



## Aspekte von Verpackungsmaterialien bei Ökoprodukten



**Projektleitung: Karin Nowack**  
**Mitarbeit: Kathrin Seidel, Gabriela S. Wyss, Ursula Kretzschmar, Felix Weber**

**Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL),  
Frick, Schweiz**

Im Auftrag von Bio Suisse und Demeter Schweiz

Schlussbericht Dezember 2007

# Inhalt

<b>1.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Einleitung / Problemstellung</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Ist-Zustandsanalyse</b>	<b>7</b>
3.1	Bestehende Richtlinien zu Verpackung von verschiedenen Ökoverbänden	7
3.1.1	Richtlinien und Kriterien von verschiedenen Ökoverbänden	7
3.2	Übersicht Verpackungsmaterialien/Positiv/Negativlisten	10
3.2.1	Fazit	10
<b>4.</b>	<b>Rückstände aus/durch Verpackungen</b>	<b>11</b>
4.1	Einleitung	11
4.2	Druckfarben	11
4.3	Fungizide/Leime im Papier/Karton	13
4.4	Weichmacher und andere Stoffe aus Dichtungen von Schraubdeckeln	13
4.5	Fazit	15
<b>5.</b>	<b>Nanotechnologie</b>	<b>16</b>
5.1	Einleitung	16
5.1.1	Was ist Nanotechnologie?	16
5.1.2	Gesetze, Richtlinien	16
5.2	Stand der Technik bei Verpackungsmaterialien	17
5.3	Stand des Wissens über mögliche Risiken	18
5.4	Fazit: Soll Nanotechnologie für Verpackungen von Bioprodukten zugelassen werden?	20
<b>6.</b>	<b>Umweltverträglichkeit</b>	<b>21</b>
6.1	Kriterium „Umweltfreundlichkeit“	21
6.2	Ökobilanzen von verschiedenen Verpackungen	21
6.2.1	Ökobilanzen von Verpackungsmaterialien	21
6.2.2	Fazit	26
6.3	Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen /Biologisch abbaubaren Werkstoffen	27
6.3.1	Übersicht Materialien und Rohstoffe	27
6.3.2	Gruppen von Biokunststoffen	28
6.3.3	Eigenschaften und Kompostierbarkeit von Biokunststoffen	29
6.3.4	Beurteilung der Umweltverträglichkeit/Ökobilanz von Biokunststoffen	33
6.3.5	Praxistauglichkeit und Akzeptanz von Biokunststoffen	38
6.3.6	Kritische Punkte/Offene Fragen	42
6.3.7	Fazit	43
<b>7.</b>	<b>Empfehlungen für Kriterien und Weisungen</b>	<b>45</b>
<b>8.</b>	<b>Fallbeispiele</b>	<b>47</b>
8.1	Kaffee: Aluverpackung ja oder nein	47
8.1.1	Ausgangslage	47
8.1.2	Beurteilung der Verpackungsmöglichkeiten	47
8.1.3	Fazit	48
8.2	Getränke, vor allem Bier: sollen Alu- oder Weissblechdosen zugelassen werden?	49
8.2.1	Ausgangslage	49
8.2.2	Beurteilung der Verpackungsmöglichkeiten bei Biobier	49

8.2.3	Fazit und Empfehlung	50
8.3	Tetrapack: gibt es eine Alternative zur Beschichtung mit Alu?	52
8.3.1	Ausgangslage	52
8.3.2	Infos zu Tetrapack, Entwicklungen	52

<b>Literatur</b>		53
------------------	--	----

<b>9. Anhang</b>		57
------------------	--	----

Anhang 1: Detaillierte Aufzählung aller Kriterien und Weisungen der verschiedenen Bioorganisationen

Anhang 2: Die Methode Ökobilanz – ein Überblick

Anhang 3: Produktgruppenspezifische Zulassung von Verpackungen von verschiedenen Bioverbänden

Fotonachweis Titelseite:

Milch: Thomas Alföldi, FiBL

Tomaten: European Bioplastics Website

Tee: Thomas Stephan; Copyright: BLE Bonn (Bildarchiv Oekolandbau.de)

## Begriffe und Definitionen

BAK	biologisch abbaubare Kunststoffe
BAW	biologisch abbaubare Werkstoffe
Biokunststoffe	aus nachwachsenden Rohstoffen im Allgemeinen pflanzlicher Herkunft hergestellte Kunststoffe
Bioplastics	engl. Biokunststoffe
Bioplastik	siehe Biokunststoffe
Biopolymer	Klasse von Polymeren, welche in lebenden Organismen vorkommt, einige dieser Biopolymere werden als hauptsächliche Inhaltsstoffe von Bioplastik verwendet
Biotonne	grosser Kompostkübel, dessen Inhalt in Deutschland flächendeckend eingesammelt und der Kompostierung zugeführt wird
DIN V 54900	DIN (Deutsche Industrie-Norm) für unschädliche Kompostierbarkeit)
EN 13432	EU-Norm für unschädliche Kompostierbarkeit
EuPIA	European Printing Inks Association
HPMC	Hydroxypropylmethylcellulose, ein essbarer Kunststoff aus Zellulose
ITX	Isopropylthioxanthon, ein Photoinitiator in Druckfarben
NAWARO	Nachwachsende Rohstoffe
PE	Polyethylen, ein häufig für Lebensmittelverpackungen eingesetzter Kunststoff
PET	Polyethylenterephthalat kristallin, häufig zur Verpackung von Getränken eingesetzter Kunststoff
PHB	Polyhydroxybuttersäure, ein Biopolymer
PLA	Poly lactic acid, Poly-Milchsäure, ein Biopolymer
PP	Polypropylen, ein für Lebensmittelverpackungen eingesetzter Kunststoff
PVA, PVAL	Synonyme für PVOH
PVOH	Polyvinylalkohol, ein wasserlöslicher Kunststoff

# 1. Zusammenfassung

Verpackungen von Bio-Lebensmitteln müssen verschiedene Aufgaben erfüllen und hohen Anforderungen genügen: Der Schutz und die Qualität des Produktes müssen gewährleistet sein, sie bieten Werbe- und Informationsfläche (Visitenkarte des Produkts), sie sollen umweltfreundlich sein und ihrerseits das Produkt nicht verunreinigen. Die Vielfalt der Verpackungen, auch für Bioprodukte, hat sich infolge veränderter Konsumentenwünsche (z.B. mehr Convenienceprodukte, Kleinverpackungen und Ausser-Haus-Verpflegung) und vermehrter Distribution über Supermärkte verändert. Die bestehenden Richtlinien und Weisungen der Bio Suisse sollen deshalb überarbeitet werden.

In diesem Bericht wurden Vorschläge und Empfehlungen erarbeitet für

- Grundsätze und Kriterien zur Verpackung in den Richtlinien und Weisungen der Bio Suisse
- Empfehlungen zur Wahl der Verpackung aufgrund der aktuellen Informationen über Umweltauswirkungen, im speziellen Empfehlungen zu Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen/kompostierbare Verpackungen sowie zu Getränkeverpackungen
- Empfehlungen zum Umgang mit Rückstandsproblemen
- Empfehlungen zur Verwendung der Nanotechnologie bei Packstoffen

## 2. Einleitung / Problemstellung

Verpackungen von Lebensmitteln müssen verschiedene Aufgaben erfüllen: in erster Linie der Produkteschutz vor Einwirkungen von aussen und die Erhaltung der Qualität (Verlangsamung der Abbauprozesse, Erhaltung des sensorischen Wertes), aber auch eine Fläche für Beschriftungen bieten (Inhalt, gesetzlich vorgeschriebene Deklarationen, Label, Aufmerksamkeit der Konsumentin, Rückverfolgbarkeit) (siehe Abbildung 1 nächste Seite). Verpackungen von Ökolebensmitteln müssen noch weitere Anforderungen erfüllen. Die Verbände für ökologischen Landbau haben Richtlinien für das Verpacken von ökologischen Lebensmitteln verfasst. Die IFOAM Basis Richtlinien formuliert diese so:

„Die Verpackung für ökologische Lebensmittel hat möglichst geringe negative Einflüsse auf das Produkt und die Umwelt.“

Verschiedene Weisungen und Standards konkretisieren dies vor allem bezüglich der Anforderung, die umweltschonendste Verpackungsart zu wählen, z.B. fordern die Weisungen der BIO SUISSE soweit möglich Mehrwegsysteme, Materialien aus erneuerbaren oder nachwachsenden Rohstoffen und keine chlorhaltigen Verpackungsmaterialien.

Das Thema Lebensmittelverpackung ist die letzten Jahre wieder stark ins Zentrum des Interesses bei Ökoprodukten gerückt. Mit den veränderten Haushaltstrukturen (mehr Einzelhaushalte), dem Trend zu Convenienceprodukten, vermehrter Ausserhausverpflegung, und vermehrter Distribution über Supermärkte wurde das Sortiment an Kleinpackungen und Mehrfachverpackungen stark erweitert. Ökologische Lebensmittel werden heute praktisch in allen auch im konventionellen Bereich üblichen Verpackungsmaterialien und Systemen angeboten. Diese Entwicklung erzeugt einen Zielkonflikt zwischen Produktesicherheit, Convenience und Umweltverträglichkeit (zum Beispiel mit Aluminium beschichtete Verpackungen). Die Richtlinien und

Weisungen der der Bio Suisse und von Demeter Schweiz sollten diesen veränderten Bedingungen angepasst werden.

Mit verbesserten analytischen Methoden wurde auch das Thema der negativen Auswirkungen der Verpackung auf die Produkte bekannt. Unerwünschte Rückstände in Lebensmitteln wurden zum Beispiel durch Weichmacher in Schraubdeckeln, Perfluorchemikalien in Papieren und Kartons oder Druckfarben von Kartonverpackungen festgestellt. Diese Probleme betreffen zwar Bio- und konventionelle Lebensmittelbranche gleichermaßen, für Bioprodukte gelten jedoch generell höhere Qualitätsanforderungen und -ansprüche. Solche Rückstände sollten in Bioprodukten, möglichst auch vorausschauend, vermieden werden.

In den letzten zwei Jahrzehnten wurden von verschiedenen Stellen (z.B. EMPA, BAFU) umweltfreundliche Lösungen für Verpackungen geprüft und via Ökobilanzen des ganzen Lebenszyklus (Rohstoffe, Herstellung, Gebrauch und Entsorgung bzw. Recycling) die beste Variante gesucht. Verpackungen von Ökoprodukten sollten auf ihre Umweltfreundlichkeit nach neuestem Wissensstand überprüft werden.

Neben den altbewährten Verpackungen aus Papier und Karton kommen neue Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen auf den Markt („Bioplastics“). Die Ökobranchen könnte sich hier profilieren, wenn sie vermehrt kompostierbare Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen gebrauchen würde. Doch wie sind die Möglichkeiten und Grenzen dieser Verpackungen bezüglich Produkteschutz? Sind sie wirklich umweltfreundlicher, wenn man den ganzen Lebenszyklus betrachtet (GVO, konventioneller Anbau)? Viele dieser Bioplastics enthalten auch noch Erdöl. Dieses Thema muss also genauer analysiert werden.

Eine weitere neue Entwicklung ist die Anwendung der Nanotechnologie bei Verpackungen. Chancen und Risiken dieser neuen Technologie sollten abgeklärt werden.



Abbildung 1: Funktionen der Verpackung (Gesamtverband der deutschen Aluminiumindustrie (GDA), Jahr unbekannt)

## 3. Ist-Zustandsanalyse

### 3.1 Bestehende Richtlinien zu Verpackung von verschiedenen Ökoverbänden

#### 3.1.1 Richtlinien und Kriterien von verschiedenen Ökoverbänden

Innerhalb gesetzlichen Regelungen<sup>1</sup> lassen sich keine spezifischen Vorschriften für Verpackungen von Bioprodukten finden. Aus diesem Grund haben private Bioorganisationen in ihren Richtlinien Grundsätze und konkrete Details festgelegt. Die Grundsätze sind dabei recht ähnlich und lehnen sich an die IFOAM-Basis-Richtlinie an: „Die Verpackung für ökologische Lebensmittel hat möglichst geringe negative Einflüsse auf das Produkt und die Umwelt.“

**„Organic products are packaged in a manner that has minimal adverse impact on the product and on the environment“ (neu; Principle applied) (IFOAM, 2007)**

Folgende Grundsätze und Kriterien werden in den betrachteten Richtlinien genannt (Aufzählung zusammengefasst und geordnet nach Kriterium, detaillierte Aufzählung im Anhang)

#### Kriterium Ökologie, Umweltfreundlichkeit:

*Vermeidung von Abfällen/ So wenig Verpackung wie möglich*

- Using only necessary packaging (IFOAM neu – mandatory practices) (IFOAM, 2007)
- Aufwändige Verpackungen (Overpackaging) vermeiden (Bio Suisse, 2007)
- Auf sparsamen Umgang mit den Rohstoffen sowie auf die Minimierung von Umweltbelastung durch Herstellung, Benutzung und Entsorgung achten. (Gää, 2006) (Demeter, 2002) (Naturland, 2006)
- Consumers expect organic food to have as little packaging as possible. (Soil Association, 2007)
- To minimise the direct and indirect environmental impacts of your packaging during its life cycle, you must:
  - minimise the amount of material used
  - maximise the amount of material that can be reused or recycled, and
  - use materials with recycled content where possible.

You must be able to demonstrate, at your inspection, that you have done this for each packaging format you use. (Soil Association, 2007)

---

<sup>1</sup> In der Schweizer Bio-Verordnung 910.18 wird die Verpackung von Bioprodukten nicht explizit erwähnt. Innerhalb der EU-Öko-VO 2092/91 Anhang 3.7. wird lediglich die „Verpackung von Erzeugnissen und ihr Transport zu anderen Unternehmen oder Einheiten“ näher beschrieben. Hierbei geht es hauptsächlich um Regelungen zu Verantwortlichkeiten, der Gewährleistung der erforderlichen Beschriftung sowie der Rückverfolgbarkeit.

### *Umweltbewusster Rohstoffeinsatz*

- Packaging materials are reusable, recycled, recyclable and biodegradable whenever possible (IFOAM neu – Standards must require that) (IFOAM, 2007)
- The objective is to maintain the organic integrity of the product while efficiently and responsibly using resources (IFOAM neu) (IFOAM, 2007)
- Verpackung möglichst wieder verwendbar (Mehrwegsysteme) (alle)
- Verpackung möglichst aus erneuerbaren/nachwachsenden Rohstoffen verwenden (z.B. Glas, Karton, Recycling PET etc.) (Bio Suisse, 2007)
- Für die Verpackung sind Systeme zu benutzen, welche die geringste Umweltbelastung verursachen. (Bio Suisse Richtlinien 2007; ähnliche Formulierung haben andere Verbände)
- Soweit möglich und praktikabel, sollen Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen/biologisch abbaubare Materialien verwendet werden.
- For any compostable or biodegradable primary packaging (other than paper, cardboard and wood) that you use, you must:
  - ensure that it conforms with the European Standard for compostable packaging (EN 13432), and
  - clearly label it to indicate the best means of disposal; Note – these materials are often derived from genetically modified organisms or use genetically engineered enzymes in their manufacture. Use of such materials is not permitted under standard 41.6.12 (Soil Association, 2007)
- If you use bleached paper or cardboard, it must be Totally Chlorine Free (TCF). Recycled paper must be Process Chlorine Free (PCF) (Soil Association, 2007)
- If you use renewable materials, they should be from sources with demonstrable controls over sustainability. e.g. FSC for timber products (Soil Association, 2007)

### **Kriterium Produkteschutz**

- Packaging and storage/ transportation containers do not contaminate the organic product they contain (IFOAM neu; Standards must require that) (IFOAM, 2007)
- Measures to ensure that all storage and transportation containers are not contaminated with non allowed substances (IFOAM neu; Mandatory practices) (IFOAM, 2007)
- Verpackungsmaterialien müssen neu und sauber sein und geeignet gelagert werden (trocken und sauber)
- Verpackungsmaterialien dürfen keine Verunreinigungen oder Beeinträchtigungen der Produktqualität verursachen
- You must ensure that your packaging meets all relevant legislation relating to packaging, packaging waste, and materials in contact with food (Soil Association, 2007)



## Verbotene Materialien

- Bei den meisten Verbänden sind PVC und andere chlorierte Kunststoffe verboten
- Bei vielen Verbänden sind Aluminium bzw. aluminiumhaltige Folien oder Metallverbund-Verpackungen nur eingeschränkt verwendbar
- Metallbedampfte Materialien sind zugelassen (Bio Suisse, 2007)

### *Sonstige Verbote*

- Using packaging that has been treated with non-allowed substances (IFOAM neu; prohibited practices) (IFOAM, 2007)
- Verpackungsmaterialien oder Lagerbehältnisse, die synthetische Fungizide, Konservierungs- und Entwesungsmittel enthalten sowie die Unversehrtheit der Bio-Produkte beeinträchtigen könnten
- You must not use these materials in your packaging:
  - Coatings, dyes or inks that contain phthalates if they will be in direct contact with foodstuffs
  - Materials or substances that contain, have been derived from, or manufactured using, genetically modified organisms or genetically engineered enzymes
  - synthetic coating for cheese if they contain fungicides
  - wood that has been treated with preservatives

Note – this includes bulk bins but not transport pallets. You must be able to prove to us that you not used these materials, for example by having written confirmation from your supplier (Soil Association, 2007)

## 3.2 Übersicht Verpackungsmaterialien/Positiv/Negativlisten

Die Bio Suisse hat eine Liste zusammengestellt, was aktuell bei Knospe-Produkten verwendet wird; Begründungen Zulassung oder Nicht.

