanzen von Produkten aus BAW.

Die Produkt-Ökobilanz kann nach DIN ISO 14040 (S. 2) "helfen

- beim Aufzeigen von Möglichkeiten zur Verbesserung der Umweltaspekte von Produkten in den verschiedenen Phasen ihres Lebenswegs;
- bei der Entscheidungsfindung in Industrie, Regierungen oder Nichtregierungsorganisationen (z.B. bei der strategischen Planung, Prioritätensetzung, Produkt- oder Prozessentwicklung oder entsprechender Umstellung);
- beim Auswählen von relevanten Indikatoren der Umweltleistung einschließlich Messverfahren und
- beim Marketing (z.B. Umweltaussagen, bei Umweltkennzeichnung oder bei umweltbezogener Produktdeklarierung)."

Das erstgenannte Ziel ist vorrangig betriebsintern von Bedeutung für Unternehmen, die BAW-Kunststoffe oder -Produkte entwickeln oder herstellen. Hier dient die Ökobilanz zur Erkennung von "hot spots", also von aus ökologischer Sicht vorrangig zu behandelnden Fragen/Problemen. Z.B. gibt ein großer Pkw-Hersteller [23] für seine Bauteil-Bilanzierung folgende wesentlichen Ziele an:

- Erfassung und Bewertung von Umweltauswirkungen eines Bauteils im gesamten Lebenszyklus,
- Kosteneinsparung durch Erkennen und Lokalisieren von Schwachstellen bei Herstellungsverfahren,

- Aufzeigen von Optimierungspotenzialen,
- ökologische Bewertung von Alternativen mit gleicher Funktion,
- Erstellen von Entscheidungsgrundlagen für die ökologische Produkt- und Prozessoptimierung,
- Integration in eine ökologisch-ökonomische Gesamtbewertung.

Für die Herstellung von Kunststoffen und Produkten aus BAW wären diese Ansätze sinngemäß zu übertragen.

Die anderen genannten Ziele (insbesondere Entscheidungsfindung und Marketing) sind vorrangig nach außen gerichtet. So kann die Produkt-Ökobilanz im Vorfeld für die Abwägung im Zusammenhang mit politischen Entscheidungsprozessen herangezogen werden. Sie dient damit als Instrument zur Unterstützung politischer Entscheidungen. Beim Marketing geht es insbesondere darum, ein Produkt am Markt zu platzieren bzw. zu stärken, z.B. durch Privilegierung (siehe VerpackV) bzw. gezielte Ansprache umweltbewusster Verbrauchergruppen (Werbung, Labelling). Bei einer Studie, deren Zweck es ist, vergleichende Aussagen zu treffen, die veröffentlicht werden, muss eine kritische Prüfung nach DIN EN ISO 14040:1997, Kap. 7.3.3 (s. Anlage 12) durchgeführt werden.

Die Zielsetzung und Zielgruppe einer Produkt-Ökobilanz muss klar benannt werden, z.B.:

- Reduzierung der Umweltbelastungen am Standort (z.B. Öko-Audit)
- wissenschaftliche Begründung für eine gesetzliche, untergesetzliche oder normative Privilegierung (Politik).

Bei der Festlegung des **Untersuchungsrahmens** müssen gemäß DIN 14041 u.a. eindeutig beschrieben werden:

- die **Funktionen des Systems**, oder im Fall vergleichender Produkt-Ökobilanzen, der Systeme: z.B. Verpackung von Jogurt in einem Becher aus BAW bzw. aus einem herkömmlichen Kunststoff und einer Mehrwegverpackung z.B. aus Glas;
- die **funktionelle Einheit** (Leistungskennwerte) für das zu **untersuchende Produktsystem** zur Festlegung des Referenzflusses: z.B. m² bedeckte Fläche Ackerland pro Zeiteinheit (Mulchfolien); cm³ oder ml verpacktes Volumen Lebensmittel. Für BAW ist dieser Punkt besonders relevant. So ist zu berücksichtigen, ob für die gleichen Produkteigenschaften auch die gleiche Kunststoffmenge eingesetzt wird oder ob es hier Unterschiede z.B. in der Materialdicke geben muss, um zu gleichen Produktqualitäten wie Reißfestigkeit, Feuchtigkeitsbeständigkeit zu kommen.
- die **Grenzen des Produktsystems**: Modul Herstellung, Modul Verarbeitung, Modul Nutzung, Modul Nachnutzungsphase incl. der Gut- und Lastschriften für Stoffe und Energie (Berücksichtigung der Gesetze der Erhaltung der Masse und der Energie); für BAW: z.B. Entsorgung über Kompostierung, über Restabfallsammlung und -behandlung (incl. Aufbereitung/Trennung), über energetische Verwertung innerhalb der heizwertreichen Fraktion;
- die **Allokationsverfahren**, z.B. Zuordnung zu Koppelprodukten bzw. Abfall;
- die **Wirkungskategorien** und die **Methode für die Wirkungsabschätzung** und die anschließend anzuwendende Auswertung;

- Äquivalenzen oder Berechnung von kritischen Volumina für toxische Stoffe, mit Benennung bzw. Ableitung der herangezogenen Äquivalents-, Grenz- oder Richtwerte) und die anschließende anzuwendende **Auswertung**; (z.B. spezifischer Beitrag zur Umweltbelastung, Abstand zu Umweltzielen, ökologische Bedeutung);
- die **Anforderungen an Daten** (insbesondere Energie, Produkte, Emissionen) und an die **Qualität der Daten** (Zeitbezug, geografischer Bezug, Bezug zum technischen Standard wie z.B. b.a.t.² oder S.d.T.³);
- die **Annahmen** (z.B. Erfassungs-/Anschlussgrad der Sammelsysteme) und **Einschränkungen** (z.B. erforderliche Sortiertechniken/Sortier-Trennschärfen, erreichbare oder zu erreichende Quoten innerhalb eines definierten Zeithorizonts).

Die Sachbilanz und die Wirkungsabschätzung sowie die Auswertung sind entsprechend den Vorgaben der DIN ISO 14040 ff. durchzuführen; der Bericht ist entsprechend zu erstellen.

Als Module "sollten" die laut **DIN ISO 14041** z.B. berücksichtigt werden:

- Inputs und Outputs der wesentlichen Herstellungs- und Verarbeitungsschritte;
- Vertrieb/Transport;
- Erzeugung und Verwendung von Energieträgern, Elektrizität und Wärme;
- Verwendung von Produkten;
- Beseitigung (korrekter: Entsorgung nach KrW-/AbfG, engl. "disposal") von im Prozess anfallendem Abfall und von Produkten;
- Verwertung gebrauchter Produkte (korrekter: Entsorgung nach KrW-/ AbfG, einschließlich Wiederverwendung, stofflicher und energetischer Verwertung);
- Herstellung von Betriebsstoffen;
- u.a.m..