Im Anhang 2 ist die Positivliste der anderen Verbände der Bio Suisse Regelung produktspezifisch gegenübergestellt. Die Angaben zur aktuellen Verwendung der Verpackungen für Knospe-Produkte wurden aus der Datenbank der Bio Suisse herausgezogen und grob geordnet. Es soll damit die Breite der verwendeten Verpackungen dargestellt werden. Mit dieser Liste kann dann in der Matrix weitergearbeitet werden, wo die verschiedenen Packstoffe beurteilt werden.

### 3.2.1 Fazit

Andere Bioverbände haben meist ausführlichere Richtlinien/Weisungen zu Verpackungen als die Bio Suisse. Die Grundsätze sind jeweils sehr ähnlich. Viele Verbände und auch die neuen IFOAM-Richtlinien beinhalten auch Anforderungen zur Produktsicherheit, was bei Bio Suisse vollständig fehlt.

Andere Bioverbände haben auch ausführliche, abschliessende und produktspezifische Anforderungen an die Verpackung vorgeschrieben. Diese sind meist in Form einer Positivliste und teilweise Negativliste verfasst.

Der neuen Richtlinien der Soil Association (2007) und der dazugehörige Packaging guide sehen sehr interessant aus. Die Bio Suisse kann sich überlegen, von Form und Inhalt her in diese Richtung zu gehen.

## 4. Rückstände aus/durch Verpackungen

### 4.1 Einleitung

Lebensmittelverpackungen bestehen aus komplexen Stoffgemischen und verschiedenen Zusätzen. Zahlreiche dieser Substanzen können in Lebensmittel migrieren (wandern), beispielsweise Weichmacher, Farbbestandteile, Teile von Kunststoffen, Korrosionsprodukte oder Stabilisatoren und Fungizide. Für die Zulassung eines Stoffes für Lebensmittelverpackungen muss er zahlreiche Prüfverfahren durchlaufen. Dennoch werden die gesundheitlichen Gefahren oft erst nach der Zulassung erkannt. Dies liegt daran, dass es aufgrund der Vielzahl der Stoffe standardisierte Verfahren sind und nicht alle möglichen Lebensmittel, Lager- und Produktionsbedingungen angeschaut werden (Schönbrodt, 2006).

### 4.2 Druckfarben

#### Rückstandsfälle

2005 wurden in Italien Rückstände der Druckchemikalie ITX in Babymilchprodukten gefunden. Daraufhin wurden zahlreiche Lebensmittel und Verpackungen ebenfalls auf diesen Stoff untersucht und ITX und andere Stoffe aus Druckfarben wurden in zahlreichen Lebensmitteln nachgewiesen. In vier europäischen Ländern wurden daraufhin Millionen von Litern Kindermilch vom Markt genommen. In der Schweiz wurden u.a. vom Kantonalen Amt für Lebensmittelkontrolle St. Gallen 46 Lebensmittelproben analysiert. Ausser beim Reis wurden in den meisten Proben Rückstände gefunden. Eine Polenta enthielt 1 mg ITX/kg, das entspricht einer 20fachen Überschreitung des Schwellenwertes (in der Schweiz gilt ein Schwellenwert von 0.05 mg/kg, siehe unten). Zwei beanstandete fruchthaltige Milchdrinks enthielten ITX von 0.16 resp. 0.13 mg/kg. In diesen beiden Proben wie auch der Polenta wurde gleichzeitig EHA und Phenylbenzophenon nachgewiesen. In Teigwaren wurden 4.6 mg Benzophenon nachgewiesen (Kantonales Amt für Lebensmittel (KAL) St. Gallen, 2006).

#### Wie kommt der Stoff in das Lebensmittel?

Druckfarben für Verpackungen bestehen aus Lösungsmitteln, Verdünnungsmitteln, Harzen, Pigmenten und Additiven wie z.B. Photoinitiatoren, Weichmachern, Stabilisatoren und Bioziden. Photoinitiatoren werden für eine gute Härtung und Haftung der Farbe gebraucht. Diese Stoffgruppe umfasst einige hundert Substanzen, wobei bisher nur ein kleiner Teil analysiert worden ist. Es sind dies Isopropylthioxanthon (ITX), Benzophenon, Phenylbenzophenon, Ethylhexyldimethylaminobenzoat (EHA), Irgacure 184 und Irgacure 907. Wenn bedruckte Verpackungen vor der Verarbeitung übereinander gestapelt werden, liegen Innen- und Aussenseite aufeinander. Dadurch können sich Chemikalien aus der Farbe an der Innenseite der Verpackung anlagern („Abklatsch“) und kontaminieren nach der Abfüllung das Lebensmittel (Kantonales Amt für Lebensmittel (KAL) St. Gallen, 2006). Auch durch Migration kann der Stoff in das Lebensmittel gelangen, wenn keine Aluminiumschicht dazwischen liegt (BfR, 2006).



### **Bedruckung und Lagerung von Verpackungsrollen ( Foto Tetra Pack)**

#### **Grenzwerte**

Es gibt auf europäischer Ebene generell noch keine gesetzlichen Regelungen für Stoffe, die bei der Herstellung von Druckfarben für Lebensmittelverpackungen verwendet werden. Dies sind weit über 1000 Substanzen, wovon ein Grossteil ungeprüft ist.

Die Gefährlichkeit eines Stoffes und die Menge der Aufnahme entscheiden über das Risiko für die Gesundheit des Menschen. Mangels Daten ist eine gesundheitliche Bewertung derzeit kaum möglich. Bei ITX liegen zwar toxikologische Daten vor, diese reichen aber für eine vollständige Bewertung noch nicht aus (BfR, 2006).

Deshalb gibt es weder in der EU noch in der Schweiz gesetzlich festgelegte Höchstwerte für Photoinitiatoren. Aus verschiedenen Studien hat das BAG einen vorläufigen Schwellenwert von 0.05 mg/kg abgeleitet.

Die EU-Richtlinie 2002/72/EC enthält Positivlisten über Stoffe, die in Materialien verwendet werden, die mit Lebensmitteln in Kontakt kommen. In dieser Positivliste ist Benzophenon aufgeführt und es gilt ein spezifischer Migrationswert (SML) von 0.6 mg/kg Lebensmittel (Kantonales Amt für Lebensmittel (KAL) St. Gallen, 2006).

#### **Was tut die Verpackungsindustrie**

Die Druckfarbenhersteller haben in ihrem Europäischen Verband (European Printing Inks Association, EuPIA) selber Leitlinien erarbeitet. Das wesentliche Element dieser Leitlinie ist ein Auswahlschema für die zur Herstellung von Druckfarben für Lebensmittelverpackungen verwendeten Stoffe (z.B. keine Rohstoffe, die als giftig, kanzerogen, mutagen oder reproduktionstoxisch eingestuft sind (Sb-, As-, Cd-, Cr (V)-, Pb-, Hg- und Se-Verbindungen) (BfR, 2006). Bei Vereinbarungen zwischen Firmen (Produktspezifikationen) wird zum Beispiel gefordert: Deklaration aller verwendeten Substanzen mit spezieller Restriktion (SML), Deklaration aller weiteren verwendeten Substanzen, die zur Globalmigration beitragen, Additive mit mehrfachen Funktionen, Vollständige Offenlegung aller Substanzen bei Kindernährmitteln (Vertreter von Nestlé an einer Tagung des SVI, 18. Januar 2007).

Seit Anfang 2006 wird ITX (Isopropylthioxanthon), das in Druckfarben enthalten sein kann, nach und nach aus der Verpackungsherstellung zurückgezogen. Seit dem 1. Februar 2006 werden keine ITX-haltigen Kartonverpackungen mehr hergestellt (Schönbrodt, 2006).

## 4.3 Fungizide/Leime im Papier/Karton

### Rückstandsfälle

Bio Suisse/Coop behandelten im Jahr 2006 einen Rückstandsfall mit ortho-Phenylphenol im Tee, bei welchem sich schlussendlich herausstellte, dass diese Substanz, ein Fungizid, aus der Verpackung stammte. Auch bei Karton-Umverpackungen von Bio-Kresse und Topfkräutern kam es zu Kontaminationen mit ortho-Phenylphenol (mündliche Mitteilung Regula Bickel, bio.inspecta, August 2006).

### Wie kommt der Stoff in das Lebensmittel?

O-Phenylphenol wird als Konservierungsstoff in Karton und Farbe verwendet. Von dort kann er im direkten Kontakt in das Lebensmittel migrieren.

Zahlreiche andere Konservierungsstoffe und andere Additive finden sich in Papieren und Kartons für Verpackungen.

### Grenzwerte

Das Bundesinstitut für Risikobewertung hat zu Papieren, Kartons und Pappen für den Lebensmittelkontakt einige Empfehlungen ausgearbeitet. Diese enthalten die zugelassenen Stoffe für bestimmte Verwendungszwecke (z.B. auch Koch- und Heissfilterpapiere und Filterschichten) (Bundesinstitut für Risikobewertung, 2004; 2004; 2005).

### Was tut die Verpackungsindustrie?

In diesem Bereich werden fallspezifisch Lösungen gesucht.

## 4.4 Weichmacher und andere Stoffe aus Dichtungen von Schraubdeckeln

### Rückstandsfälle

Eigentlich wäre Glas die unbedenklichste Verpackung für Lebensmittel, weil Glas das einzige vollständig inerte Verpackungsmaterial ist. Aber als Verschluss ist in vielen Fällen ein beschichteter Metalldeckel nötig. Substanzen aus der Beschichtung, die dafür sorgen, dass der Deckel luftdicht ist, wurden oft in Lebensmitteln gefunden. Das Kantonslabor Zürich untersuchte zahlreiche Proben. Vor allem in ölhaltigen Konserven (Pestosauce, ölhaltige Tomatensaucen, Olivenpaste, in Öl eingelegte Pilze, Peperoni, Fisch, etc) wurden hohe Mengen (oft über dem Globalmigrationswert, siehe unten) an ESBO (epoxydiertes Sojaöl), DEHP (Diethylhexylphtalat), Diisononylphtalat, Diisodocylphtalat, DEHA (Diehtylhexyladiapat) und andere Weichmacher gefunden (Kantonales Labor Zürich, 2005).

Weitere Stoffe, die aus den Dichtungen migrieren, sind Semicarbazid und 2-EHA.

## Wie kommt der Stoff in das Lebensmittel



Foto: Untersuchungsamt Baden-Württemberg

Die für Glasbehälter benutzten Schraubdeckel sind beschichtet, damit eine luftdichter Verschluss entsteht (für die mikrobiologische Sicherheit, Haltbarkeit). Die in der Beschichtung enthaltenen Zusatzstoffe, wie Weichmacher können durch den direkten Kontakt mit dem Lebensmittel in dieses migrieren. Die Übertragung der Weichmacher auf das Lebensmittel hängt vom Kontakt mit der Deckeldichtung ab, d.h. wie häufig das Produkt geschüttelt wurde, wie lange und unter welchen Bedingungen es gelagert wurde und wie gross das Verhältnis Lebensmittelmenge zu Deckelfläche ist (Kantonales Labor Zürich, 2005).

## Grenzwerte

Für die Migration von Stoffen aus der Verpackung in ein Lebensmittel gelten EU-weit die folgenden Grenzwerte:

Der Globalmigrationswert erfasst die Summe der migrierenden Stoffe und ist ein Mass für die Beständigkeit eines Verpackungsmaterials. Er sollte 60 mg/kg Lebensmittel oder 10 mg/dm<sup>2</sup> Kontaktfläche mit dem Lebensmittel nicht überschreiten und gilt beispielsweise für ESBO.

Bei ESBO gilt allerdings eine Übergangsfrist für die Industrie, da dieser Grenzwert nicht eingehalten werden kann und keine Gesundheitsgefährdung vorliegt (Weisung BAG vom 5. November 2004).

Im Weiteren wird es für ESBO in der EU während einer Übergangsfrist bis ca. 2010 einen Migrationsgrenzwert von 300 mg/kg geben. Danach wird die Summe der Weichmacher einen Migrationsgrenzwert von 60 mg/kg haben, Kindernahrung 30 mg/kg; Phtalate werden ganz verboten werden. Die Schweiz wird dieses Vorgehen vermutlich übernehmen (mündl. Mitteilung Silvio Raggini, Coop)

Spezifische Migrationswerte (SML): Gelten für spezifische Stoffe und werden in einzelnen Richtlinien festgehalten.

Für DEHP gilt seit 2006 ein Grenzwert von 3 mg/kg. Diisononylphtalat, Diisodocylphtalat: 9 mg/kg; DEHA: 18 mg/kg (Schweizerische Kunststoffverordnung)

Der BNN hat folgende Orientierungswerte für Weichmacher in Bio-Olivenöl festgelegt (2005):

DEHP: 6 mg/kg; DIDP/DINP, BBP und Sonstige: jeweils 10 mg/kg.

## Was tut die Verpackungsindustrie, Alternativen

Das Bundesinstitut für Risikobewertung BfR empfiehlt der Industrie aufgrund der Gesundheitsgefahr, auf die Verwendung von Phtalaten (DEHP, DINP, DIDP) in Dichtmassen von Deckeln, die für fetthaltige Lebensmittel bestimmt sind, zu verzichten und stattdessen weniger bedenkliche Ersatzsubstanzen zu verwenden (BfR, 2006).

Die Verpackungsindustrie ist daran, nach Alternativen zu forschen. ESBO ist eine vor allem in der Bio-Branche viel genutzte Alternative zu DEHA (Schönbrodt, 2006). Allerdings fehlt auch zu diesem Stoff eine abschliessende Beurteilung. Einerseits ist nach bisherigen Erkenntnissen ESBO weder kanzerogen noch gentoxisch oder fruchtschädigend und wirkt erst bei sehr hohen

Dosen leicht toxisch. Trotzdem ist eine Verunreinigung mit diesem Stoff nicht erwünscht (BAG, 2004).

Anstelle von weichmacherhaltigem PVC für Deckeldichtungen kommen auch andere – von sich aus flexible Kunststoffe wie Polypropylen, Polyethylen und Ethylen-Vinyl-Acetat in Frage. Derzeit sind sie in Verhältnis noch sehr teuer. Aber auch aus den alternativen Materialien, z.B. epoxidiertes Sonnenblumenöl können bedenkliche Stoffe migrieren und dies muss zuerst untersucht werden (Schönbrodt, 2006).

Eine Alternative zur Verpackung fett- und ölhaltiger Produkte, wie Oliven, sind halbsteife Kunststoffschalen aus PE und PET, die mit einem Kunststoff- oder Aluminiumdeckel versiegelt werden. Eine Möglichkeit, die noch in der Entwicklungsphase ist, ist die Versiegelung der weichen Deckelbeschichtung.

## 4.5 Fazit

Biologische und konventionelle Lebensmittel werden praktisch in den gleichen Packmitteln verpackt und haben somit bezüglich möglicher Rückstände aus Verpackungen die gleiche Ausgangssituation. Auch müssen alle die gesetzlichen Regelungen und Grenzwerte einhalten, für Bioprodukte gelten in der Regel keine strengeren Rückstandsgrenzwerte. Es gibt es laufend neue Erkenntnisse zu Rückständen aus Verpackungen, da eine Vielzahl von Stoffen in Verpackungen eingesetzt wird, deren Toxizität und Verhalten noch ungenügend erforscht ist. Dies gilt auch oft für alternative Stoffe, die ihrerseits wieder Rückstandsprobleme ergeben können.

Es sind zahlreiche Aktivitäten im Bereich der Gesetzgebung und in der Industrie im Gang, um Verunreinigungen von Lebensmitteln durch Verpackungen in Zukunft zu minimieren (Branchen-Richtlinien). Die Verpackungsindustrie scheint soweit sensibilisiert, das Thema im eigenen Interesse anzugehen. Kernprobleme sind noch:

- Methode und Bedingungen, unter welchen Stoffe/Materialien geprüft werden sollen, damit sie nachher gesetzeskonform sind
- Sehr komplexe Materie. Hunderte von Stoffen müssen unter verschiedenen Bedingungen getestet werden.
- Informationsfluss und Verantwortlichkeit über die ganze Kette (Herstellung Stoffe- Lieferanten – Verpackungsindustrie) muss optimiert und strukturiert werden, damit relevante toxikologische Informationen verfügbar sind, aber die Vertraulichkeit bezüglich Rezepturen gewahrt bleibt.

In Deutschland hat sich ein Arbeitskreis von Akteuren der Verpackungsindustrie und der Biobranche gebildet, um Rückstände aus Bioverpackungen zu minimieren.

Es gibt keine Verpackung, welche absolut inert ist und gleichzeitig das Produkt optimal schützt und auch noch ökologisch ist. Es handelt sich somit an eine Annäherung an das praktisch und technisch machbare und gleichzeitig die Gesetzesvorgaben erfüllende. Auch muss man die Relation im Auge behalten. Die Gefahr, dass man an einem durch Mikroorganismen befallenen Lebensmittel erkrankt, ist viel grösser, als durch die Rückstände in Verpackungen. Man isst ja zum Beispiel nicht kiloweise in Öl eingelegte Speisen.

## 5. Nanotechnologie

Schöne Neue Welt. Sollen auch Bioprodukte von solch tollen Verpackungen profitieren? (Zitat FoodToday Newsletter 12/2006):

### Lebensmittelverpackung und Lebensmittelsicherheit

Clevere Verpackungssysteme werden entwickelt werden, die dazu führen, dass Lebensmittel besser geschützt sind und verbesserte Überwachungstechniken, die es ermöglichen, den Weg von Lebensmitteln „vom Erzeuger bis zur Gabel“ zurückzuverfolgen. Leichtere, flexiblere Verpackungsmaterialien, die resistenter gegen Hitze, Licht, mechanische und andere Schäden sind und Materialien, die Sauerstoff und Feuchtigkeit absorbieren können, werden helfen, Lebensmittel länger frisch zu halten. Auch Nanopartikel mit antimikrobiellen Bestandteilen und schmutzabweisende Oberflächen werden voraussichtlich breite Anwendung finden – in Verpackungsmaterialien ebenso wie in Maschinen, die bei Lebensmittelverarbeitungsprozessen eingesetzt werden.

Weiter unten in der Pipeline sind Materialien, die ihre Eigenschaften an externe und interne Gegebenheiten wie etwa die Temperatur, anpassen können, und solche, die sich selbst reparieren, wenn sie zerissen und durchstochen werden. Eine andere innovative Idee ist der Einsatz von in Verpackungen eingebauten Nanosensoren, die winzige Mengen von Chemikalien aufspüren können wie beispielsweise diejenigen, die freigesetzt werden, wenn ein Lebensmittel zu verderben beginnt. Der Konsument wird auf das Verderben oder die Kontamination durch einen Farbwechsel der Verpackung aufmerksam gemacht.

### 5.1 Einleitung

#### 5.1.1 Was ist Nanotechnologie?

Unter Nanotechnologien versteht man jene Materialien und Strukturen, die man gezielt mit technischen Prozessen in Dimensionen zwischen 0.1 und 100 nm (Nanometer,  $10^{-9}$  m) herstellt. In der Praxis ist der Begriff Nano allerdings noch nicht genau definiert. So stellt sich die Frage, ob bereits die Grösse ein Teilchen zum Nanopartikel macht, wie etwa Russteilchen aus einer Verbrennung oder Pigmente. Oder soll man erst von Nanopartikeln reden, wenn diese synthetisch hergestellt worden sind und spezielle Eigenschaften aufweisen?

In den Nano-Dimensionen können sich die Eigenschaften von Stoffen und Materialien teilweise radikal ändern, da ein Übergang zu den Gesetzen der Quantenphysik stattfindet. Das führt dazu, dass Nanopartikel andere optische, magnetische oder elektrische Fähigkeiten annehmen können. Im Weiteren wird die Oberfläche von kleineren Körpern im Verhältnis zur Masse immer grösser. Dies führt dazu, dass die Nanopartikel reaktiver und mobiler sind und ausgeprägter auf ihre Umwelt einwirken beziehungsweise mit anderen Stoffen reagieren können. Diese neuartigen Eigenschaften machen die Nanotechnologie für viele Anwendungen interessant, bergen aber auch Risiken für Mensch und Umwelt.

#### 5.1.2 Gesetze, Richtlinien

Es gibt zurzeit weder nationale noch internationale Definitionen, Regelungen, Zulassungs- und Deklarationsvorschriften. In vielen Ländern, so auch der Schweiz, sind solche jedoch in Arbeit.

Die Umweltorganisationen äussern sich eher kritisch zur Nanotechnologie und fordern klare Richtlinien und Risikostudien. Die ETC-Group Canada (action group on erosion, technology and concentration) ist sehr kritisch und fordert ein Moratorium, bis mögliche Risiken geklärt sind (Etc-group, 2004). Die Englische Biolandbau-Organisation Soil Association hat einen «Draft Standard on Nanotechnology» veröffentlicht, in dem sie jegliche Anwendung von Produkten verbietet, die mittels Nanotechnologie hergestellt wurden. Coop Schweiz ist gegenüber der Nanotechnologie zurückhaltend (Hofer, 2006). Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) setzt auf die



Selbstverantwortung der Industrie und hat einen Aktionsplan Nanotechnologie ausgearbeitet <http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/01389/01393/index.html?lang=de>. Das TA Swiss (Zentrum für Technologiefolgenabschätzung) hat eine gute Übersicht zum Thema erstellt (TA-Swiss, 2006) und führte im Herbst 2006 eine öffentliche Anhörung (sogenannter publifocus) zur Nanotechnologie durch ([http://www.ta-swiss.ch/a/nano\\_pfna/2006\\_TAP8\\_Nanotechnologien\\_d.pdf](http://www.ta-swiss.ch/a/nano_pfna/2006_TAP8_Nanotechnologien_d.pdf))

## 5.2 Stand der Technik bei Verpackungsmaterialien

Es gibt bei Verpackungen verschiedene nanotechnologische Anwendungen, von denen die meisten im Stadium der Forschung und Entwicklung stehen. Dies sind einerseits Materialzusammensetzungen mit Nanoteilchen (Komposite), andererseits Beschichtungen (siehe Tabelle 1). Durch die Kombination von Polyamid mit Nanopartikeln konnte zum Beispiel ein Folienwerkstoff entwickelt werden, der eine doppelt so hohe Barriere-Eigenschaft für Sauerstoff wie ein herkömmlicher Kunststoff hat. Durch die feinste Verteilung von Nanopartikeln in der Folie müssen Gase wie in einem Labyrinth eine grössere Strecke zurücklegen und diffundieren daher langsamer. Durch diese Eigenschaft kann die Polyamid-Schicht der Verpackung entweder halbiert werden, was bei mehrschichtigen Folien ein Vorteil darstellt. Oder die Schichtdicke kann beibehalten werden, und man hat einen effektiveren Schutz der verpackten Ware. Auch gibt es Vorteile bei der Verarbeitung der Nanofolien, wie schnellere Laminiergeschwindigkeiten und geringeres Zusammenziehen der Schmelze nach dem Verlassen der Düse vor dem Erstarren (Schäfer, 2005).

**Tabelle 1: Anwendungen von (neuer) Nanotechnologie bei Verpackungen**

Anwendungsmöglichkeiten	Neue Eigenschaften
<b>Nanocomposite</b>	
Kunststofffolien und –behälter mit eingearbeiteten Nanopartikeln aus Tonerde/Schichtsilikate, Siliziumdioxid, Zinkoxid, Titandioxid	Reiss- und schlagfester, weniger durchlässig für Wasserdampf, Gase und UV-Strahlung; leichter, hitzeresistenter; LM somit länger haltbar
Biopolymere mit eingearbeiteten Nanopartikeln	Stabiler als andere Biopolymere, kompostierbar
<b>Beschichtungen (Nanocoating)</b>	
Kunststoffe mit Beschichtung von Silbrenanopartikeln	Antimikrobiell, Keimbildung verringert, LM länger haltbar
Nano-Innenbeschichtung bei Bierflaschen aus PET	Verlust von Kohlensäure verringern, Haltbarkeit verlängern
<b>Intelligente Folien (Sensory packaging)</b>	
Dünne Beschichtungen	Beschichtung kann z.B. Farbe wechseln, wenn Produkt verdorben
<b>Nanobarcodes for track and trace</b>	
Nanobestandteile von Verpackungen	Erlauben einfachere Rückverfolgbarkeit

### **Vorteile von Nanomaterialien bei der Verpackung**

- Weniger Material nötig für gleiche Eigenschaften, dadurch leichter
- Verbesserte mechanische Stabilität und Festigkeit
- Geringere Durchlässigkeit für Gase (Sauerstoff, Kohlensäure) und Wasserdampf
- Antimikrobielle Wirkung (nur Oberflächen)

### **Auswirkungen auf Lebensmittel**

- Besserer Schutz von aussen
- Länger haltbar
- Weniger Gerüche aus Verpackung

### **Anwendungen, die auf dem Markt sind**

In der Datenbank für Konsumenten des Wodraw Wilson Center ([www.nanotechproject.org](http://www.nanotechproject.org), aufgerufen am 4.6.2007) sind weltweit in der Kategorie Food and Beverage 61 Produkte gelistet (viele Nano-Silberprodukte, LM-Zusätze, eine Folie). Gemäss Coop ist derzeit bei Verpackungen eine Frischhaltefolie (Durethan von Bayer) auf dem Markt.

Gemäss einem Vortrag von (Lohwasser, 2006) gibt es Nanotechnologie im Verpackungsbereich bereits seit 40 Jahren in Form von Vakuum Dünnschichtbeschichtungen. Dies ist eine Technologie, die mit minimalem Einsatz von Ressourcen und unter Vermeidung von Lösungsmitteln und Substanzen mit Gefährdungspotential, Barrierewirkung erzielt. Diese Technologie wird laufend weiterentwickelt und kann z.B. auch die Barriereigenschaften von Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen verbessern. Nanopartikel können eine Ergänzung dieser Technologie darstellen.

## **5.3 Stand des Wissens über mögliche Risiken**

Grundsätzlich birgt die Nanotechnologie noch nicht abschätzbare Risiken für die Umwelt und die Gesundheit von Organismen aus folgenden Gründen:

- Es handelt sich um synthetische, körperfremde, nicht wasserlösliche Stoffe.
- Kleine Partikel sind reaktiver, schädlicher, können tiefer in Gewebe eindringen (vor allem Lunge) als die gleichen Stoffe in normaler Grössenordnung. So können auch Substanzen, die an und für sich als harmlos gelten, in Nanopartikelform schädlich werden. Nachgewiesen wurde ein Eindringen von Nanopartikeln in die Lunge, von dort in Blutkreislauf und in verschiedene Organe, auch ins Gehirn. In Lunge und Gehirn können entzündliche Veränderungen hervorgerufen werden.
- Von den seit längerem bekannten und erforschten „Ultrafeinen Partikeln“ (auch kleiner als 100 nm) (z.B. Dieselruss) ist bekannt, dass sie die Lungenkrankheiten verursachen können. Diese Stäube klumpen sich in der Luft innerhalb weniger Tage zusammen und setzen sich ab.

Künstliche Nanopartikel sind jedoch häufig so behandelt, dass sie gerade nicht zusammenklumpen und dadurch viel länger in der Luft bleiben. Deshalb könnten sie auch vermehrt eingeatmet werden.

- Nanopartikel sind reaktiver und weisen freie Radikale auf, durch welche gewisse Strukturen, wie zum Beispiel die Zellwände oder die Erbsubstanz geschädigt werden können. Sie können in Zellen eindringen und werden mit den vorhandenen Mechanismen nicht wie andere Fremdkörper abgebaut oder abgesondert.
- Erste Versuche haben zum Teil schädliche Wirkungen von Nanoteilchen auf Zellen und Tiere gezeigt.
- Ein Übertritt von Nanopartikeln durch die Schleimhaut von Magen und Darm ins Blut ist ebenfalls möglich. Auch durch die Haut (Sonnenschutzmittel und Kosmetika) scheint eine Aufnahme möglich, vor allem über Haartrichter, Poren und Hautverletzungen. Die Nanopartikel dringen dann jedoch nicht tiefer ins Gewebe (Lademann, 2006).
- Das Risiko für einen Schaden hängt von der Exposition ab, also wie viele und wie lange z.B. Nanopartikel eingeatmet werden. Experten kommen zum Schluss, dass heute bei sachgemäßer Anwendung für den Endverbraucher keine Gefahr besteht. Wichtig seien Massnahmen bei der Produktion und Weiterverarbeitung der Nanoteilchen (Arbeitnehmerschutz) (Spektrum der Wissenschaft Okt. 2006). Diese Beurteilung schliesst jedoch eine Anwendung in der Landwirtschaft von z.B. Nanopflanzenschutzmitteln nicht ein.

Bezüglich der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt ist zwischen gebundenen (inerten) Nanoteilchen und freien Nanoteilchen zu unterscheiden. Wenn Nanopartikel frei in der Luft oder in Lebensmitteln sind, können sie von Organismen via Luft, Wasser oder Nahrung aufgenommen werden. Es ist noch weitgehend unbekannt, wie die Nanopartikel im Körper abgebaut werden und was sie langfristig auslösen können.

Es ist nun die Frage, ob (1) die in Verpackungen grundsätzlich gebundenen Nanoteilchen in das Lebensmittel migrieren können, wenn ja wie viel und ob dies dann ein Risiko darstellt und (2) ob im Verlauf des restlichen Lebenszyklus der Verpackung (Herstellung, Entsorgung) Risiken für Mensch und Umwelt entstehen, welche die Bioproduktion nicht verantworten will. Im Folgenden soll diesen zwei offenen Fragen nachgegangen werden:

### **Migration in Lebensmittel**

Die feste chemische Bindung der Nanoteilchen in der verwendeten Matrix ist eine entscheidende Voraussetzung dafür, dass sie nicht ins Lebensmittel migrieren. Dies wird technisch im Polymerisationsprozess erreicht, in dem z.B. die Silikate feinst verteilt werden und eine feste chemische Bindung der Silikate mit der Kunststoffmatrix erzielt wird (Schäfer, 2005).

Auch beim sogenannten Sol-Gel-Verfahren werden die Nanopartikel nasschemisch in eine Matrix eingebettet. Dann sollten sie inert sein. Es sind mir aber keine Untersuchungen bekannt, welche die Migration auch wirklich angeschaut haben.

### **Umwelt**

Bei der Herstellung und Entsorgung (z.B. Verbrennen) von Nanowerkstoffen können Nanoteilchen frei werden. Diese Prozesse müssen optimiert sein (Arbeitnehmerschutz).

Es besteht das Risiko, dass die Nanopartikel wegen ihrer grösseren Oberfläche mehr Schadstoffe binden und durch das Erdreich transportieren. Dünger und Pestizide könnten dadurch mobiler werden; Reaktionen mit anderen Stoffen und Auswirkungen auf das Grundwasser sind möglich. Nanoteilchen könnten sich in der Nahrungskette anreichern und empfindliche Lebewesen beeinträchtigen. Ob Pflanzen Nanopartikel über Wurzeln oder Blätter aufnehmen, ist noch unbekannt.

Worst-Case-Scenario: Wenn Nanopartikel tatsächlich einen schädlichen Einfluss auf Lebewesen ausübten, wäre deren Entfernung aus der Umwelt kaum mehr möglich.

Fazit eines Wissenschaftlers, der sich mit Technologiefolgenabschätzung befasst: Nanotechnologie ist vielversprechend, interessant und wirkmächtig. Diese Technologie hat eine hohe Eingriffstiefe, deren Folgen nicht abgeschätzt werden können. Problematische Neben- und Folgewirkungen sind wahrscheinlich. Deshalb schlägt er vor, die Technologieentwicklung mitzugestalten im Sinne einer Nachhaltigen Entwicklung und die Risiken immer gleich auch zu betrachten (Arnim von Gleich, 2006)

## **5.4 Fazit: Soll Nanotechnologie für Verpackungen von Bioprodukten zugelassen werden?**

Nanotechnologie ist eine Technologie mit potentiell weitreichenden Folgen. Ihre Vor- und Nachteile sollten sorgfältig gegeneinander abgewogen werden, bevor sie im Biolandbau zugelassen wird. Dies wird allerdings im Moment erschwert durch das Fehlen einer Definition, das Fehlen gesetzlicher Grundlagen und durch grosse Wissenslücken in den Bereichen Humantoxikologie und Umweltverhalten. Insbesondere bestehen noch offene Fragen bezüglich des ganzen Lebenszyklus (Herstellung, Entsorgung), der Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit, und der Migration in Lebensmittel. Als Einschätzungshilfe könnten nachfolgende Kriterien herangezogen werden (analog der Beurteilung von Hilfsstoffen):

- Die Vorteile müssen die Nachteile klar überwiegen.
- Es darf keine Kontamination von Bio-Lebensmitteln erfolgen (keine Migration von Nanoteilchen in Lebensmittel).
- Es dürfen keine unannehmbaren Auswirkungen auf die Umwelt auftreten. Insbesondere ist die Frage zu klären, was mit den Nanoteilchen beim Abbau/Recycling/Verbrennen geschieht.
- Es dürfen keine negativen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier auftreten. Inwieweit der Arbeiterschutz bei der Herstellung hier einbezogen werden soll, muss noch geklärt werden.

Solange es auch andere ähnlich effiziente Technologien gibt bzw. die Wissenslücken bei den Risiken noch so gross ausfallen, würde ich grundsätzlich eher vorsichtig mit einem Einsatz der Nanotechnologie sein. Vorsicht sollte man auch walten lassen bei den grossen Versprechungen, welche die Nano-Industrie von sich gibt (z.B. wie wirksam ist Nano-Silber wirklich – wirkt ja nur auf Oberflächen).

Zudem wäre es sinnvoll den Bericht des TA-Swiss über Nanotechnologie bei Lebensmitteln (inkl. Verpackungen), der Ende 2008 fertig gestellt sein soll, abzuwarten. (Auftragnehmer Öko-Institut Freiburg i.Br.).