Für die **Phase der Herstellung von Produkten aus BAW** (und den Referenzprodukten) sind z.B. die Umweltbelastungen zu ermitteln aus

- der Rohstoffgewinnung (z.B. bei der Herstellung von BAW aus nachwachsenden Rohstoffen: Energieeinsatz für Herstellung und Transport, Düngemiteleinsetz, Pflanzenschutzmitteleinsatz, Abfallentstehung bei der landwirtschaftlichen Produktion; Erdölgewinnung bei Verwendung fossiler Rohstoffe)
- der Rohstoffveredelung (z.B. bei BAK aus nachwachsenden Rohstoffen: Veredelung der Zuckerrübe zur Glucose; Energieeinsatz für Zuckerherstellung und Behandlung der Produktionsabfälle, Abfallentstehung bei der Veredelung; bei Verwendung fossiler Rohstoffe: petrochemische Raffinationsprozesse)
- der Herstellung des BAW aus dem Vorprodukt aus nachwachsenden Rohstoffen (z.B. Zucker, Stärke), bzw. aus fossilen Rohstoffen (Polymerisation/Polykondensation)
- der Herstellung des Produktes aus dem BAW (Additive etc.).

Für die **Nutzungsphase** dürften insbesondere relevant sein

- der Materialbedarf/Materialaufwand bezogen auf die funktionelle Einheit

- Lebensdauer/Nutzungszyklen
- aus der Produkteigenschaft bzw. dem gewählten System resultierende Zusatzbelastungen (Abwasseraufkommen und –belastung, insbesondere bei der Mehrweg-Variante)

Für die **Entsorgungsphase** dürften insbesondere relevant sein

- Primärenergiebedarf für Transport, Behandlung/Aufbereitung/Trennung, Verwertung und Beseitigung in den jeweiligen Anlagen
- Verbrauch an Hilfs- und Betriebsstoffen (z.B. Abluftreinigung der jeweiligen Anlagen)
- Auswirkungen auf den sekundären Rohstoff bzw. daraus hergestellte Produkte (Schadstoffanreicherung, Qualität)
- Aufkommen an Abfällen zur Verwertung
- Aufkommen an Abfällen zur Beseitigung (Abfälle gemäß Deponieklasse I und II, Abfall zur Verbringung in eine Sonderabfalldeponie/Untertagedeponie, radioaktive Abfälle aus Netzstrom).

Bei der **Produktentsorgung** sind alle zulässigen und technisch möglichen Entsorgungsoptionen zu untersuchen und zu bewerten. Die Eigenschaft “biologisch abbaubar” ermöglicht im Vergleich zu Produkten aus biologisch nicht abbaubaren Kunststoffen lediglich die Betrachtung zusätzlicher Entsorgungsoptionen. Die Tatsache, dass ein Produkt aus biologisch abbaubaren Kunststoffen hergestellt wird, darf aber nicht dazu führen, dass lediglich der Entsorgungsweg Kompostierung/Vergärung betrachtet wird. Auch für Produkte aus biologisch abbaubaren Kunststoffen ist zusätzlich der Entsorgungsweg thermische Behandlung/energetische Verwertung zu bewerten. Hier bestehen für Kunststoffabfälle je nach gewählten Randbedingungen bedeutende Potenziale zur Einsparung von Ressourcen und Vermeidung von Emissionen und Abfällen [24].

Zur Gewährleistung der **Transparenz der Ergebnisse** sind diese für die einzelnen Phasen getrennt anzugeben.

Bei Produkt-Ökobilanzen, deren (ausgewiesenes) Ziel die Einflussnahme auf politische Entscheidungsprozesse und Marketing sind, ist besonderer Wert auf das in der Norm vorgeschriebene **critical review** nach Kap. 7.3.3 der DIN EN ISO 14040 (s. Anlage 12) zu legen. Die ökobilanzielle Untersuchung ist in vollem Umfang und nicht nur in Form einer Kurzfassung verfügbar zu machen.

4.4 Bewertung der Nachhaltigkeit von biologisch abbaubaren Kunststoffen

Im Arbeitskreis 2 (AK2) der Expertenkommission "Zukunft der Kunststoffindustrie in Niedersachsen am Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung" ist ein Projekt aufgegriffen worden, mit dem Ziel, die Nachhaltigkeit von Produkten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen (BAW) im Vergleich zu solchen aus herkömmlichen Kunststoffen darzustellen und zu bewerten. Von diesem Vorgehen versprachen sich die Mitglieder des Arbeitskreises:

- Anregungen zur Strukturierung der Überlegungen zum Thema “Nachhaltigkeit von BAW”,
- Unterstützung für die Entscheidungsfindung in den Unternehmen, die an der Wertschöpfungskette beteiligt sind,

- Hilfestellungen, um zu erkennen, welche Gesprächspartner gegebenenfalls konkrete Themen aufgreifen sollten,
- einen Meinungsaustausch und Konkretisierung der Diskussion mit anderen Gruppen der Gesellschaft.

Vor diesem Hintergrund des Projektzieles ist die Aufgabe gestellt worden, mit Unterstützung von externen Gutachtern aus Wissenschaft und Wirtschaft die Nachhaltigkeit von Produkten aus BAW im Vergleich zu solchen aus herkömmlichen Kunststoffen zu betrachten. Dabei hat sich der AK2 in einem intensiven Diskussionsprozess auf eine Vorgehensweise und auf die im Abschlussbericht des Projektes AK4 beigefügten Bewertungstabellen verständigt.

Die Mitglieder des Arbeitskreises befürworten in dem durch o.g. Projekt erarbeiteten Vorschlag

- die gleichzeitige Ansprache der Themenfelder "Ökonomie", "Ökologie" und "Soziales"
- die Berücksichtigung der Vielschichtigkeit der angesprochenen Aspekte innerhalb dieser drei Themenfelder,
- eine Differenzierung hinsichtlich der Akteure und der verschiedenen Lebenswegabschnitte,
- die Darstellung der Problematik der Datenverfügbarkeit, Datenquellen und Datenqualitäten,
- die Entwicklung der Tabellen durch Fachleute aus unterschiedlichen Bereichen mit entsprechend zu Grunde liegenden unterschiedlichen Sichtweisen und Erfahrungen.