## 6. Umweltverträglichkeit

### 6.1 Kriterium „Umweltfreundlichkeit“

Verpackungen sind die Visitenkarte eines Produktes. Sie vermitteln den ersten Eindruck über die Qualität und sollen diese über die ganze Transportkette sichern. Der Aspekt Umweltverträglichkeit rückt einerseits wegen der Grundhaltung des Ökologischen Landbaus im Sinne der Schonung der Umwelt und der Ressourcen ins Zentrum des Interesses, andererseits auch, weil Konsumentinnen und Konsumenten ein insgesamt umweltverträgliches Produkt kaufen wollen.

Es gilt nun die Premiumqualität „Umweltfreundlichkeit“ einer Verpackung zu analysieren, zu bewerten und innerhalb der bestehenden Anforderungen zu realisieren. Dabei ist zu beachten, dass nicht die Verpackung an sich Umweltauswirkungen aufweist, sondern deren Herstellungs- und Entsorgungsprozess bzw. die Kreislauffähigkeit der Materialien für eine ökologische Bewertung ausschlaggebend sind. In diesem Zusammenhang muss betont werden, dass eine zukunftsfähige, umweltschonende Alternative im Verpackungsbereich nur durch einen Kompromiss aller Akteure der Verpackungs-Wertschöpfungskette verwirklicht werden kann.

### 6.2 Ökobilanzen von verschiedenen Verpackungen

#### 6.2.1 Ökobilanzen von Verpackungsmaterialien

Eine wichtige Methode zur Beurteilung ökologischer Aspekte eines Produktes, eines Herstellungsprozesses, einer Dienstleistung oder eines Produktionsstandortes ist die Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment). Sie kann als eine mehr oder weniger genaue Momentaufnahme betrachtet werden, die auf dem aktuell verfügbaren Umweltwissen basiert. Im Anhang wird die Methode der Ökobilanz vorgestellt, damit die Möglichkeiten und Grenzen dieser Methode bewusst werden. Um die Auswirkungen der Verpackung auf die Umwelt beurteilen und vergleichen zu können, werden zunächst einzelne Ökobilanzen vorgestellt und deren angewandte Methodik erläutert. Hierbei ist zu beachten, dass streng genommen nicht nur die Endverpackung, welche durch die Ökobilanz erfasst wird, sondern auch sämtliche Vor-, Zwischen- und Umverpackungen mit einbezogen werden müssten.

Die Veröffentlichungen zur ökologischen Bewertung von Verpackungssystemen lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

Der ersten Gruppe sind Untersuchungen zuzuordnen, die sich mit der ökologischen Analyse und Beurteilung einzelner Packstoffe und Verpackungen befassen. Zu dieser Gruppe gehören insbesondere die unterschiedlichen Arbeiten des BUWAL<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Das schweizerische Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft hat schon in den 80er Jahren Emissionsdaten des Herstellungspfades von Verpackungen zusammenstellen und bewerten lassen. Die inzwischen zweimal überarbeitete Studie liefert das umfangreichste, stoffstrombezogene Datenmaterial von Papieren, Kunststoffen, Metallen und Glas.

Zur zweiten Gruppe können Veröffentlichungen gezählt werden, die alternative Verpackungssysteme für bestimmte Packgüter ökologisch bewerten. Hierzu zählen insbesondere auch vergleichende Untersuchungen von Ein- und Mehrwegsystemen.

Vielfältige Veröffentlichungen des BUWAL aus der Schriftenreihe Umwelt stellen einen Leitfaden zur Anwendung und Auswertung von Ökobilanzen im Bereich Verpackung dar. Der Bericht „Bewertung von Ökoinventaren für Verpackungen“ zielte beispielsweise darauf ab, wesentliche Gemeinsamkeiten und Unterschiede der drei damals am häufigsten eingesetzten Methoden zur Wirkungsabschätzung (Methode nach CML, Eco-indicator 95, Ökologische Knappheit) darzustellen. Dieser Vergleich wird am Beispiel der vier Verpackungssysteme „Joghurtbecher“, „Lassagne-Tiefkühlpackung“, „Konfitürenglas“ und „PET-Einwegflasche“ durchgeführt. Die Studie zeigt, dass die verschiedenen Methoden zur Wirkungsabschätzung teilweise zu ähnlichen, teilweise aber auch zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen. Daher wird empfohlen, in Zukunft mindestens zwei Methoden gleichzeitig anzuwenden. Dies erlaubt, die Ergebnisse fundierter zu beurteilen, und verbessert häufig die Kenntnisse über die untersuchten Systeme (BUWAL, 1998).

Die dänische Regierung führte im Jahr 2001 einige ökobilanzielle Erhebungen durch, die als Grundlage für die Überarbeitung der Verpackungssteuer heran gezogen werden sollten. Das methodische Vorgehen basierte auf den ISO Normen 14041 ff. sowie in Anlehnung an Spezialregelungen der EDIP („Environmental Development of Industrial Products“; UMIP „Udvikling af Miljøvenlige Industriprodukter“). Die Ökobilanz ist für Packstoffe erhoben worden und stützt sich in ihrer Bewertung auf folgende Parameter: Umweltauswirkungen, Ressourcenverbrauch, Abfallaufkommen sowie Primärenergieverbrauch und CO<sub>2</sub> Emissionen. Innerhalb der Systemgrenzen vom Verpackungsrohstoff bis zur Verbrennung wurden die Umweltauswirkungen pro kg Packstoff mit Hilfe eines Index bewertet. Generell kann festgehalten werden, dass Karton und Glas die geringsten Umweltauswirkungen aufweisen. Dahinter lässt sich eine Gruppe Verpackungskunststoffe (LDPE, HDPE, PP, PET und PS) einordnen, wobei PS und PET in der Bewertung am schlechtesten abschneiden. Die Umweltauswirkungen von Stahl bzw. Weissblech können in einem ähnlichen Bereich eingegliedert werden, deren Müllaufkommen ist allerdings schlechter zu beurteilen. Verpackungen aus PVC, EPS, Aluminium und Stahl belasten die Umwelt am meisten. Diese Untersuchung liefert sinnvolle Ergebnisse zur ökologischen Einschätzung der einzelnen Packstoffe pro kg Material, allerdings muss festgehalten werden, dass beispielsweise ein so gutes Abschneiden von Glas nur durch die gewählte Einheit möglich war. Verpackungen aus Verbundstoffen oder aus Biokunststoffen fehlen völlig und auch der Einfluss von Transportwegen in Form von zusätzlichen Emissionen und Energieverbrauch wurde nur am Rand betrachtet (Danish Environmental Protection Agency, 2001).

Zu der zweiten Gruppe der Veröffentlichungen gehören Ökobilanzen, die sich mit Systemfragen wie dem Mehrweg-Einwegsystem beschäftigen.

Die neuste Veröffentlichung aus diesem Bereich setzte sich mit der ökologischen Bilanzierung von Obst- und Gemüseboxen auseinander. Die Studie der Abteilung ganzheitliche Bilanzierung der Universität Stuttgart und dem Unternehmen PE international aus Leinfelden-Echterdingen zeigt, dass das Mehrwegsystem über die ökologische Vorteilhaftigkeit hinaus auch das kostengünstigste und – über den gesamten Lebenszyklus betrachtet auch das sicherste System darstellt. Es wurde versucht den europaweiten Markt wirklichkeitsnah abzubilden<sup>3</sup>. Bezüglich der

---

<sup>3</sup> Dabei wurden die Transportwege von Obst und Gemüse unter Berücksichtigung der fünf bedeutendsten Produktionsländer (Frankreich, Spanien, Italien, Niederlande, Deutschland) und den stärksten Abnehmermärkten untersucht und bewertet.

Umwelteffekte wurden der Primärenergieverbrauch, das Treibhauspotenzial, das Ozonabbau-potenzial, das Eutrophierungspotenzial und das Photooxidationsbildungspotenzial untersucht. In den ökologischen Wirkungskategorien liegen die Kunststoffkisten des Mehrwegsystems gegenüber den Kartonkisten (Einweg) in sämtlichen Feldern vorne. Die Holz-Einwegkisten zeigen im Bereich Primärenergie bessere Ergebnisse als die Mehrweg-Kunststoffkisten. Der nachwachsende Rohstoff Holz erhält auf Grund seiner energetischen Verwertung eine Gutschrift, die ihm diesen Vorteil verschafft. Somit zeigt diese europaweite Studie zur Nachhaltigkeit von Verpackungssystemen für den Transport von Obst und Gemüse ganz deutlich, dass Mehrwegbehälter oft ökologisch günstiger einzustufen sind (Deutsche Umwelthilfe e.V., 2007).

Die Mehrweg- versus Einwegsystemfrage wurde bisher am häufigsten am Beispiel von Getränkeverpackungen untersucht.

1995 wurden die Ergebnisse der Ökobilanz für Getränkeverpackungen (1) der deutschen UBA für Bier sowie für Frischmilch veröffentlicht. Das Ziel dieser Pilotstudie bestand darin, erstmalig die Berechnungs- und Bewertungsmethode für Ökobilanzen zu entwickeln. Es zeigte sich, dass die Methode grundsätzlich geeignet ist, die Ergebnisse aber nicht vorbehaltlos auf andere Getränke- und Verpackungsbereiche übertragbar sind. Die Mehrwegflasche als Bierverpackung war den Einwegverpackungen – der Weissblechdose, der Aluminiumdose und der Einwegflasche – deutlich überlegen. Lediglich bei der Erhöhung der Distributionsentfernung bei Bier auf 1000 km ist für keines der beiden Verpackungssysteme (weder für MW noch für EW) ein eindeutiger Vorteil auszumachen.

Der ökobilanzielle Vergleich zwischen einer Mehrwegflasche und einem Kunststoffschlauchbeutel für Frischmilch ergibt keine umfassenden Vor- und Nachteile für eine der beiden Optionen. Jedoch schneidet die Mehrwegflasche im Öko-Vergleich mit einem Einwegkarton erkennbar besser ab, dieser Vorteil relativiert sich allerdings mit zunehmenden Transportwegen. Für Milchverpackungen liegt der Break-even-point bei einer Distributionsentfernung bei etwa 150-180km (Frauenhofer-Institut). Demnach wäre Bern von Chur aus ökologisch nicht mehr vorteilhaft mit Milch-Mehrweggebinden zu beliefern (Umweltbundesamt, 2002).

Die Ökobilanz für Getränkeverpackungen (2) von Oktober 2002 lässt sich in zwei Phasen gliedern, wobei die Phase 1 eine Status-quo-Analyse der 27 gängigsten Getränkeverpackungen darstellt und folgendes festgehalten werden kann:

- Bei Mineralwasser und kohlenensäurehaltigen Erfrischungsgetränken sind PET-Mehrwegsysteme den Glas-Mehrwegsystemen auf Grund der günstigeren Ressourcenbeanspruchung, dem geringeren Treibhauseffekt und der Versauerung vorzuziehen.
- Der Vergleich zwischen Mehrweg-Glas- und Kartonverpackungen für stilles Mineralwasser und andere kohlenäurefreien Getränke sowie Wein lässt keine entscheidenden Vor- und Nachteile erkennen.
- Glas-Einweg-Systeme sowie Getränkedosen-Systeme aus Weissblech und Aluminium zeigen gegenüber vergleichbaren Mehrwegsystemen deutliche Umwelt-Nachteile. Auch hier sind Ressourcenbeanspruchung, Treibhauseffekt und Versauerung die entscheidenden Indikatoren.
- Auch Einwegflaschen aus Glas sind ökologisch eher schwierig zu beurteilen und sollten auf jeden Fall recycelt werden.

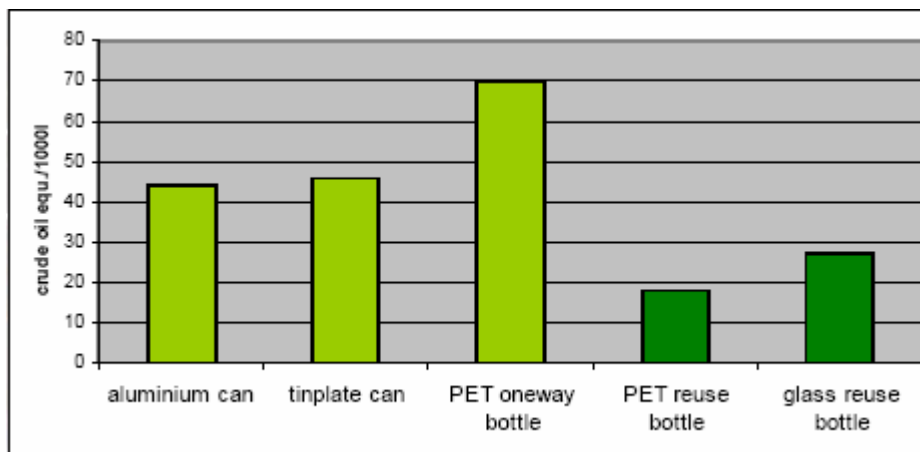
Die wichtigste Schlussfolgerung der deutschen Untersuchungen zu Getränkeverpackungen und deren Umweltauswirkungen ist, dass ein oftmals deutlicher Vorteil von Mehrweg- gegenüber Einwegsystemen besteht (Umweltbundesamt, 2002).

Die ökologischen Vorteile von Mehrwegsystemen sind unter anderen:

- Reduktion des Materialverbrauchs
- Verringerung des Ausstosses von CO<sub>2</sub>
- Reduktion des Sommersmogs
- Deutliche Verringerung des Abfalls
- Verringerung der Luft- und Wasserverschmutzung
- Reduktion des Energieverbrauchs
- Starke Verringerung der Landschaftsvermüllung<sup>4</sup>

Eine Vielzahl an unabhängigen Studien bestätigen die Vorteile von Mehrwegsystemen. In diesem Zusammenhang kann neben den UBA Studien zu Getränkeverpackungen (1995, 2000 u. 2002), eine Umweltbilanzstudie der dänischen Umweltbehörde (1998) und aus Norwegen (2003) genannt werden.

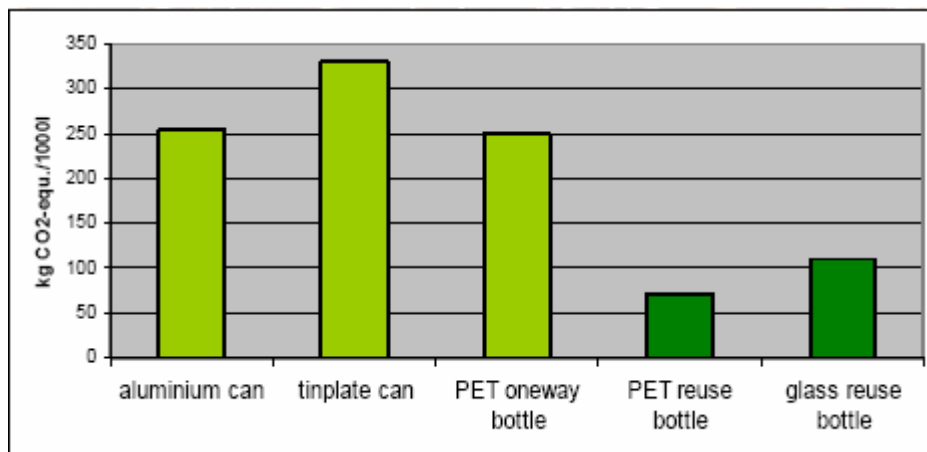
Die TNO, Netherlands Organisation for Applied Scientific Research bestätigte 2001 ebenfalls den Vorteil von Mehrwegsystemen. Und sogar die durch den Dosenhersteller Ball Packaging in Auftrag gegebene Umweltbilanzstudie für Bierverpackungen durch das IFEU kann keine ökologischen Nachteile von Mehrwegsystemen herausarbeiten (Resch, 2005).



**Abbildung 2: Materialverbrauch bei Getränkeverpackungen.**  
Quelle: IFEU Institut LCA 3/2003 Bier-Getränkeverpackungen (Resch, 2005)

<sup>4</sup> 52% aller Abfallprodukte an öffentlichen Plätzen in der Schweiz waren Einwegverpackungen und Getränkegebinde (Uni Basel/BUWAL 2/2004)





**Abbildung 3: Klimaerwärmungspotenzial von Getränkeverpackungen.**  
 Quelle: IFEU Institut LCA 3/2003 Bier-Getränkeverpackungen (Resch, 2005)

Neben der generellen Vorteilhaftigkeit von Mehrwegsystemen gegenüber Einwegverpackungen müssen jedoch detaillierte Vergleiche, zur besseren Abschätzung der Umweltauswirkungen, zwischen einzelnen Packstoffen durchgeführt werden. Glas- als auch Kunststoffflaschen in Mehrwegsystemen werden als am ökologisch sinnvollsten eingestuft. Vergleichbare Umweltauswirkungen wie Pfandsysteme haben auch bestimmte Einwegverpackungen wie Getränketüten oder die Schlauchverpackung. Dosen und Einwegflaschen schneiden dagegen am schlechtesten ab. Die Umweltauswirkungen von Mehrweg-Pfandsystemen hängen neben der Rücklaufquote vor allem von den Entfernungen und Auslastungen bei den Transporten zwischen Pfandannahme, Reinigung und Neubefüllung ab. Bei Mehrwegsystemen trägt die Produktion vergleichsweise wenig zur Umweltbelastung bei. Hier treten die ökologischen Belastungen v. a. während der Gebrauchsphase auf.<sup>5</sup>

Weitere Ökobilanzen, welche herkömmliche Verpackungen aus Karton oder Plastik mit Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen vergleichen, sind in Kapitel 6.3 aufgeführt.

Eine relative neue Anwendung hat die Methodik der Ökobilanz in Form internationaler Datenbanken erfahren. Aktuell entstehen unterschiedliche Datenbanken zur einfacheren Ökobilanzierung z.B. ecoinvent<sup>6</sup>, Icainfo, European Platform on LCA etc. Durch die Bereitstellung von Referenzdaten und Empfehlungen bezüglich der Methodik, soll die Glaubwürdigkeit, die Akzeptanz und der Einsatz der Ökobilanz innerhalb unternehmerischer oder auch öffentlicher Entscheidungen gefördert werden. Die Intension der „European Platform on LCA“ ist es, strategische Beurteilungsmöglichkeiten bezüglich der Prävention bzw. des Recyclings von Abfall, dem nachhaltigen Verbrauch natürlicher Ressourcen, der IPP-Kommunikation oder des nachhaltigen Konsums aufzuzeigen.

Es ist jedoch anzumerken, dass die meisten Datenbanken kostenpflichtig sind und die dort abrufbaren Daten sich meist auf speziell errechnete Einzelfälle mit entsprechend gesetzten Sys-

<sup>5</sup> Dabei ist zu bedenken, dass beispielsweise eine Glasflasche bis zu 50mal wieder befüllbar ist und somit die Produktion nicht weiter stark ins Gewicht fällt. Eine PET-Mehrwegflasche kann immerhin bis zu 14 mal wiederbefüllt werden, bevor sie eingeschmolzen wird.

<sup>6</sup> Ecoinvent ist das Schweizer Zentrum für Ökoinventare. Innerhalb der Datenbank werden „wissenschaftlich fundierte, Industriebasierte und internationale“ Ökobilanzen zu einer einheitlichen Bewertung zusammengefasst, so dass sich beispielsweise unterschiedliche Papierarten (recycle...) besser vergleichen lassen

temgrenzen beziehen. Dadurch ist die Übertragbarkeit der Daten oft schwierig und eher ungenau. Zudem ist das Durchführen bzw. Errechnen einer Ökobilanz relativ aufwendig und benötigt eine grosse Menge an Daten. Trotz der LCA-Datenbanken scheuen sich die meisten Hersteller vor der Erstellung einer Ökobilanz.

Dennoch sollten Aspekte einer umweltverträglichen Produkt- und Prozessgestaltung in jede Entscheidung einfließen. Für den Bereich der Verpackungsgestaltung von Biolebensmitteln könnten grundlegende Empfehlungen zur Minimierung der Umweltauswirkungen erarbeitet werden. Deshalb ist es sinnvoll vor der Inanspruchnahme einer Ökobilanz allgemeine Überlegungen zu Umweltauswirkungen anzustellen.

## 6.2.2 Fazit

Die Literaturstudie zeigt, dass absolute Bewertungen der Umweltfreundlichkeit eines Materials schwierig sind, da es immer auf das Produkt und das System ankommt.

Im Allgemeinen haben die neuen Berechnungen der Ökobilanzen keine neuen Resultate gebracht. Die Grundsätze in den Richtlinien der Bio Suisse sind nach wie vor aktuell und richtig. Mehrwegsysteme sind nach wie vor zu bevorzugen, soweit die Transportwege nicht zu lang werden. Recyclierbare Materialien wie Glas, Papier, Karton und PET sind nach wie vor zu bevorzugen aufgrund der geringeren Umweltbelastung. Kunststoffe schneiden hingegen auch oft gut ab aufgrund der geringeren Menge und Gewicht von Verpackungsmaterial.

Die Umweltauswirkungen von Verpackungen von Bioprodukten sollen im Sinne der Richtlinien vorausschauend und während des ganzen Lebenszyklus vermindert werden. Dabei sollen die folgenden Kriterien in absteigender Priorität berücksichtigt werden (Schlussfolgerung aus den zitierten Arbeiten, Soil Association packaging guide):

1. **Vermeiden** /Eliminate some or all materials: Jede von der Lebensmittelsicherheit her unnötige Verpackung soll vermieden werden.
2. **Vermindern**/Reduce the amount of packaging used: Grösse, Dicke oder Gewicht der verwendeten Materialien so weit wie möglich vermindern.
3. **Bevorzugung von Mehrwegsysteme**/Re-use the packaging: Möglichst wieder verwertbare Materialien gebrauchen. Wie zahlreiche Studien belegen, sind Mehrwegsysteme fast immer ökologisch vorteilhafter (Ausnahme lange Transportwege).
4. **Bevorzugung recycelbarer oder kompostierbarer** Materialien /Recovery through recycling or composting.

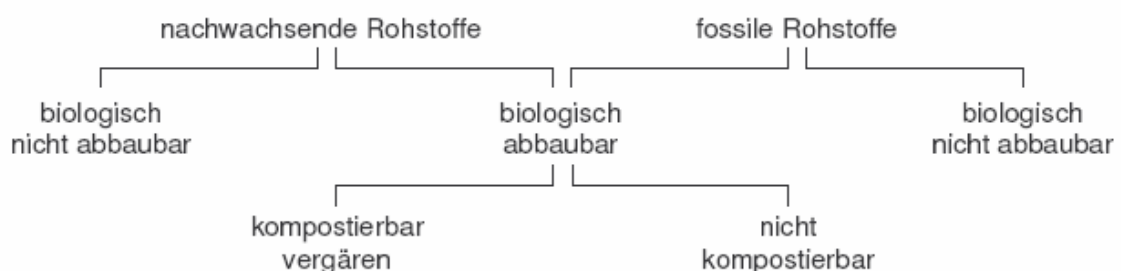
## 6.3 Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen /Biologisch abbaubaren Werkstoffen

### 6.3.1 Übersicht Materialien und Rohstoffe

Die klassischen Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen aus Holz (Holzkisten), Papier, Karton (Schachteln, Schalen) und Zellulose (Zellophan). Die klarsichtige Zellophanfolie hat ihren ehemals hohen Marktanteil heute jedoch an die deutlich billigeren Polypropylenfolien verloren.

Weitere nachwachsende Rohstoffe, vor allem für Einweggeschirr sind Chinagrass (Fasern von Zuckerrohr oder Palmen) oder Palmblätter.

Seit einigen Jahren ist die Erforschung und Produktion von Kunststoffen aus nachwachsenden Rohstoffen stark gewachsen. Rohstoffe dafür sind einerseits eigens dafür angebaute landwirtschaftliche Produkte wie Mais, Kartoffeln, Weizen, Rüben oder andererseits Abfallprodukte der landwirtschaftlichen oder Lebensmittelproduktion wie Stroh, Holzabfälle oder Molke. Über mehrere Verarbeitungsschritte und Zwischenprodukte (Stärke, Zellulose, Zucker, Lactose) werden in biotechnologischen und/oder chemischen Verfahren Kunststoffe hergestellt. Teilweise wird dafür auch Erdöl gebraucht. Die so geschaffenen Kunststoffe werden Biokunststoffe genannt.



Pflanze -> Rohstoff -> Werkstoff -> Produkt

#### Abbildung 4: Zusammenhang der verwendeten Begriffe (aus WieNawaro 2005)

Biokunststoffe lassen sich aus sehr vielen pflanzlichen Rohstoffen herstellen. Die Stärke nimmt derzeit eine Schlüsselrolle ein und ist derzeit der interessanteste Rohstoff. Ebenso gewinnen Cellulose und Zucker an Bedeutung. ([www.biowerkstoffe.info](http://www.biowerkstoffe.info))

Die Rohstoffe zur Herstellung von biologisch abbaubaren Werkstoffen stammen u.a. von folgenden Pflanzen, wobei die gelieferten Rohstoffe jeweils fett hervorgehoben sind (Schneider *et al.*, 2005):

- Mais, Kartoffeln, Weizen (z.B. als Ausgangsstoff für **Stärke**).

- **Kohlenhydrate** aus Zucker (Zuckerrübe, Topinambur, Zichorie, Zuckerhirse). Mengenmässig bedeutsam ist zurzeit nur die Zuckerrübe. Zucker ist der Stärke als Rohstoff in vielen Belangen ebenbürtig und technisch ebenfalls vielseitig einsetzbar.
- Holz, aber auch Stroh, Bambus, Gräser, Flachs, Hanf u.a. für **Cellulose**-Gewinnung. Zellulose ist in den meisten Pflanzen vorhanden und der mengenmässig bedeutendste nachwachsende Rohstoff. Wenn auch das Endprodukt Zellstoff hauptsächlich der Herstellung von Papier oder Karton dient, bietet es auch für die Kunststoffherstellung Potential. Zelluloseester werden beispielsweise häufig als Polymerkomponente zur Mischung („Compoundierung“) mit weiteren Biokunststoffen verwendet.

Weitere Rohstoffe, auch aus tierischen Produkten, die zurzeit noch in Entwicklung sind, kommen in Frage:

- Lactose (Molke – Restprodukte aus Milchverarbeitung)
- Kasein (Protein aus Magermilch)
- Chitin und Chitosan aus Krabbenschalen
- Gelatine, ein Kollagen-Protein aus tierischen Knochen oder Haut
- Pflanzenöle
- Proteine aus Getreide (Weizen oder Mais).

Die Vor- und Nachteile, Materialeigenschaften und Anwendungsbereiche der verschiedenen nachwachsenden Rohstoffe sind in Tabelle 2 aufgeführt.

### 6.3.2 Gruppen von Biokunststoffen

Bei den Biokunststoffen gibt es aktuell folgende Gruppen auf dem Markt (Krämer, 2006):

**Stärke & Stärkeblends:** Mit einem Marktanteil von etwa 80 Prozent bildet thermoplastische Stärke den derzeit wichtigsten und gebräuchlichsten Vertreter der Biokunststoffe. Stärkeblends und –compounds werden je nach Einsatzgebiet individuell für ihre weitere Nutzung in der Kunststoff verarbeitenden Industrie entwickelt und produziert. Als Granulate lassen sie sich auf den vorhandenen Anlagen zu Folien, tiefziehbaren Flachfolien, Spritzgussartikeln oder Beschichtungen verarbeiten. Um die für Kunststoffe gewünschten Materialeigenschaften zu verbessern, werden der Stärke oft andere Polymere zugesetzt.

**Polymilchsäure (PLA):** Durch Fermentation von Zucker oder Stärke entsteht Milchsäure, die zu Polymilchsäure oder Polylactid polymerisiert wird. Das durchsichtige Polylactid (PLA) gleicht herkömmlichen thermoplastischen Massenkunststoffen nicht nur in seinen Eigenschaften, sondern lässt sich auch auf den vorhandenen Anlagen ohne weiteres verarbeiten. PLA und PLA-Blends werden als Granulate in verschiedenen Qualitäten für die Kunststoff verarbeitende Industrie zur Herstellung von Folien, Formteilen, Dosen, Bechern, Flaschen und sonstigen Gebrauchsgegenständen angeboten. Es ist geschmacksneutral und wärmebeständig bis 60 Grad (nicht für heisse Getränke!).

**Polyhydroxybuttersäure (PHB):** Das Biopolymer Polyhydroxybuttersäure (PHB) ist ein aus erneuerbaren Rohstoffen (Zucker oder Glucose) fermentativ herstellbarer Polyester, mit Eigenschaften ähnlich denen des petrochemisch erzeugten Kunststoffs Polypropylen. PHB gilt als „schlafender Riese“ unter den Biokunststoffen, da er interessante Eigenschaften wie hoher

Schmelzpunkt (130 Grad), Klarheit und gute mechanische Eigenschaften hat. Die Palette der Eigenschaften von PHB-Blends erstreckt sich von Klebern bis Hartgummi.

**Cellulosekunststoffe:** Kunststoffe auf Cellulosebasis werden üblicherweise aus Baumwolle durch Veresterung, beispielsweise mit Essigsäure, hergestellt. Als bekannteste Cellulosederivate gelten Celluloseacetat, Celluloseacetopropionat und Celluloseacetobutyrat. Cellulosekunststoffe, die für Folien, Werkzeuggriffe, oder bruchsichere Sportbrillen zum Einsatz kommen, sind in der Regel witterungsbeständig, transparent, zähelastisch und thermoplastisch.

**Vollsynthetische biologisch abbaubare Werkstoffe:** Heute werden auch biologisch abbaubare Kunststoffe aus fossilen Rohstoffquellen entwickelt. Sie werden zur Herstellung transparenter Folien und auch für die Zusammensetzung (Compoundierung) mit thermoplastischer Stärke oder mit PLA gebraucht. Diese compoundierten Biokunststoffe auf Stärkebasis besitzen zurzeit den grössten Marktanteil. Sie werden hauptsächlich für abbaubare Folienprodukte eingesetzt.

### 6.3.3 Eigenschaften und Kompostierbarkeit von Biokunststoffen

#### Eigenschaften

Es gibt mittlerweile eine Vielzahl von Arten von Biokunststoffen und Verpackungen. Technisch ist fast alles möglich; etabliert sind die Anwendungen für Tragtaschen, Schalen für Pralinen, Obst, Gemüse, Fleisch und Eier, Becher für Molkereiprodukte, Flaschen, Netze oder Beutel für Obst und Gemüse.

Biokunststoffe sind in ihrer Verarbeitung und Eigenschaften sehr ähnlich wie herkömmliche Kunststoffe (Kunststoffe, zu deren Herstellung keine nachwachsenden Rohstoffe verwendet werden). Oft können sie auf denselben Maschinen verarbeitet werden, wie herkömmliche Kunststoffe.

Die meisten Biokunststoffe sind nicht wasserlöslich und sind deshalb, im Gegensatz zu Papier und Karton, auch zum Verpacken von feuchtigkeitsabsondernden Lebensmitteln geeignet. Packstoffe aus Biokunststoffen mit Sperrwirkung und Aromadichte sind ebenfalls verfügbar. Der Biokunststoff Mater Bi<sup>TM</sup> von Novamont (hergestellt aus Maisstärke, Erdöl und Additiven) weist andere Eigenschaften als Polyethylen auf, es sieht anders aus und fühlt sich anders an. Es weist eine höhere Wasserdampfdurchlässigkeit als Polyethylen auf und eignet sich daher besonders gut für das Einpacken von Gemüse und Obst.

Die Haltbarkeit kann je nach Zusätzen verändert werden und reicht von schnell biologisch abbaubar bis jahrelang haltbar. Natura Packaging gibt zum Beispiel die Haltbarkeit ihrer Verpackungen „Naturaflex“ aus PLA bei trockener Lagerung mit zwei Jahren an (Fischbach 2006).

#### Kompostierbarkeit

Aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellte Verpackungen sind nicht per se kompostierbar. Auch ist der Begriff „kompostierbar“ nicht rechtlich geschützt. Deshalb wurde das Label „Keimling“ eingeführt, welches nach den Normen EN 13432 (EU) oder DIN V 54900 (D) zertifizierte kompostierbare Produkte tragen (Abbildung 5: Das Label „Keimling“ steht für Kompostierbarkeit nach EN 13432 oder DIN V 54900).