Bei dem Versuch, eine Bewertung der ausgewählten Produkte vorzunehmen, mussten die Mitglieder des Arbeitskreises Folgendes feststellen:

- Die den AK2-Mitgliedern zur Verfügung stehenden Daten sind für eine Bewertung nicht ausreichend.
- Erfahrungen im Umgang mit der Bewertung der Nachhaltigkeit von Produkten liegen bei den Mitgliedern des AK2 nicht vor.
- Die sehr heterogene Zusammensetzung des AK2 mit zum Teil sehr unterschiedlichen fachlichen Erfahrungen der Akteure kann bewirken, dass jeweils individuelle Bewertungen erhalten werden, und dieses dann zu einem methodischen Problem führt. Das unterschiedliche Fachwissen äußert sich z. B.
 - in der unterschiedlichen Interpretation der Indikatoren
 - in unterschiedlichen fachlichen Schwerpunkten mit entsprechend unterschiedlichen Ausrichtungen.

Für eine Bewertung der Nachhaltigkeitsaspekte von Produkten aus unterschiedlichen Werkstoffen mit vergleichbaren Leistungseinheiten sollten folgende Voraussetzungen vorhanden sein:

- Es muss Einvernehmen über die Nachhaltigkeitsziele, die Kriterien zur Bewertung sowie die erarbeiteten Indikatoren hergestellt sein.
- Entsprechende benötigte Daten müssen zur Verfügung stehen. Die Güte der Daten ist abzu prüfen.
- Bei heterogen zusammengesetzten Gruppen sind die relevanten Akteure einzubinden. Dies erfordert einen erhöhten Aufwand hinsichtlich personellem Einsatz, Zeit und Finanzen. Der Prozess sollte von Beginn an moderiert werden.
- Als Grundlage der Bewertung sollte die beteiligte Wirtschaft ihr Expertenwissen, gegebenenfalls zunächst in einem geschlossenen Kreis, zur Verfügung stellen.

Diese Voraussetzungen werden im AK2 nicht in allen Punkten erfüllt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der AK2 zu einem Ansatz zur Strukturierung eines Nachhaltigkeitsscreenings im Sinne eines Prozesses beitragen konnte. Der AK2 hat ferner festgestellt, dass sich bei dem derzeitigen Stand des Projektes die Fragen nach der Bewertung der Nachhaltigkeit von Produkten aus BAW noch nicht beantworten lassen. Offen ist auch die Frage, inwieweit ein Konzept im Sinne einer abzuarbeitenden Rechenvorschrift abgeleitet werden kann.

Die weitere Debatte lässt sich nach vorne bringen, wenn der erreichte Stand der Arbeiten dokumentiert wird. (s. Bericht AK4)

4.5 Zusammenfassung

Für die ökologische Bewertung von BAW stehen mehrere Instrumente zur Verfügung. Hierfür steht als international genormtes Instrument die Ökobilanz zur Verfügung (DIN EN ISO 14040 ff.). Sie ist ein methodischer Ansatz, um Produkte, Verfahren und Dienstleistungen unter ökologischen Gesichtspunkten untereinander zu vergleichen. Andere Aspekte der Nachhaltigkeit wie Ökonomie oder soziale Belange sind nicht Bestandteil einer Ökobilanz. Für diese beiden Aspekte gibt es bislang kein der DIN-Norm 14040 ff. vergleichbares Instrumentarium der Bewertung.

Die Ökobilanz kann sowohl unternehmensintern zur Optimierung von Produkten und Prozessen als auch im gesellschaftlichen Raum als Instrument zur Unterstützung politischer Entscheidungsprozesse dienen.

Eine kritische Prüfung verfügbarer ökobilanzieller Untersuchungen im Bereich Kunststoffe und speziell BAW hat ergeben:

- Für Produkte aus BAW auf *fossiler* Basis sind bislang keine Ökobilanzen verfügbar.
- Die vorliegenden Ökobilanzen für Produkte aus BAW beschränken sich auf solche auf Basis *nachwachsender Rohstoffe*. Diese Ökobilanzen entsprechen nicht dem Standard der DIN ISO 14040 und sind daher für eine Bewertung nicht geeignet.
- Als erster Schritt zur rationalen Beurteilung des ökologischen Stellenwerts von Produkten aus BAW sollen Produktökobilanzen nach standardisierten Verfahren gemäß DIN ISO 14040 ff durchgeführt werden. Dies schließt andere Bewertungsmethoden nicht aus.

Die zusammenfassenden Gesichtspunkte des AK2 zur Beratung in der Expertenkommission zum Thema „Bewertung der Nachhaltigkeit“ lassen sich wie folgt beschreiben:

- Die Bewertung der Nachhaltigkeit von Produkten aus unterschiedlichen Werkstoffen scheint auf der Basis der vom Arbeitskreis vorgeschlagenen Ziele/Themenfelder und erarbeiteten Tabellen grundsätzlich möglich zu sein.
- Die Nachhaltigkeit lässt sich weder für Werkstoffe unterschiedlicher Gruppen (z. B. Metall versus Kunststoff) noch für Werkstoffe der gleichen Gruppe (herkömmlicher Kunststoff versus biologisch abbaubarer Kunststoff) ermitteln. Vielmehr ist eine quantitative, bilanzielle Betrachtung hinsichtlich der Nachhaltigkeit nur für Produkte gleicher, zumindest aber ähnlicher Leistungsfähigkeit möglich. Die jeweilige Anwendung des Produktes ist zu berücksichtigen.
- Bei der Bewertung der Nachhaltigkeit von Produkten sollte schrittweise vorgegangen werden:
 1. Suche nach den Kriterien durch Fachleute aus möglichst unterschiedlichen Gruppen (z.B. analog zu der Zusammensetzung des AK2).
 2. Bewertung der einzelnen Kriterien und Ausfüllen der Tabellen durch Fachleute mit vertieften Kenntnissen über die Produkte und die Werkstoffe.
 3. Gemeinsame Erörterung der Ergebnisse.

Die Industriebeteiligten des AK2 haben für das weitere Vorgehen bei der Bewertung der Nachhaltigkeit von Produkten den als Anlage 13 erarbeiteten Vorschlag eingebracht, dem sich die übrigen Mitglieder des AK 2 nicht angeschlossen haben.

5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Der AK2 hat sich in seiner Bestandsaufnahme mit der Herstellung und Verarbeitung von biologisch abbaubaren Kunststoffen (BAW) sowie mit der Entsorgung von Abfällen daraus hergestellter Produkte befasst. Darüber hinaus wurden in Verbindung mit einer Bewertung auch Fragen der Nachhaltigkeit der biologisch abbaubaren Produkte behandelt. Aussagen der hier zusammengefassten Ergebnisse und der abgeleiteten Handlungsempfehlungen stützen sich ausschließlich auf die im AK2 behandelten Themen.

Hinweis: Adressaten der Handlungsempfehlungen sind in Klammern genannt, sofern nicht explizit angesprochen.