**Tabelle 2: Übersicht Nachwachsende Rohstoffe: Anwendungsbereiche Vor- und Nachteile (ökologische und soziale Aspekte)**

<b>Rohstoff/ Material</b>	<b>Aus was ge- wonnen</b>	<b>Materialeigenschaften</b>	<b>Anwendungsbereiche</b>	<b>Kompostierbarkeit</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Holz</b>	Buchen, Pap- pelholz	Geschmacksneutral und wasserfest (Beschichtung mit bioabbaubarem Wachs)	Holzkisten, und –kistchen (Pilze, Obst); Einweg- besteck, Holzsteller	Grundsätzlich ja	Ungenutzte Roh- stoffvorkommen vorhanden	Teilweise Abhol- zung oder nicht nachhaltige Waldwirtschaft
<b>Papier</b>	Holz/Zellstoff oder RC-Papier	Leicht, nicht stabil, gut bedruckbar, nicht wasser- fest (ausser es wird be- schichtet)	Papierbeutel in allen Variationen für trockene Produkte, Bestandteil von Verbundstoffen, Wachs- papier (beschichtet) für Käse, Fleisch etc.	Grundsätzlich ja (nicht bei nicht biologisch abbaubarer Beschich- tung)	Ungenutzte Roh- stoffvorkommen vorhanden	Teilweise Abhol- zung oder nicht nachhaltige Waldwirtschaft
<b>Karton</b>	Holz/Zellstoff oder RC-Papier oder RC-Karton	Leicht, stabil, gut bedruck- bar, nicht wasserfest (aus- ser es wird beschichtet)	Kisten, Schachteln, Ein- weggeschirr	Teilweise	Ungenutzte Roh- stoffvorkommen vorhanden	Teilweise Abhol- zung oder nicht nachhaltige Waldwirtschaft
<b>Chinagrass</b>	Zuckerrohr (Fa- sern), Palmen (Fasern)	Geschmacksneutral, feuchtigkeitsbeständig, hitzeresistent und mikro- wellen-tauglich	Einweggeschirr, Verpa- ckung, Becher	Kompostierung in Pri- vatgärten und in profes- sionellen Grossanlagen; nicht in öffentliche Grünabfuhr	Sinnvolle Nutzung vorhandener Rest- produkte der Zu- ckerherstellung; bisher nicht genutz- te Rohstoffvorkom- men vorhanden	

Rohstoff	Ausgangsmat.	Materialeigenschaften	Anwendungsbereiche	Kompostierbarkeit	Vorteile	Nachteile
<b>Palmbblätter</b>	Nusspalme, abgeworfene Blattscheiden	Sehr stabiles Material, geschmacksneutral, wasserdicht, hitzebeständig bis 220 Grad, mikrowellentauglich	Einweggeschirr (Mehrfachnutzung möglich), Verpackungen, Dekorationsschalen	Kompostierung in Privatgärten und in professionellen Grossanlagen; nicht in öffentliche Grünabfuhr	Sinnvolle Nutzung vorhandener Restprodukte; sozial nachhaltiges Projekt	Relativ schwer
<b>Stärke</b>	Mais, Rüben, Kartoffeln, Weizen	Überall verfügbar, kostengünstig; breites Einsatzspektrum	Verschiedene Biokunststoffe; Füllstoffe, Beschichtungen für Einweggeschirr	Kompostierung in Privatgärten und in professionellen Grossanlagen; nicht in öffentliche Grünabfuhr	Schnell nachwachsender Rohstoff; zurzeit Überproduktion	Anbau von Mais intensiv, Pestizid- und Düngereinsatz; teilweise GVO
<b>Zellulose</b>	Holz, Baumwolle, div. Pflanzen	Grosses Vorkommen auf der ganzen Erde, hohe Zähigkeit der Fasern, hohe Transparenz der Zellophan-Folie	Komponente für Biokunststoff, Einweggeschirr, Verpackungen, Folienbeutel, Tragtaschen	Kompostierung in Privatgärten und in professionellen Grossanlagen; nicht in öffentliche Grünabfuhr	Ungenutzte Rohstoffvorkommen vorhanden	Nachhaltige Waldnutzung muss vorhanden sein
<b>FKuR</b>	Zellulose, Kalk u.a.	Kann besser verarbeitet werden als Zellulose	Folien, Besteck (gespritzt)	Kompostierung in Grossanlagen; nicht in öffentliche Grünabfuhr und privater Kompost	Ungenutzte Rohstoffvorkommen vorhanden (Holz, Zellulose)	Nachhaltige Waldnutzung muss vorhanden sein
<b>Zucker</b>	Zuckerrüben, Zuckerrohr		Polymilchsäure, Biokunststoffe, Beschichtungen	Grundsätzlich ja, nicht öffentliche Grünabfuhr	Schnell wachsender nachwachsender Rohstoff	Potentiell auch Lebensmittel; soziale Nachhaltigkeit?
<b>Lactose</b>	Molke	Abfallprodukt der Milchverarbeitung*	Biokunststoffe	Grundsätzlich ja	Sinnvolle Nutzung eines Abfallproduktes	



**Abbildung 5: Das Label „Keimling“ steht für Kompostierbarkeit nach EN 13432 oder DIN V 54900**




Diese Normen regeln die standardisierten Testverfahren, in denen die Umgebungsbedingungen und Geschwindigkeit des biologischen Abbaus bestimmt werden müssen. Der biologische Abbau muss unter optimalen Bedingungen innert 6-10 Wochen stattfinden

Die meisten Biokunststoffe sind nach dieser Norm biologisch abbaubar und somit kompostierbar (siehe Tabelle 3).


Das Label können sowohl Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen bekommen, als auch solche, die ganz oder teilweise aus fossilen Rohstoffen hergestellt werden. Dieses Label ist vor allem wichtig für die Akzeptanz in kommunalen Grüngutsammlungen.

In der Schweiz gibt es einen Konsens für die Bezeichnung von BAW-Produkten zwischen Coop, Migros, Städteverband, Stiftung Praktischer Umweltschutz Schweiz, Verband Kompost- und Vergärwerke Schweiz und Kompostforum (Coop *et al.*, 2004). Tabelle 3 „hat den Charakter einer Empfehlung und richtet sich an Hersteller und Verkäufer von Produkten aus biologisch abbaubaren Werkstoffen (BAW).“

**Tabelle 3: Schweizer Konsens für die Bezeichnung von BAW-Produkten**

Produkteart	Akzeptanz in der kommunalen Grüngutschiene	Begründung	Bezeichnung des Produkts
Compobag	Ja, sofern DIN 54900 zertifiziert	als subsidiäres Sammelgebilde für Grüngut, wo keine Container zur Verfügung stehen.	-Gitterdruck weiss ( evtl. als Kombination kleiner Waben) -Hinweis auf DIN 54900 Zertifizierung -kompostierbar 
Frucht- und Gemüseverpackung in Sackform	Ja, sofern DIN 54900 zertifiziert.	Kann als Sammelgebilde für Grüngut eingesetzt werden	-Gitterdruck -Hinweis auf DIN 54900 Zertifizierung -kompostierbar 
Geschirr Getränkebecher Besteck	Grundsätzlich nein, lokale oder situative Ausnahmen sind möglich (z.B. einheitliche Chargen von Veranstaltungen)	Sehr heterogen Praxis in Kompostanlagen. Verwechslungsgefahr mit nicht kompostierbarem Geschirr Für Sammeldienst nicht sofort erkennbar, ob BAW oder nicht	-biologisch abbaubar -Aus nachwachsenden Rohstoffen -Hinweis auf DIN 54900 Zertifizierung 
Fleischverpackungen	Nein	Verwechslungsgefahr mit nichtkompostierbaren Fleischverpackungen Hygiene/Qualitätsaspekte	-aus nachwachsenden Rohstoffen

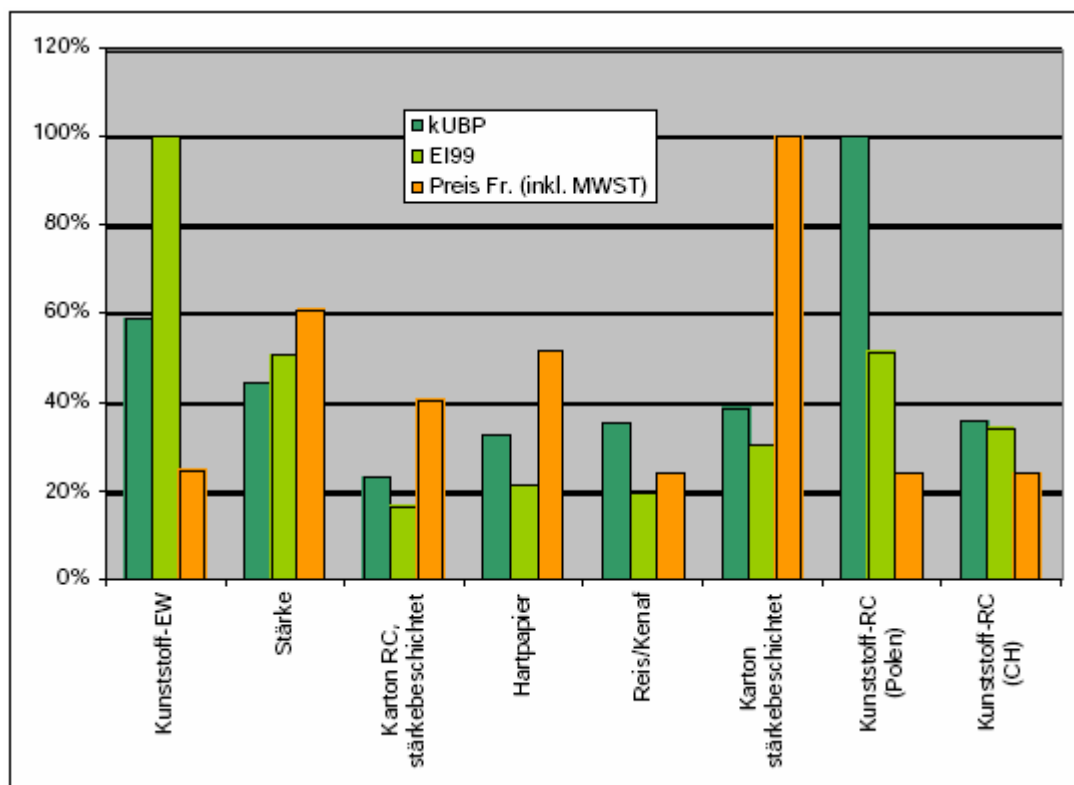


Produkte im Zusammenhang mit Garten (Töpfe etc)	Ja, sofern DIN 54900 zertifiziert.  Die Kompostanlagen machen unterschiedliche Erfahrungen mit diesen Produkten. Teilweise bauen sich die Produkte offenbar schlecht ab.	Ist nahe bei klassischen Grüngutabfällen, geringe Verwechslungsgefahr	-aus nachwachsenden Rohstoffen -verrottbar -sofern DIN zertifiziert: -kompostierbar  -Hinweis auf DIN 54900  <i>Nach Möglichkeit sind diese Produkte farblich und bezüglich Oberflächenstruktur zu differenzieren im Vergleich zu konventionellen Plastiktöpfen</i>
Produkte aus dem Körperpflege/Hygienebereich (Windeln etc., Robidogsäcke)	Nein	Vorsorge vor negativen Qualitätseinflüssen in der Kompostqualität	-aus nachwachsenden Rohstoffen

### 6.3.4 Beurteilung der Umweltverträglichkeit/Ökobilanz von Biokunststoffen

Eine zentrale Frage ist, ob Biokunststoffe in einer umfassenden Ökobilanz von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung bzw. Kompostierung - wie intuitiv erwartet - tatsächlich besser abschneiden als herkömmliche Kunststoffe. Denn auch die Biokunststoffe brauchen Land, Pestizide und Dünger bei der Rohstoffproduktion, Energie und Wasser bei der Herstellung und Transport und produzieren Abfall und Abwässer. Dazu wurden verschiedene Ökobilanzen erstellt.

Die Carbotech AG hat für die Schweizerische Landesausstellung „Expo.02“ vergleichende Ökobilanzen für Wegwerfgeschirr berechnet (Dinkel und Waldeck, 1999; Dinkel und Franov, 2001). Der ökologische und ökonomische Vergleich umfasste ein Einheitsgedeck aus Teller, Suppenschale, drei Bechern und ein Besteckset. Die Systemgrenzen der Stoff- und Energieflüsse waren die Rohstoffbereitstellung bis Recycling oder Entsorgung. Generell wurde ein Schweizer Strommix angenommen, nur für Recycling-Kunststoff wurde auch eine Variante für die Herstellung in Polen berechnet. Im Preis wurden die Entsorgungskosten nicht miteinbezogen, da sie nur etwa 10% der Materialkosten ausmachen. Für die Entsorgung des biologisch abbaubaren Geschirrs wurde Kompostierung angenommen. Dabei wurde der Hinweis gegeben, dass die Verwertung in einer Biogasanlage ökologisch noch vorteilhafter wäre und die Verbrennung in einer Kehrichtverbrennungsanlage unvorteilhafter. Die Berechnungen zeigen (siehe Abbildung 6), dass Geschirr aus Einwegkunststoff oder Recycling-Kunststoff (Herstellung in Polen) die Umwelt weitaus am stärksten belastet; Geschirr aus Stärke schneidet diesbezüglich nur wenig besser ab. Etwa um einen Faktor zwei weniger belastet Geschirr aus Hartpapier, Karton (stärkebeschichtet), Recycling-Kunststoff (Herstellung in der Schweiz) oder Reis/Kenaf die Umwelt, wobei die Unterschiede zwischen diesen Materialien gering sind. Empfohlen wurden stärkebeschichteter Recyclingkarton, Recycling-Kunststoff (Schweiz) und Reis/Kenaf.



**Abbildung 6: Vergleich der Umweltbelastungen und Preise der verschiedenen Geschirrtypen, normiert auf maximale Umweltbelastung/ Preis. kUBP=Umweltbelastungspunkte nach der Methode der ökologischen Knappheit, EI99=Eco-Indicator 99 – Punkte, EW=Einweg, RC= rezykliert, CH=schweizer Strommix (Dinkel und Waldeck, 1999; Dinkel und Franov, 2001)**

Eine weitere Studie von Dinkel (2004) beschränkte sich diesmal auf Becher und sollte insbesondere die Frage beantworten, ob bei Grossveranstaltungen kompostierbare Becher aus PLA ökologisch sinnvoller sind als Einwegbecher aus Karton oder herkömmlichen Plastik bzw. als Mehrwegbecher. Das Resultat dieser – nicht umfassenden (?) Ökobilanz zeigte sehr grosse ökologische Vorteile von (Plastik)Mehrwegbechern gegenüber allen anderen Einwegbechern. Bei den Einwegbechern schnitten Becher aus Karton oder Recyclingkarton besser ab als die untersuchten Becher aus PLA, Polystyrol und PET (Dinkel, 2004), siehe Abbildung 7. Dieses Resultat ist allerdings nicht unumstritten, denn es sei ein zu hoher Rücklauf der Mehrwegbecher angenommen worden (Scholz und Spielmann, 2004). Die durchschnittliche Anzahl der Wiederverwendungen der Mehrwegbecher wurde von der Betreiberin des Mehrwegbechersystems mit 150 angegeben. Mit der Annahme von durchschnittlich 50 Wiederverwendungen änderte sich die Reihenfolge der Empfehlungen nicht. Jedoch würde bei einem Umlauf von 10-25, was ein Erfahrungswert von anderen Veranstaltern ist, die Becher aus PLA ökologisch von der Größenordnung her nicht schlechter sein als die Mehrwegbecher (Scholz und Spielmann 2004). Die hohen Umweltbelastungen der PLA-Becher sind auf die Herstellung zurückzuführen, wie in Abbildung 8 ersichtlich ist. Diese ergeben sich durch die Stärkeproduktion und die Umwandlung der Stärke in Milchsäure und Polymilchsäure (PLA). Bei dieser Produktion spielt die Abwasserbehandlung und die benötigte fossile Energie zur Produktion von PLA aus Mais eine wesentliche Rolle. Systemgrenzen der Stoff- und Energieflüsse waren in dieser Studie die Rohstoffbereitstellung bis Recycling oder Entsorgung, Schweizer Strommix, bei der Kompostierung wurde auch die Auswirkung als Düngersatz mitbetrachtet.