5.1 Rohstoffbasis

Fazit:

Biologisch abbaubare Kunststoffe können sowohl auf der Basis nachwachsender als auch fossiler Rohstoffe hergestellt werden. Außerdem können biologisch abbaubare Produkte als Mischungen, so genannte Blendsysteme, beider Rohstoffarten realisiert werden. Bei der Betrachtung der biologischen Abbaubarkeit bzw. der Kompostierbarkeit kommt es auf die Rohstoffbasis nicht an, da die Abbaubarkeit nicht von der Herkunft des Kunststoffes, sondern von der strukturellen Beschaffenheit der Polymere abhängt. Unterschiede auf Grund der Rohstoffbasis können sich dagegen nicht nur in der ökonomischen, sondern auch bei der ökologischen Bewertung, u. a. hinsichtlich Ressourcen- und Klimaaspekten, ergeben.

Empfehlung:

1. Die Entsorgungsoptionen von BAW-Abfällen sind unabhängig von der Rohstoffbasis zu betrachten (Politik, Verwaltung).
2. Bei der ökologischen und der ökonomischen Bewertung der Herstellung von BAW ist auch die Rohstoffbasis zu berücksichtigen (Hersteller).

5.2 Spezialitätenprodukte mit Zusatznutzen

Fazit:

BAW sind Spezialitätenprodukte, die in Nischenmärkten Anwendung finden. Sie können durch ihr spezifisches Eigenschaftsprofil Vorteile in bestimmten Anwendungen bieten. Deshalb können sie bestehende Märkte sinnvoll ergänzen auf Grund ihres Zusatznutzens, den sie während der Gebrauchs- und/oder der Nachnutzungsphase haben. Anwendungsbeispiele finden sich in den Bereichen Medizin (z.B. chirurgisches Nahtmaterial), Agrar (z.B. Kapseln für die Landwirtschaft zur kontrollierten Freisetzung von Inhaltsstoffen) sowie weiteren Spezialitätenanwendungen (z.B. mit Bioabfall gemeinsam kompostierbare Abfallsäcke).

Empfehlung:

Ziel für die Entwicklung von Produkten aus BAW müssen sinnvolle Einsatzbereiche in solchen Anwendungen sein, bei denen unter ökologischen, ökonomischen und sozialen

Aspekten der praktische Nutzen der Abbaubarkeit während der Gebrauchs- und/oder der Nachnutzungsphase im Vordergrund steht (Hersteller).

5.3 Herstellung und Verarbeitung

Fazit:

Aktivitätsschwerpunkte in der Wertschöpfungskette von Produkten aus BAW (hinsichtlich Forschung und Entwicklung sowie Produktion) liegen derzeit im Bereich der Hersteller von biologisch abbaubarem Kunststoffgranulat, d. h. bei Kunststoffherzeugern.

Die Bestandsaufnahme für biologisch abbaubare Kunststoffe reflektiert nicht das Bild der Kunststoffindustrie in Niedersachsen insgesamt, die einen deutlichen Schwerpunkt der Kunststoffverarbeitung hat. Vonseiten der BAW-Verarbeiter sind Aktivitäten noch relativ zurückhaltend. Verantwortlich hierfür ist die noch eingeschränkte Bereitstellung von Rohstoffen (Kunststoffgranulat) für die Fertigung von BAW-Produkten sowie deren noch nicht abgeschlossene technische Erprobung. Schließlich befinden sich Produkte aus BAW noch an der Schwelle zum Markteintritt. Insgesamt sind die Entwicklungen für die Herstellung von BAW-Produkten nicht auf Niedersachsen beschränkt, sondern überregional zu betrachten.

Empfehlung:

1. Für eine gezielte Initiierung von innovativen Produkt-/Verfahrensentwicklungen und die Förderung eines hierfür unterstützenden Wissensaustauschs wird verstärkter Kontakt zu Hochschulen und Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette unter Beteiligung von Politik, Verwaltung, Gewerkschaften und Verbänden empfohlen. Eine solche Zusammenarbeit wird für alle Produkte, auch solchen aus biologisch abbaubaren Kunststoffen, einschließlich von Serviceleistungen hilfreich sein, insbesondere um die Lücke in der Wertschöpfungskette zwischen Rohstoffherstellung und Herstellung des Fertigproduktes zu schließen. Die Zusammenarbeit soll durch ein Kompetenzzentrum organisiert werden, (siehe auch Empfehlungen des AK3 der Expertenkommission “Die Kunststoffindustrie”).
2. Der Wirtschaft wird empfohlen, bei ihrer Produktentwicklung kritisch gegenüber allgemeinen und im Einzelnen nicht belegten Empfehlungen und Tendaussagen zu sein sowie ihre Kontakte mit kritischen Fachkreisen zu intensivieren, um unterschiedliche fachliche Aspekte bei der Werkstoff- und Produktentwicklung berücksichtigen zu können. Dadurch sollen mögliche Fehleinschätzungen vermieden werden. Allen Beteiligten an der Wertschöpfungskette wird empfohlen, ein Optimum an Verbrauchersicherheit anzustreben.

5.4 Rechtliche Rahmenbedingungen

Fazit:

Der rechtliche Rahmen für die Entsorgung von BAW-Abfall ist durch das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) und die daraus resultierenden Verordnungen, insbesondere Verpackungsverordnung (VerpackV) sowie Bioabfallverordnung (BioabfV), bestimmt.

Das KrW-/AbfG unterscheidet nicht zwischen Kunststoffverpackungen aus BAW und solchen aus herkömmlichen Kunststoffen. Es stellt die verschiedenen Verfahren der Verwertung

(werkstofflich, rohstofflich, energetisch) gleichberechtigt nebeneinander. Vorrang hat der jeweils umweltverträglichere Entsorgungsweg. Im Gegensatz zum Grundgedanken des KrW-/AbfG werden in der VerpackV Kunststoffverpackungen, die überwiegend aus biologisch abbaubaren Kunststoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt werden, bevorzugt. Sie verlangt außerdem, dass BAW-Verpackungen zu einem möglichst hohen Anteil kompostiert werden, welches eine sachlich nicht begründbare Privilegierung dieses Entsorgungsweges bedeutet.

Auch in der derzeit geltenden Bioabfallverordnung (mit Stand vom 16.03.1999) werden biologisch abbaubare Kunststoffe, die auf der Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt sind, unbegründet privilegiert.

1. Die VerpackV ist dahingehend zu korrigieren, dass Verpackungsabfälle unabhängig von der Rohstoffbasis zu behandeln sind und der umweltverträglichere Entsorgungsweg Vorrang erhält (Land Niedersachsen, Politik, Verwaltung).
2. Bei der BioabfV wird der Änderungsvorschlag des Bundesrates vom 06.11.1998 zur Novellierung unterstützt (Land Niedersachsen, Politik, Verwaltung).