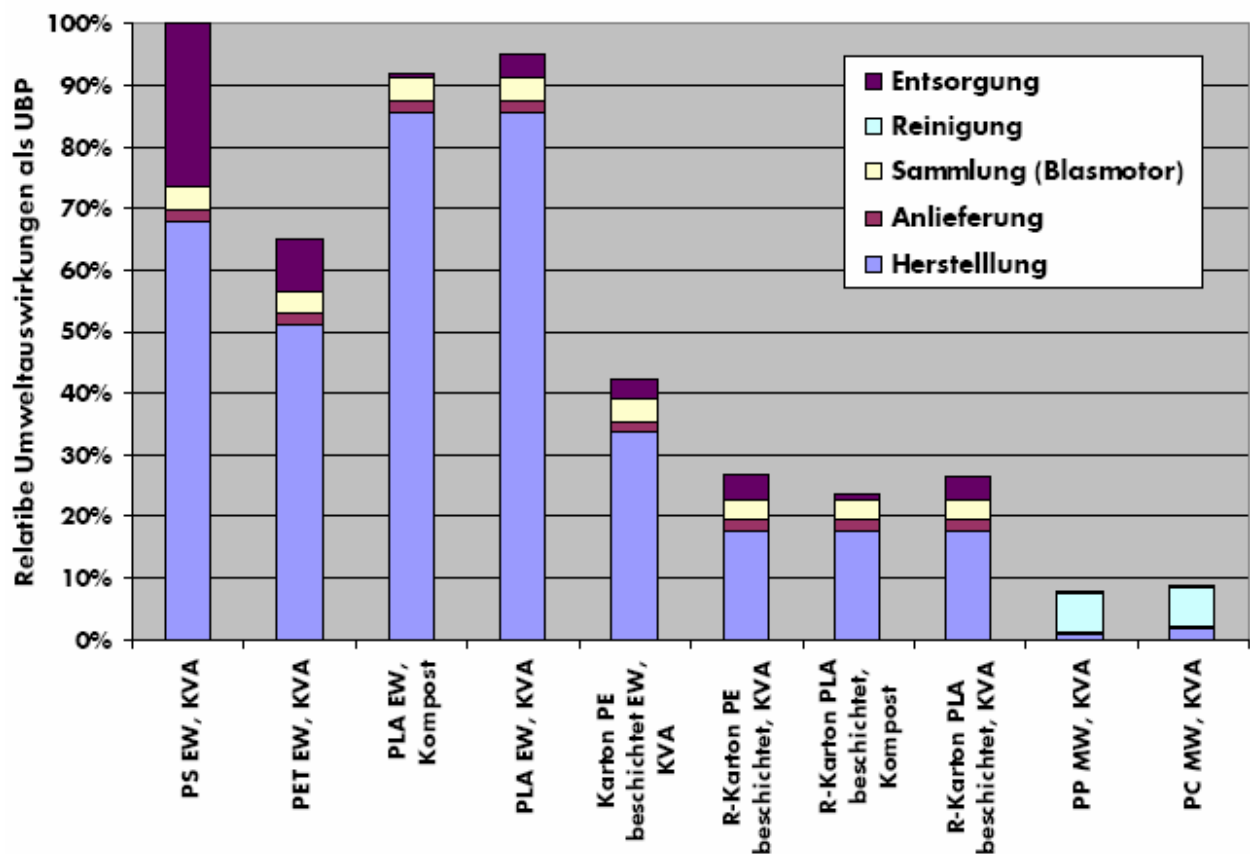
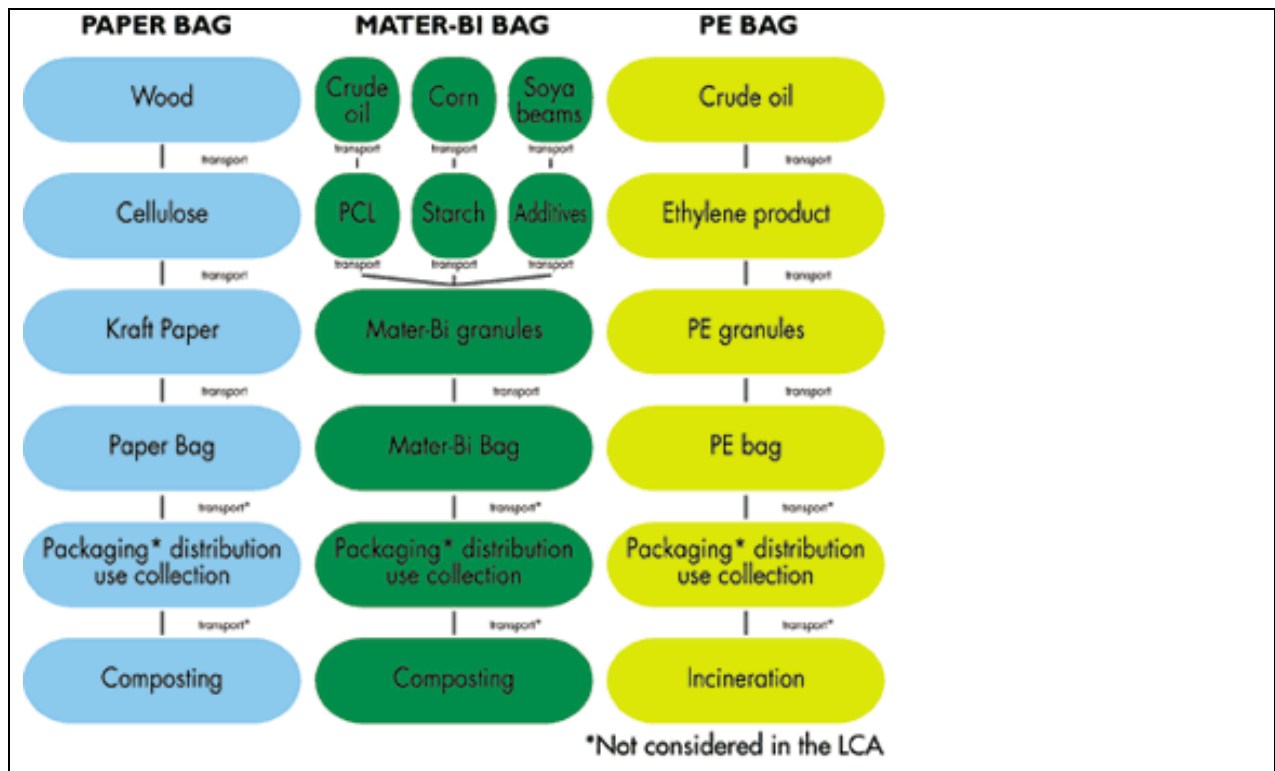


Abbildung 7: Relative Umweltauswirkungen gemessen in UBP 97 der verschiedenen Bechervarianten (Dinkel 2004). Die höchste Umweltauswirkung wurde auf 100% normiert. PS=Polystyrol, EW=Einweg, KVA=Kehrichtverbrennungsanlage, PET=Polyethylenterephthalat, PLA=Polymilchsäure, R=rezykliert, PE=Polyethylen, PP=Polypropylen, MW=Mehrweg, PC=Polycarbonat (Dinkel, 2004)

Novamont hat zwei Ökobilanzen in Auftrag gegeben und bei einem Projekt zur „Environmental Product Declaration“ in Italien mitgearbeitet (Novamont, ; Novamont, ; Marini, 2006; 2006). Die Ökobilanz für Tüten fiel grösstenteils positiv für Mater-Bi aus (Abbildung 8). Die dabei verwendeten Ökobilanzmethoden waren das „veränderte einflussorientierte Modell“ und Eco-Indicator 95. Die Schlussfolgerung war, dass die Verwendung der Säcke (Sekundärgebilde) dann ökologisch sinnvoll ist, wenn dadurch die Reinigung des Komposteimers (Primärgebilde) reduziert werden kann. Die erste BAW-Ökobilanz nach ISO 14040 mit externem Gutachten weist für Mater-Bi Säcke geringere Umweltbelastungen aus als für kompostierbare Papiersäcke der gleichen Funktion. In der Information zur zweiten Ökobilanzstudie schreibt Novamont, dass „Loosefill“-Mater-Bi im Vergleich mit EPS (Polystyrol, zu Chips geschäumt) einen geringeren Energieverbrauch und einen geringeren Beitrag zum Treibhauseffekt aufweist (Novamont).



**Abbildung 8: Lebenszyklus von Verpackungen aus Papier, Mater-Bi, (ein Biokunststoff) und Polyethylen (Novamont)**

Eine grosse vergleichende Ökobilanzstudie für Getränkeverpackungen mit Berichten in den Jahren 2000 und 2002 berücksichtigte Biokunststoffe nicht, da sie noch zuwenig verbreitet waren (Plinke *et al.*, 2000; Schonert *et al.*, 2002).

Bei der Produktion von Biokunststoffen sind meist noch ökologische Verbesserungen möglich. Nature Works (Konzern Cargill Dow) ist daran, die Ökobilanz der PLA-Produktion zu verbessern. Dies umfasst effizientere Prozesse, effizientere Energieausnutzung, Ersatz von nicht-erneuerbarer Energie für die Produktion mit Elektrizität aus Wind, Biomasse und Solarenergie, Ersatz der Rohstoffe durch vorhandene (Abfall)Rohstoffe wie Stroh, Bagasse (Zuckerrohrfasern, Gras, Maisreste, Reststoffe der Papierproduktion (Vink *et al.*, 2003; Vink *et al.*, 2004; Vink, 2007). Es scheint so, dass sich Nature Works bewusst ist, dass die PLA und „Biokunststoffe“ langfristig nur als ökologischer verkauft werden können, wenn sie dies auch wirklich sind.

Eine weitere Ökobilanzstudie verglich vier Becher aus verschiedenen Materialien (wieder verwendbar aus Polycarbonat, Einweg aus Polypropylen, aus Karton mit PE-Beschichtung und aus Polymilchsäure) (Vercalsteren *et al.*, 2006). Die verwendete Methode war Eco Indicator 99. Dabei berücksichtigte sie zwei verschiedene Szenarien. Das eine ist ein kleiner Event mit 2000-5000 Besuchern, der drinnen stattfindet, das andere ein grosser Event mit mehr als 30'000 Besuchern, der draussen stattfindet. Die durchschnittliche Anzahl der Wiederverwendungen wurde für kleine Events als 45 angenommen, für die grossen Events mit 20. In der Sensitivitätsanalyse wurden dieselben Zahlen mit 100 (bester Fall), 14 (schlechtester Fall) und 40 (bester Fall), 7 (schlechtester Fall) angenommen. Es wurde kein klares Resultat für eine Bechervariante bezüglich Umweltverträglichkeit gefunden.

Diese Resultate und Diskussionen zeigen, dass die Aussagen von Ökobilanzen immer auf die jeweilige Situation (Annahmen, Systemgrenzen) und das jeweilige Produkt Ökobilanzen bezo-

gen werden müssen. Deshalb ist es auch schwierig, Ökobilanzen miteinander zu vergleichen. Die Systemgrenzen sind meist nicht dieselben, oft werden keine gemeinsamen Produkte miteinander verglichen, das Berechnungsjahr, die Herkunft der Rohstoffe, der Strommix sind meist verschieden und nicht direkt miteinander vergleichbar. Die Aussagen sind also entsprechend vorsichtig zu formulieren. Es gibt trotz dieser Vorbehalten einige Reviews über Ökobilanzen im Bereich der biologisch abbaubaren Kunststoffe.

In einem Review über Ökobilanzen im Bereich der biologisch abbaubaren Kunststoffe wurde festgestellt, dass trotz der Unsicherheiten und verschiedener Annahmen Biopolymere und Biowerkstoffe Vorteile für die Umwelt haben. Es wurden 20 Ökobilanzen untersucht, davon sieben mit stärkebasierenden Biokunststoffen, fünf mit PHA („polyhydroxyalkanoates“), zwei mit PLA, drei mit anderen Biopolymeren und drei mit Kompositkunststoffen mit Pflanzenfasern. Insbesondere Stärkepolymere zeigen Vorteile bezüglich dem Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen, verglichen mit herkömmlichen Kunststoffen. Keine der untersuchten Biopolymere war in allen Umweltkategorien besser als die Erdöl-Kunststoffvariante (Patel *et al.*, 2001; Narayan und Patel, Jahr unbekannt).

Die beiden Australier James und Grant (2004) untersuchten die Ökobilanzen von Plastiktüten, wobei sie abbaubare Kunststoffe mit alternativen Materialien wie HDPE, LDPE, PP, Papier und Stoff vergleichen. Ihre Arbeit enthält ausführliche Hintergrundinformationen zu den unterschiedlichen Kunststoffarten, deren Rohstoffzusammensetzung (erneuerbare/fossile Ressourcen), Herkunftsannahmen sowie Gebrauchsdaten. Für die Erstellung der Ökobilanzen wurden zudem genaue Systemgrenzen festgelegt, Verwertungs- bzw. Entsorgungswege aufgezeigt und einzelne Umweltauswirkungen wie der Treibhauseffekt oder die Eutrophierung gesondert dargestellt.

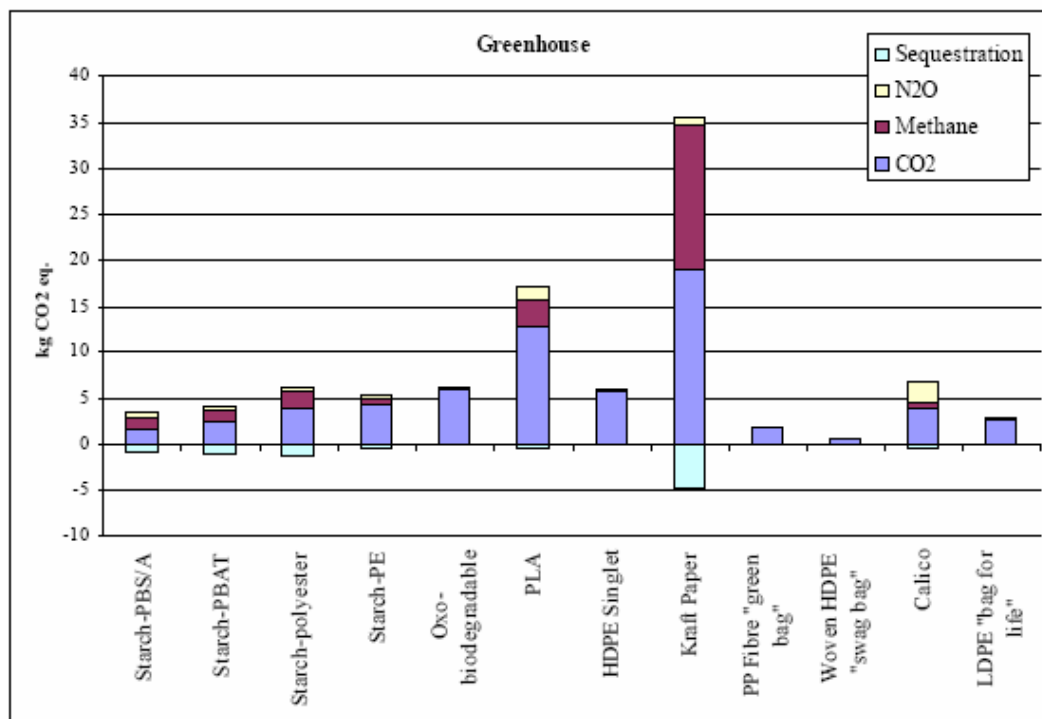


Abbildung 9: Treibhausgas-Emissionen für unterschiedliche Einkaufstüten (James und Grant, 2004)

Abbildung 9 zeigt, dass wieder verwendbare Einkaufstüten die geringsten Treibhausgas-Emissionen<sup>7</sup> aufweisen und auch gegenüber Alternativen aus abbaubaren Kunststoffen besser abschneiden. Eine tabellarische Bewertung der Materialien für Einkaufstüten im Anhang gibt nur einen kleinen Ausschnitt der vergleichbaren Kombinationsmöglichkeiten wieder. Es wurde darauf geachtet, dass jeweils ein abbaubarer Kunststoff mit einer herkömmlichen Alternative verglichen wird. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass alle Tüten aus abbaubaren Kunststoffen geringere Umweltauswirkungen aufweisen, als Einkaufstüten, die nur einmal benutzt werden. Durch eine Kompostverwertung können zusätzliche Treibhausgase eingespart werden (James und Grant, 2004).

Die Frage „Sind sie ökologisch gesehen sinnvoller als andere Verpackungen für dieselben Produkte?“ lässt sich aufgrund der vorliegenden Daten nicht eindeutig beantworten. Die Ergebnisse der Studien sind oft nicht vergleichbar und nicht auf die Schweiz oder die Fragestellung angepasst. Für eine Vergleichbarkeit der Daten sollte eine vergleichende Ökobilanzstudie angepasst an die Gegebenheiten durchgeführt werden. Ökobilanzen werden jeweils stark durch die Rahmenbedingungen beeinflusst. Ob also eine Ökobilanz beispielsweise für einen Grossverteiler oder für Quartierläden, für Schokolade- oder Karottenverpackung gerechnet wird, könnte ganz verschiedene Resultate ergeben.

### **6.3.5 Praxistauglichkeit und Akzeptanz von Biokunststoffen**

In den Jahren 2001 und 2002 wurde in Kassel ein Modellversuch durchgeführt, um die Praxistauglichkeit von Biokunststoffen zu untersuchen (Modellprojekt-kassel.de, 2003). Kassel hat etwa 200'000 Einwohner. Während des Versuchs kamen kompostierbare Verpackungen mit einem Gesamtgewicht von 31 Tonnen zum Einsatz.

„Seit Mai 2001 vertrieb der Kasseler Einzelhandel, darunter Lebensmittelketten wie Edeka, REWE und TEGUT ein Sortiment von kompostierbaren Verpackungen. Die Verpackungen sind von DIN Certco hinsichtlich der Kompostierbarkeit zertifiziert und von Interseroh für die Entsorgung gemäß Verpackungsverordnung lizenziert. Eine Kommunikationskampagne unter dem Motto "Der 6. Sinn" informierte die Verbraucher über das neue Verpackungsmaterial und motiviert sie, es nach Gebrauch in die Biotonne zu sortieren. Thematisches und visuelles Leitmotiv der Kampagne ist die Sechseck-Kennzeichnung. Eingebunden sind der städtische Entsorgungsbetrieb sowie lokale Presse- und Rundfunkmedien.

In der Verbraucherbefragung erreichen BAW-Produkte einen hohen Sympathiewert - die Idee kam sehr gut an. Auch die Produktzufriedenheit der Konsumenten war hoch: viele Kasseler Bürger hätten gerne mehr Produkte in den Verkaufsstellen vorgefunden, das Produktspektrum war noch zu gering. Ein größerer Teil der Befragten würde sogar einen signifikanten Mehrpreis für BAW-Verpackungen entrichten.