5.5 Entsorgung von BAW - Abfall

Fazit:

Ein aus abfallwirtschaftlicher Sicht sinnvoller Einsatz von Produkten aus biologisch abbaubaren Kunststoffen ist derzeit nur dort zu erkennen, wo die Eigenschaft „biologisch abbaubar“ einen tatsächlichen Produktnutzen darstellt, der die Entsorgung des Produktes entbehrlich macht (Produkte ohne Entsorgungserfordernis) und damit ökologische, ökonomische und soziale Vorteile mit sich bringen kann.

In Anwendungsbereichen mit Entsorgungserfordernis sind abfallwirtschaftliche Vorteile für Produkte aus biologisch abbaubaren Kunststoffen gegenüber solchen aus herkömmlichen Kunststoffen nicht erkennbar.

Für BAW-Abfall mit Entsorgungserfordernis⁴⁽¹⁾ gibt es im Vergleich zu Abfällen aus herkömmlichen Kunststoffen die zusätzliche Option, diese der Kompostierung (oder der Vergärung) zuzuführen. Diese Entsorgungswege sind zu vergleichen mit der werkstofflichen, der rohstofflichen und der energetischen Verwertung sowie der thermischen Behandlung. Die Bewertung der Entsorgungsoptionen führt zu folgenden Ergebnissen:

- Bei der Mitkompostierung von BAW-Abfall wird das Ziel des § 5 Abs. 2 Satz 3 KrW-/AbfG, wonach eine der Art und Beschaffenheit des Abfalls entsprechende hochwertige Verwertung anzustreben ist, nicht erreicht.
- Die Mitkompostierung von BAW-Abfall ist auf der Grundlage der in § 5 Abs. 5 KrW-/AbfG genannten Kriterien im Vergleich zur energetischen Verwertung nicht als die umweltverträglichere Verwertungsart gemäß § 6 Abs. 1 KrW-/AbfG einzustufen. Selbst eine Beseitigung von BAW-Abfall in einer Hausmüllverbrennungsanlage mit Energienutzung stellt im Vergleich zu dessen Kompostierung die umweltverträglichere Entsorgungsart dar. Unter dieser Voraussetzung würde der in § 5 Abs. 2 KrW-/AbfG festgelegte Vorrang der Verwertung entfallen.

Die Praxis beim Betrieb von Kompostieranlagen und Kompostwerken zeigt, dass es trotz der eindeutigen Vorgabe gemäß Nr. 5.2.1.2 der TA Siedlungsabfall, dass Kunststoffe nicht in die

(1) Die Klassifizierung von BAW-Produkten nach Entsorgungserfordernissen ist in Kap. 2.4 beschrieben.

Biotonne gehören, zu zum Teil erheblichen fehlerhaften Einträgen von Kunststoffabfällen in die Biotonne kommt. Es besteht die begründete Sorge, dass sich diese Einträge verstärken werden, wenn die Endverbraucher in Zukunft zwischen Kunststoffen, die über die Biotonne, und Kunststoffen, die über den gelben Sack entsorgt werden sollen, unterscheiden müssen. Der daraus resultierende höhere Störstoffanteil in der Biotonne wird entweder zu dem Erfordernis zusätzlicher, technischer Maßnahmen oder zu höheren Störstoffanteilen im Kompost mit daraus resultierenden Akzeptanz- und Vermarktungsproblemen führen. Diese Probleme werden in der Regel zu erhöhten Entsorgungskosten und damit zu einer nicht zu akzeptierenden Gebührenerhöhung führen.

Empfehlung:

1. BAW- Produkte ohne Entsorgungserfordernis unterliegen nicht dem Abfallrecht und bedürfen daher für die beschriebenen Anwendungen keiner Empfehlung.
2. BAW-Produktions- und BAW-Verarbeitungsabfälle sollen sortenrein erfasst und vorrangig einer werkstofflichen Verwertung unter den Randbedingungen des KrW-/AbfG zugeführt werden (Industrie).
3. Regelentsorgungsweg für BAW-Abfall mit Entsorgungserfordernis ist unter den Gesichtspunkten der Umweltverträglichkeit die energetische Verwertung und in zweiter Priorität die Beseitigung in Hausmüllverbrennungsanlagen mit Energienutzung (Hersteller, Politik, Verwaltung, Entsorger). Sollen andere Entsorgungswege (z.B. Kompostierung, Vergärung) eingeschlagen werden, so ist anhand der Kriterien des KrW-/AbfG nachzuweisen, dass dieses die umweltverträglichere Maßnahme darstellt (Hersteller, Politik, Verwaltung, Entsorger).
4. Die Biotonne ist für die Erfassung von BAW-Abfall - unabhängig von der Bewertung der Entsorgungsoptionen - ungeeignet und daher abzulehnen (Hersteller, Politik, Entsorger).

Sondervotum der Industrie zu Empfehlung Nr. 4

Prinzipiell sind für die Erfassung von Produktabfällen, einschließlich solchen von BAW-Produkten, alle Möglichkeiten offen zu lassen, um für die zum Teil sehr unterschiedlichen bestehenden Entsorgungsszenarien eine jeweils ökonomisch sowie ökologisch und eine von den Marktbeteiligten akzeptierte, sinnvolle Abfallerfassung zu erreichen. Derzeit befinden sich Pilotprojekte im großtechnischen Maßstab in der Entwicklung. Reglementierungen würden hier dazu führen, dass solche Projekte gefährdet und Innovationen behindert würden. Die Fehlwurfbroblematik ist nur durch Aufklärung und Kennzeichnung zu lösen, sodass eine für den Verbraucher eindeutige Erkennung und Unterscheidung ermöglicht wird.

5.6 Ökologische Bewertung

Fazit:

Zur ökologischen Bewertung von Produkten/Prozessen/Dienstleistungen stehen in Abhängigkeit vom jeweiligen Anwendungsfall und von der Zielsetzung mehrere Untersuchungsinstrumentarien, z. B. ökologische Prozessanalyse, Risk Assessment, Ökobilanz, etc., zur Verfügung. Die Ökobilanz ist ein mögliches Instrument, um Umweltfaktoren zu quantifizieren und deren Wirkungen zu bewerten. Sie kann sowohl für interne unternehmerische als auch für externe politische Entscheidungen genutzt werden. Mit ihrer Hilfe können ökologische Verbesserungspotenziale identifiziert werden. Für alle dargelegten Methoden müssen die Rahmenbedingungen klar und transparent sein. Aussagen gelten nur für den jeweils spezifisch untersuchten Fall. Kriterien zur ökologischen Bewertung,

die für diese Fälle erarbeitet werden, sind weder auf andere Untersuchungsszenarien übertragbar, noch sind sie für Werkstoffgruppen (wie z.B. BAW) verallgemeinerbar.

Für Produkte aus BAW liegen bisher keine Ökobilanzen vor, die den Voraussetzungen der DIN EN ISO 14040 ff entsprechen.

Empfehlung:

1. Die Durchführung von Produktökobilanzen zur Beantwortung von ökologischen Fragestellungen von BAW-Produkten muss nach den Normen DIN EN ISO 14040 ff erfolgen. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass es keinen Sinn macht, einen allgemeinen ökologischen Vergleich zwischen Werkstoffgruppen anzustellen, sondern dass die ökologischen Vor- und Nachteile nur von bestimmten Produkten in ihrer jeweiligen Anwendung gleicher Leistungsfähigkeit untersucht werden können. (Industrie).
2. Wenn für Produkte aus BAW mit dem Argument der besseren Umweltverträglichkeit geworben wird, sind die Grundlagen dieser Argumentation in geeigneter Weise der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

5.7 Nachhaltigkeit

Fazit:

Der AK2 hat sich mit dem Konzept der Nachhaltigkeit von BAW im Rahmen eines Projektes mit externen Sachverständigen intensiv beschäftigt. Dabei wurden mögliche Ziele und Kriterien der ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekte zur Bewertung der Nachhaltigkeit herausgearbeitet. Diese Aspekte finden auch ihren Niederschlag in den Leitlinien des Verantwortlichen Handelns der deutschen chemischen Industrie im Hinblick auf Mitarbeiter, Nachbarschaft, Öffentlichkeit sowie andere Industriezweige.

Die Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten erweist sich als ausgesprochen komplex, da zum einen drei Themenfelder "Ökologie", "Ökonomie" und "Soziales" verknüpft sind, und zum anderen diese Aspekte sehr vielschichtig sind. Aussagen zur Nachhaltigkeit eines Produktes aus BAW sollten deshalb die Gebrauchsphase in der jeweiligen Anwendung mit zusätzlichen Nutzeffekten einschließen. Kriterien und Indikatoren zur Bewertung einzelner Kategorien wurden erarbeitet. In Abhängigkeit von der jeweiligen Zielsetzung der Untersuchung zur Nachhaltigkeit und von jeweiligen Anwendungsfall ist die Bedeutung der Ziele, Kategorien und Indikatoren abzuprüfen.

Es wurde festgestellt, dass eine quantitative Bewertung hinsichtlich Aspekten der Nachhaltigkeit nur für Produkte in einer bestimmten Anwendung möglich ist. Kunststoffe als Werkstoffe, die biologisch abbaubar sind, sind dagegen in der Gesamtheit nicht generell als Produktgruppe bewertbar.

Der AK2 hat Ansätze zur Strukturierung einer Nachhaltigkeitsdiskussion im Sinne eines Prozesses erarbeitet. Dabei wurde ferner festgestellt, dass die Ableitung eines Konzeptes – etwa einer abzuarbeitenden Rechenvorschrift – zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Produkten aus BAW derzeit und im Rahmen der zur Verfügung stehenden begrenzten Mittel noch nicht möglich ist.

Empfehlung:

1. Das Ergebnis des im AK2 vollzogenen Diskussionsprozesses ist gemeinsam mit der Expertenkommission zu erörtern.

2. Wenn für Produkte aus BAW mit dem Argument der Nachhaltigkeit geworben wird, sind die Grundlagen dieser Argumentation in geeigneter Weise der Öffentlichkeit zugänglich zu machen.

5.8 Generelle Empfehlung

Entwicklungen benötigen für ihr Wachstum Aufwand und sichere, wie sinnvolle Rahmenbedingungen.

Für BAW wird ein verstärkter Dialog mit den an dem Lebensweg von Produkten aus BAW beteiligten Kreisen als erforderlich angesehen (Wissenschaft, Wirtschaft, Politik, Verwaltung). Die hierbei auftretenden Fragen und Ergebnisse sind verantwortungsvoll zu kommunizieren, um einerseits Fehlentwicklungen zu vermeiden, andererseits Unternehmertum zu fördern, damit innovative Entwicklungen vorangebracht werden können.

Anlagen zum Abschlussbericht des Arbeitskreises 2 „Biologisch abbaubare Kunststoffe“

<u>Anlagenverzeichnis:</u>		
<i>Abbildung</i>	<i>Titel</i>	<i>Seite</i>
Abbildung 1	Herstellung biol. abb. Kunstst.	6
Abbildung 2	Biol. abb. Kunstst.	7
Abbildung 3	Zusammenhang zw.d. jährl. Weltverbr.	16
Abbildung 4	Bedeutung von BAK für Bayer	20
Abbildung 5	Bedeutung von BAK für Bayer	20
Abbildung 6	Lebensweg biol. abb. Kunststoffe	23
Abbildung 7	Anwendungen biol. abb. Kunststoffe gem. Entsorgungserfordernis	24
Abbildung 8	Mitglieder der IBAW nach Branchen	27
Abbildung 9	Thematisch/ Methodische Verteilung d. deutschen F&E-Aktivitäten	29
Abbildung 10	Patentanmeldungen f. biolog. abb. Kunststoffe	37
Abbildung 11	Patenanmeldungen f. biol. abb. Polymere	38
Abbildung 12	Qualitativer Nachweis des Vorrangs der energetischen Verwertung von BAW-Abfall	61
Abbildung 13	Rahmen einer Ökobilanz	70
<i>Tabelle</i>	<i>Beschreibung</i>	<i>Seite</i>
Tabelle 1	Produkte mit verf. Ang. z. Preisen u. Kapazitäten	8
Tabelle 2	Produkte mit verf. Ang. z. Preisen	10
Tabelle 3	Produkte ohne Angaben zu Preisen u. Kapazitäten	12
Tabelle 4	Produkte im Entwicklungsstadium	12
Tabelle 5	Potenzialabschätz. f. biol. abb. Kunstst.	13
Tabelle 6	Biopolymer-Verarbeiter (Niedersachsen)	21
Tabelle 7	Polymere in Niedersachsen	31
Tabelle 8	Polymere in Niedersachsen	32
Tabelle 9	Polymere in Niedersachsen	33
Tabelle 10	Patentanmeldungen f. biol. abb. Kunststoffe	35
Tabelle 11	Status der Internationalen Normung v. LCA Ökobilanzen	69
<i>Anlage</i>	<i>Beschreibung</i>	
Anlage 1	Mitgliederliste des Ak2	
Anlage 2	Arbeitsunterlage Prof. Dr. Klein	
Anlage 3	Arbeitsunterlage Dr. Bertram	
Anlage 4	Arbeitsunterlage Dr. Sartorius	
Anlage 5	Arbeitsunterlage Frau Zeschmar-Lahl	
Anlage 6	Arbeitsunterlage Frau Dr. Gruppe	
Anlage 7	Arbeitsunterlage Dr. Weber/ Dr. Sartorus	
Anlage 8	Arbeitsunterlage Dr. Bertram	
Anlage 9	Arbeitsunterlage Dr. A. Müller	
Anlage 10	Arbeitsunterlage Frau Zeschmar-Lahl	
Anlage 11	Polymerforschung in Deutschland	
Anlage 12	7.3.3 Kritische Prüfung durch interessierte Kreise	
Anlage 13	Vorschlag der Industrievertreter zum weiteren Vorgehen einer Diskussion über die Nachhaltigkeit von BAW	
Anlage 14	Literatur	



Mitgliederliste des AK2

Bertram	Heinz-Ulrich, Dr. Tel.: 0511 / 1203267 FAX 0511 / 1203298 e-mail: Heinz-Ulrich.Bertram@mu.niedersachsen.de	Niedersächsisches Umweltministerium Archivstraße 2 30169 Hannover
Borghorst (bis Juni 1997)	Ingrid Tel.: 0511 / 1203227 FAX 0511 / 1203298	Niedersächsisches Umweltministerium Archivstraße 2 30169 Hannover
Bünemann (bis Juni 1997)	Agnes Tel.: 0541 / 9778191 FAX 0541 / 9778199	BUND / Cyclos GmbH Westerbreite 7 49084 Osnabrück
Gruppe (bis 31.12.1998)	Helga, Dr. Tel.: 0211 / 3675266 FAX 0211 / 3675341	Monsanto Deutschland GmbH Immermannstraße 3 40210 Düsseldorf
<u>Vorsitzender:</u> Klein	Joachim, Prof. Dr 1.) Tel.: 0531 / 3804 - 170 FAX: 0531 / 3804 - 152 2.) Tel.: 0531 / 3917325 FAX 0531 / 3917327 e-mail: J.Klein@tu-bs.de	1.) Franz-Patat-Zentrum Institut für Polymerforschung Rebenring 33 38106 Braunschweig 2.) Technische Universität Braunschweig Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie Hans-Sommer-Straße 10 38106 Braunschweig
Kröchert	Rolf, Dr. Tel.: 0511 / 1202229 FAX 0511 / 120992229 e-mail: Rolf.Kroechert@ml.niedersachsen.de	Niedersächsisches Ministerium Calenberger Straße 2 30169 Hannover

Müller	<p>Andreas, Dr.</p> <p>Tel.: 0551 / 45007 FAX 0551 / 485541 e-mail: fkbio@compuserve.com</p>	<p>Fachkoordinierungsstelle für Biotechnologie des Landes Niedersachsen Am Leinekanal 4 37073 Göttingen</p>
Sartorius	<p>Ingo, Dr.</p> <p>Tel.: 069 / 25561309 FAX 069 / 235994 e-mail: sartorius@vke.de</p>	<p>Verband Kunststoffherzeugende Industrie e.V. Karlstraße 21 60329 Frankfurt</p>
Siekermann	<p>Thomas, Dipl. rer. soc. (oek)</p> <p>Tel.: 0511 / 1205624 FAX 0511 / 120995624 e-mail: Thomas.Siekermann@mw.niedersachsen.de</p>	<p>Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Technologie und Verkehr Friedrichswall 1 30159 Hannover</p>
Weber	<p>Gunter, Dr.</p> <p>Tel.: 05161 / 442426 FAX 05616 / 442201</p> <p>e-mail: Gunter.Weber.GW@Wolff-Walsrode.de</p>	<p>Wolff Walsrode AG Sparte Neue Gebiete/ Innovationsmanagement Postfach 15 15 29655 Walsrode</p>
Zeschmar-Lahl	<p>Barbara, Dipl.-Biologin</p> <p>Tel.: 04207 / 9176315 FAX 04207 / 917631</p> <p>e-mail: BZLGMGH@AOL.COM</p>	<p>NABU, BZL GmbH Lindenstraße 33 28876 Oyten</p>

Auszug aus DIN EN ISO 14040:1997

7.3.3 Kritische Prüfung durch interessierte Kreise

Vom Auftraggeber einer Studie wird ein externer, unabhängiger Sachverständiger ausgewählt, der als Vorsitzender eines Prüfungsausschusses wirkt. Auf der Grundlage des Ziels, des Untersuchungsrahmens und des für die kritische Prüfung zur Verfügung stehenden Budgets wählt der Vorsitzende weitere unabhängige, qualifizierte Sachverständige aus.

Dieser Ausschuss kann weitere interessierte Kreise einbeziehen, die von den Schlussfolgerungen der Ökobilanz-Studie betroffen sind, wie Regierung und Verwaltung, nichtstaatliche Organisationen oder Wettbewerber.

Das Gutachten und der Bericht des Prüfungsausschusses sowie Stellungnahmen der Sachverständigen und alle Reaktionen auf Empfehlungen des Begutachters oder des Ausschusses müssen in den Bericht der Ökobilanz-Studie aufgenommen werden.

Vorschlag der Industrievertreter zum weiteren Vorgehen einer Diskussion über die Nachhaltigkeit von BAW

Für den Fall einer Fortsetzung der im AK2 begonnenen Arbeiten zur Beurteilung der Nachhaltigkeitsaspekte von Produkten aus BAW legen die Industriebeteiligten folgenden Vorschlag vor. Inwieweit die geleistete Vorarbeit im Sinne der oben formulierten Ziele des Diskussionsprozesses nutzbar gemacht werden kann, hängt aus Sicht der Industrie von einer Umgestaltung der Bewertungstabellen mit folgenden Notwendigkeiten ab:

Bereits der Ansatz einer vergleichenden und statischen Produktbewertung ist durch Änderung sowohl des Titels als auch der Bearbeitungsanleitung auszuschließen; vielmehr muss hier der dynamische Suchprozess zum Ausdruck gebracht werden.

Titel-Vorschlag: *"Screening von ausgewählten Aspekten der Nachhaltigkeit eines Produktes/ Dienstleistung"*

Für eine objektive Bearbeitung ist eine Güteabwägung / Qualitätssicherung durchzuführen, damit Richtigkeit (sinnvolle Ziele, passende Daten und Kriterien) und Genauigkeit (Schwankungsbreite der Daten) zuverlässige und reproduzierbare Ergebnisse liefern können.

Aus Erfahrungen mit anderen analogen Prozessen hat sich gezeigt, dass generalisierbare Verfahren, die aus Einzelbetrachtungen abgeleitet werden, kein realistisches Szenario darstellen können. Es ist deshalb erforderlich, für die Beantwortung von Problemdarstellungen zur Nachhaltigkeit, in der die Komplexität der Untersuchung im Vergleich zu ausschließlich umweltrelevanter Fragestellungen um ein Vielfaches erhöht ist, immer einen **Methodenmix** anzuwenden, d.h. die Verwendung **eines** Werkzeuges (z. B. Ökobilanzen) bildet nur einen Teil der notwendigen Informationen ab und ist deshalb durch weitere Methoden zu ergänzen.

Die **Rahmenbedingungen** müssen klar und transparent sein. Dies betrifft auch den methodischen Rahmen der Teilstufen, die für das gesamte Instrumentarium herangezogen werden. Die Ergebnisse müssen nachvollziehbar sein.

Eine Bewertung ist nicht statisch festzulegen, sondern es ist die **Dynamik der Märkte** zu berücksichtigen. Auch vor diesem Hintergrund stellen die Untersuchungen jeweils situative Einzelszenarien dar.

Nicht einer abgeschlossenen Bewertungsmethodik, sondern vielmehr der Organisation von Bewertungsprozessen kommt entscheidende Bedeutung zu. Für eine mögliche Bewertung ist dem Geheimhaltungsbedürfnis einzelner Unternehmen in geeigneter Weise Rechnung zu tragen, z.B. Wettbewerbs-/Patenschutz.

Nur unter Beachtung dieser grundlegenden Aspekte können aus Sicht der Industrie Hinweise für eine weitere Diskussion zur Nachhaltigkeit gegeben werden, die auch auf biologisch abbaubare Werkstoffe anwendbar sein können.

Literatur

- [1] NN: Umweltgutachten 1996 (Kurzfassung). Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen, ISBN 3-8246-0545-7, Stuttgart 1996
- [2] NN: Grauer Alltag in der Gelben Tonne - Gutachten zur Grüne-Punkt-Sammlung: Mehr Müll als Wertstoff; ENTSORGA-Magazin 6/1998 (c), S. 20 – 22
- [3] NN: Erfassungssysteme für Biokunststoffe strittig. Humuswirtschaft & Kompost 1/98, ISSN 1432-5896, S. 97 – 98, Köln 1998 (a)
- [4] NN: BAW in die Biotonne? Nein Danke. Humuswirtschaft & Kompost 2/98, ISSN 1432-5896, S. 97 – 98, Köln 1998 (b)
- [5] PlanCoTec: Kompostierbarkeit Biopol-beschichteter Papierbecher der Firma Polarcup im Technikumstest unter standardisierten Bedingungen, Kurzgutachten der Firma PlanCoTec, Neu-Eichenberg, April 1997
- [6] Heyde, M., Bez, J.: Abschätzende Ökobilanzen zu Polymerwerkstoffen auf Basis biologisch erzeugter Polyhydroxyfettsäure. Fraunhofer Institut für Lebensmitteltechnologie und Verpackung (ILV), Freising, Juli 1996
- [7] Wiemer, K., Kern, M.: Anlagenhandbuch: Kompostierung, Anaerobtechnik, Mechanisch-biologische Abfallbehandlung und Aggregate – Kompostatlas 1998/99. Baeza-Verlag, Witzenhausen, 1998
- [8] Heyde, M.: Einsparung von Ressourcen und Vermeidung von Emissionen und Abfällen durch thermische Verwertung heizwertreicher Abfälle. Vortrag im Rahmen der UTECH BERLIN `98 – Umwelttechnologieforum, Fortbildungszentrum für Gesundheits- und Umweltschutz Berlin e.V. (FGU BERLIN), 17. bis 18.02.1998
- [9] NN: Klimarelevanz in der Abfallwirtschaft. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie der Republik Österreich, Sektion III, Schriftenreihe des BMUJF, Band 11/ 1998, Wien 1998
- [10] Reckerzügl, T., Bringezu, S.: Vergleich verschiedener Varianten der Klärschlamm-entsorgung – Eine exemplarische CO₂-Bilanz von landwirtschaftlicher und thermischer Verwertung. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, April 1998
- [11] Bundesamt für Umweltschutz (BUS; heute: BUWAL), Hrsg.: Ökobilanzen von Packstoffe, SchrR Umweltschutz, BUS-24 Bern 1984
- [12] Habersatter K.: Ökobilanz von Packstoffen - Stand 1990. Hrsg.: Bundesamt für Umweltschutz, Wald und Landschaft (BUWAL), Schriftenreihe Umwelt Nr. 132 (BUWAL-132), Bern 1991
- [13] Hagedorn G., Mauch W., Schäfer H.: Der kumulierte Energieaufwand - Neue, erweiterte Definition. Energiewirtsch. Tagesfragen 42, (8), 1992
- [14] Frank M.: Umweltauswirkungen durch Getränkeverpackungen. Systematik zur Ermittlung von Umweltauswirkungen von komplexen Prozessen am Beispiel von Einweg- und Mehrweg-Getränkebehältern. EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik, Berlin, 1984

-
- [15] SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry): Guidelines for Life-cycle Assessment: A "Code of Practice". From the SETAC Workshop held at Sesimbra, Portugal, 31.3.-3.4.1993, Edition 1, August 1993
- [16] Fleischer G.: Ökobilanz - ein Instrument zur objektiven Bestimmung der ökologisch günstigeren Entsorgungsvariante. TU Berlin, 1995
- [17] DIN EN ISO 14040: Produkt-Ökobilanzen. Prinzipien und allgemeine Anforderungen. August 1997
- [18] DIN EN ISO 14041: Ökobilanz. Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz. November 1998
- [19] DIN EN ISO 14042: Ökobilanz. Wirkungsabschätzung. Entwurf, Januar 1999; *Einsprüche bis 31. März 1999*
- [20] DIN EN ISO 14043: Ökobilanz. Auswertung. Entwurf, Februar 1999; *Einsprüche bis 28. Februar 1999*
- [21] Entwurf, DIN EN ISO 14042, Punkt 5.3:
- [22] Giegrich J., Mampel U., Duscha M, Zazcyk R., Osorio-Peters S., Schmidt T.: Auswertung in produktbezogenen Ökobilanzen. Evaluation von Bewertungsmethoden, Perspektiven. In: Umweltbundesamt / C.A.U. / IFEU: Methodik der produktbezogenen Ökobilanzen. UBA-Texte 23/95
- [23] BMW Recycling: Recyclingoptimierte Produktgestaltung; o.J.
- [24] Heyde M.: Einsparung von Ressourcen und Vermeidung von Emissionen und Abfällen durch thermische Verwertung heizwertreicher Abfälle. FGU-Seminar "Mitverbrennung von Abfällen", im Rahmen der UTECH Berlin '98, 17.-18.2.1998; Manuskript gibt auch gleichlautenden Vortrag im AK1 wieder.