Als vorläufiges Resultat der Abfallanalytik war festzustellen: Der Anteil der Fehlwürfe in der Biotonne hat sich im Vergleich zur Nullanalyse vor Beginn des Projekts nicht signifikant verändert. Tendenziell war sogar eine leichte Abnahme des Störstoffgehaltes zu verzeichnen. BAW-Produkte wurden mehrheitlich über die Biotonne entsorgt. BAW-Kompost, auch das ist ein Ergebnis der Untersuchungen, eignet sich genauso gut zum Anbau von Feldfrüchten, wie norma-

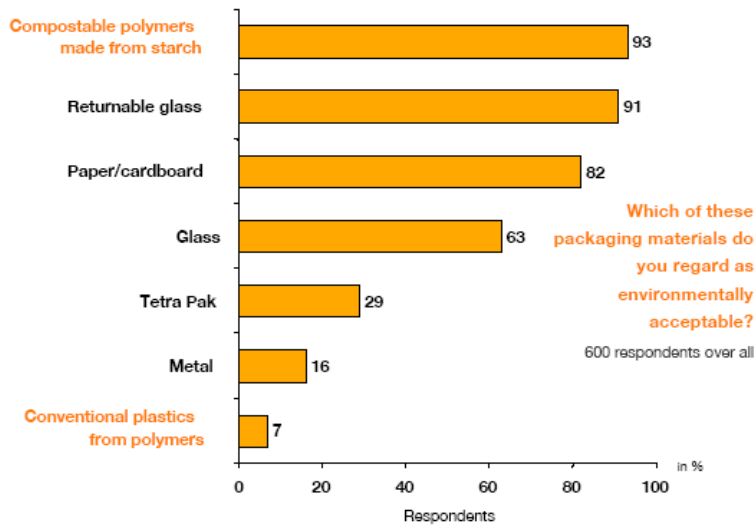
---

<sup>7</sup> Der Treibhauseffekt setzt sich aus den CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Strom- und Treibstoffverbrauch, den Methanaustritt während des anaeroben Abbaus und den N<sub>2</sub>O-Emissionen der Düngemittel (z.B. für Mais) zusammen.

ler gütegesicherter Kompost: der Ertrag von Chinakohl lag im Feldversuch auf gleich hohem Niveau.“ (Modellprojekt-kassel.de, 2003)

Die Abbildungen auf den folgenden zwei Seiten zeigen Umfrageresultate aus dem Kasseler Modellversuch (Modellprojekt-kassel.de, 2003).

Für Biotonnen/Grünabfalltonnen sind kompostierbare Säcke seit geraumer Zeit im Einsatz. Diese haben sich gut bewährt, sind praktisch (Tonne muss nicht mit Wasser gereinigt werden) und können gleich mit dem Grüngut zusammen kompostiert werden. Zur guten Erkennbarkeit sind sie mit Gitterdruck und/oder dem Label Keimling gekennzeichnet.

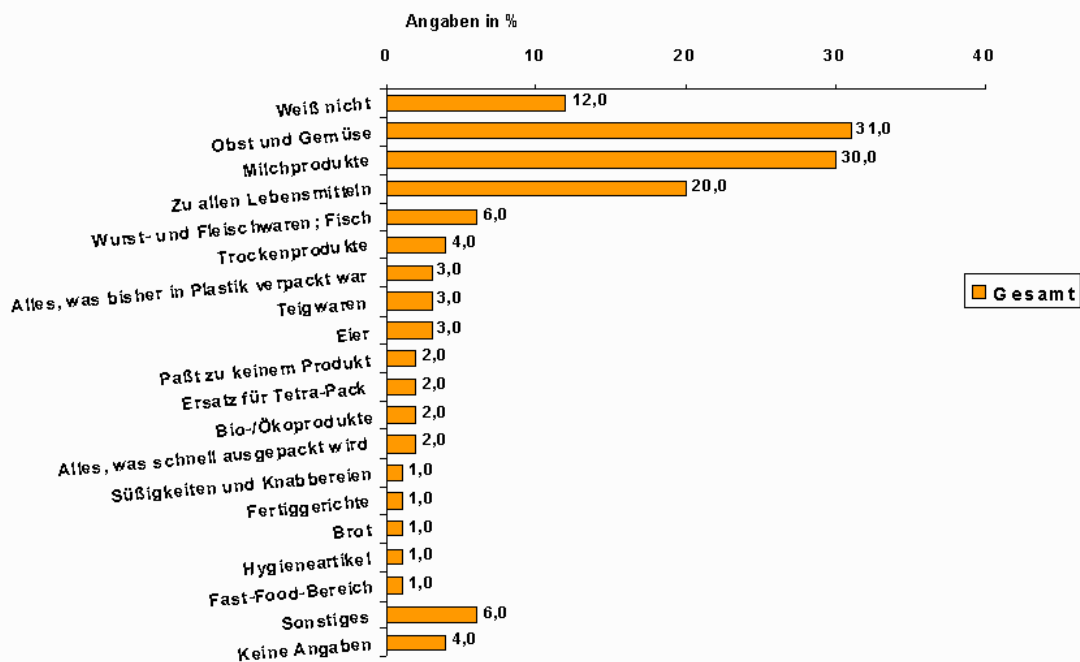


### Which of these packaging materials do you regard as environmentally acceptable?



BAW-Modellversuch Kassel – Haushaltsbefragung 2. Welle

Zu welchen Produkten würden kompostierbare Kunststoffverpackungen Ihrer Meinung nach besonders gut passen?



factx

### Zu welchen Produkten würden kompostierbare Kunststoffverpackungen Ihrer Meinung nach besonders gut passen?

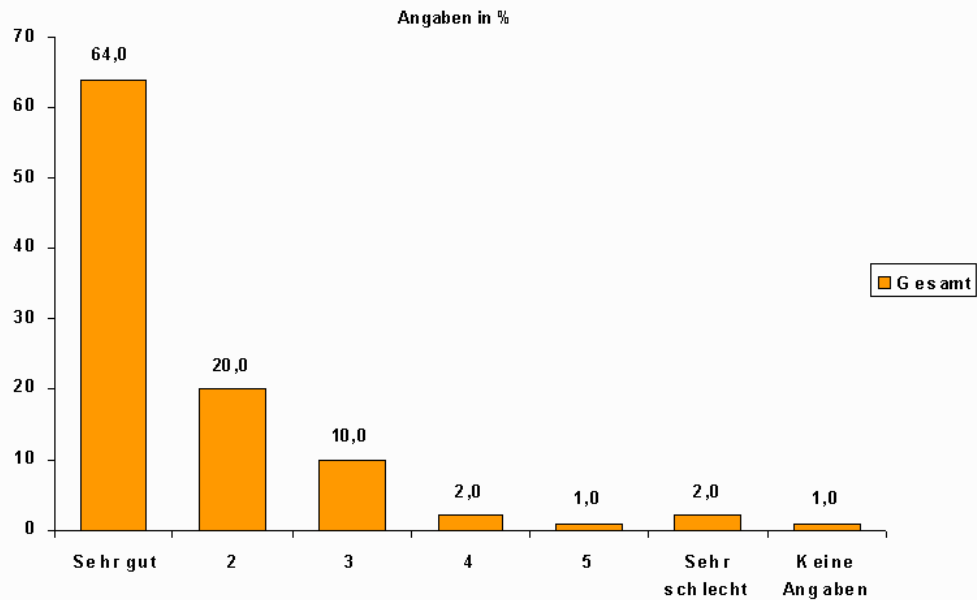




kompostierbar

BAW-Modellversuch Kassel – Haushaltsbefragung 2. Welle

Wie gut passen kompostierbare Kunststoffverpackungen Ihrer Meinung nach zu Bioprodukten?



factx

Wie gut passen kompostierbare Kunststoffverpackungen Ihrer Meinung nach zu Bioprodukten?



Wie haben Sie die Kunststoffverpackung nach Gebrauch entsorgt?

### 6.3.6 Kritische Punkte/Offene Fragen

#### Ist die Verwendung von Lebensmitteln für Verpackungen nachhaltig?

Mais- und Weizenstärke zur Herstellung der Kunststoffe werden aus potentiellen Nahrungsmitteln gewonnen. Für 100'000 Tonnen PLA-Kunststoff werden 240'000 Tonnen Weizen benötigt, der auf einer Fläche von 50'000 ha angebaut wird. Für Deutschland wird von einem Potential für kompostierbare Kunststoffe von einer Million Tonnen pro Jahr ausgegangen (Lörcks und Wenig, Jahr unbekannt). Für Europa wird von einem Potential von fünf Millionen Tonnen Biokunststoffen ausgegangen (Kaeb und Schnarr, 2005). Die Bioplastikherstellung würde also in Europa 2,5 Millionen Hektaren oder 25'000 km<sup>2</sup> Landwirtschaftsfläche benötigen. Solange die landwirtschaftlichen Produkte aus einem Land bezogen werden, wo diese Produkte im Überschuss vorhanden sind und sich alle Leute diese Produkte kaufen können, kann ethisch-sozial nichts dagegen sprechen. Werden jedoch die landwirtschaftlichen Rohstoffe (zunehmend auch für Treibstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen) aus Entwicklungs- oder Schwellenländern bezogen, was momentan beim globalisierten Markt üblich ist, kann dies zu einem gesellschaftlich-sozialen Problem führen und ist dann sozial nicht nachhaltig. Auch muss beachtet werden, auf welche Produktionsart die landwirtschaftlichen Kulturen angebaut werden. Um möglichst viel Rohstoff zu erhalten, ist die Anbauweise intensiv, d.h. mit einem hohen Pestizid, eventuell Wassereinsatz und somit auch Energieeinsatz verbunden. Dies wiederum widerspricht der Bioproduktion.

#### Verwendung von gentechnisch veränderten Organismen

Von BASF werden genetisch veränderte Kartoffeln gezüchtet, welche eine andere Zusammensetzung der Stärke aufweisen und so für die industrielle Weiterverarbeitung besonders interessant sein sollen (Wünn, 2006). Es ist anzunehmen, dass Forschung mit genetisch veränderten Pflanzen für leichtere industrielle Verarbeitung auch bei anderen Firmen und mit anderen Pflanzen stattfindet. Durch die vermehrte Nutzung von pflanzlichen Rohstoffen für die Biokunststoffherstellung könnte somit der Anbau von genetisch veränderten, in ihren Eigenschaften für die industrielle Verarbeitung optimierte, Pflanzen in der Landwirtschaft gefördert werden. In der biologischen Landwirtschaft wird weitestgehende Gentechnikfreiheit angestrebt. Wenn nun für die Gewinnung von Rohstoffen für die Herstellung von Verpackungen von Bio-Produkten vermehrt genetisch veränderte Pflanzen angebaut würden, könnte dies zu einem Zielkonflikt führen. Unter welchen Voraussetzungen ein Zielkonflikt vermieden werden kann, sollte vor einem mehrheitlichen Einsatz von Biokunststoffen für Verpackungen von Bioprodukten untersucht werden (beispielsweise Verzicht auf Verpackungen, die aus genetisch veränderten Organismen gewonnen werden, Deklarationspflicht für Rohstoffe aus GVO).

Theoretisch wäre es auch denkbar, Kunststoffe in Zukunft direkt von GVO (sowohl Einzeller, als auch Pflanzen) synthetisieren zu lassen. Es ist dann die zu lösende Frage, ob die Bioproduktion solche Verpackungen zulassen möchte (geschlossenes System ist etwas anderes als landwirtschaftliche System).

#### Kompostierbarkeit

Nicht alle Verpackungen aus NAWARO sind kompostierbar oder sie werden in den Kompostierwerken nicht angenommen. Dieser Teil des Lebenszyklus macht in der Ökobilanz aber nur einen kleinen Teil aus. Auch Verbrennung von Verpackungen aus NAWARO macht Sinn, da der Rohstoff CO<sub>2</sub>-neutral ist (nur wenn man Herstellungsenergie nicht berücksichtigt) und Energie gewonnen werden kann.

## Druckfarben

Bei der Prüfung der Kompostierbarkeit und biologischen Abbaubarkeit werden auch die Farben geprüft. Diese werden auf Wasserbasis hergestellt und enthalten keine kritischen Stoffe (z.B. Schwermetalle) (mündl. Auskunft Herr Burri, Pacovis, 18.6.2007; Internet natura packaging).

### 6.3.7 Fazit

Generell wird in den Bio Suisse Richtlinien der Einsatz von erneuerbaren und recycelbaren Materialien für Verpackungen gefordert. Dieser Grundsatz ist sicherlich anwendbar für die üblichen Verpackungen aus Papier, Karton, Holz etc.

Die Frage ist bei den relativ neuen Biokunststoffen, ob diese auch wirklich ökologischer Sinn in der Gesamt-Ökobilanz, ob sie praktikabel und sicher sind (Herstellung, Verarbeitung und Handel).

Verpackungen oder Einweggeschirr aus NAWARO/BAW erfreuen sich einer sehr guten Konsumentenakzeptanz. Es gibt wohl ein gutes Gefühl, eine solche Verpackung aus BAW in der Grüntonne zu entsorgen anstatt eine Plastikverpackung in den Kehricht zu werfen, dessen Umfang ja in den meisten Gemeinden der Schweiz auch bezahlt werden muss (Sackgebühr). Besonders passend werden sie für Produkte aus der biologischen Landwirtschaft gesehen. In den bisher durchgeführten Fallstudien wurde der Kommunikation der Entsorgungswege jeweils ein grosser Stellenwert beigemessen.

Die Herstellung, Verteilung und Entsorgung stellen kritische Punkte dar. Der Anbau von landwirtschaftlichen Produkten braucht auch Energie, Land, Pestizide, Dünger und Wasser. Die Herstellung der Grundkomponenten der Biokunststoffe (Stärke, Milchsäure etc) braucht auch viel Energie und Wasser, weshalb die Biokunststoffe in den betrachteten Ökobilanzen nicht generell besser abschneiden als herkömmlicher Plastik oder Recycling-Karton. Ökologisch ideal ist es, wenn Abfallprodukte der Land- und Forstwirtschaft oder Lebensmittelherstellung wie Holzabfälle, Pflanzenfasern (von Zuckerrohr, Palmen), oder Molke gebraucht werden können. Dann wird der Energieverbrauch für die Herstellung um einen Faktor 2-3 besser (mündl. Mitteilung Fredy Dinkel, Carbotech, 29.5. 2007). Die Herstellung von Verpackungen aus nachwachsenden Rohstoffen wird wahrscheinlich durch zunehmende Produktionskapazitäten (upscaling) und verbesserte Prozesse ökologisch und ökonomisch effizienter werden.

Wenn biologisch abbaubare Verpackungen verbrannt werden, schneiden sie in einer Ökobilanz marginal schlechter ab, als wenn sie kompostiert werden (auf den ganzen Lebenszyklus betrachtet macht es wenig aus). Es ist zu beachten, dass in der Schweiz nicht alle biologisch abbaubaren Verpackungen oder Einweggeschirr für die Kompostierung akzeptiert werden, die Vorbehalte liegen in den Bereichen der Verwechselbarkeit und Hygiene. Akzeptiert sind gekennzeichnete Verpackungen für Früchte und Gemüse in Sackform. Der vermehrte Einsatz von potentiell kompostierbaren Verpackungen (z.B. auch Plastikschalen) muss deshalb zunächst im bestehenden Gremium besprochen und beschlossen werden. Allerdings ist die Kompostierbarkeit nicht das wichtigste Kriterium, da dieser Abschnitt des Lebenszyklus in der Ökobilanz nur einen geringen Teil ausmacht.

Generell sollten auch nicht Karton, Papier oder andere gut eingeführte recycelbare oder Mehrweg-Verpackungen mit Bioplastik ersetzt werden.

**Tabelle 4: Zusammenfassung Kriterien und Bewertung von Biokunststoffen für Einsatz bei Verpackungen für Bioprodukte**

Kriterien für Einsatz von Biokunststoffen für Bioprodukte	Bewertung
Technologische Machbarkeit vom Material her	Gut, praktisch alle Anwendungen wie herkömmlich Kunststoffe; vielfältiges Angebot
Einsatzfähigkeit, Haltbarkeit	Gut; teilweise interessante Eigenschaften für Verpackungen
Produktsicherheit	Gut (?), ist Bedingung für Einsatz; hier nicht speziell abgeklärt
Akzeptanz KonsumentInnen	Gut; gibt gutes Gefühl
Ökologische Vorteile gegenüber herkömmlichen Kunststoffen; Ökobilanz über ganzen Lebenszyklus muss mindestens gleich gut sein	kommt im Detail auf konkretes Produkt darauf an; Größenordnung gleich; bei aktuellen Bioplastics nicht besser  Durch Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen werden Vorräte an fossilen Ressourcen geschont  Rohstoff an und für sich CO <sub>2</sub> -neutral, aber Herstellung braucht viel Energie
Rohstoffe dürfen nicht ökologisch bedenklich sein (konventionell-intensiver Anbau,...)*	Anbau zurzeit kaum biologisch?  Reststoffe: ökologisch am sinnvollsten; zum Teil noch in Forschung  Wälder können vermehrt genutzt werden (nach FSC-Standards)
Rohstoffe nicht aus oder mit Hilfe von GVO hergestellt*	Zurzeit wird Rohstoff Stärke oft aus GVO-Mais gewonnen. Deklaration und getrennte Warenflüsse fordern
Rohstoffe dürfen nicht sozial bedenklich sein *	Zurzeit zum Teil hohe Preise für Mais wegen hoher Nachfrage (u.a. Treibstoffe)
Kompostierbar, recycelbar	In der Regel sind Biokunststoffe kompostierbar; immer für Vergärung oder Verbrennung nutzbar
Akzeptanz Kompostierwerke CH	Teilweise; Problem der Verwechslung muss gelöst werden (Absprache, Kennzeichnung)
Ökonomische Vorteile gegenüber herkömmlichen Kunststoffen	Unabhängigkeit vom Rohstoffimport (wenn nachwachsender Rohstoff vom Inland)  Möglichkeit für dezentrale Produktion, Einkommensmöglichkeiten für Land- und Forstwirtschaft

\* Zertifikat wäre nötig für ökologisch und sozial unbedenkliche Rohstoffe für Verpackungen

## 7. Empfehlungen für Kriterien und Weisungen

Aus der Betrachtung all dieser Grundsätze und Kriterien schlagen wir folgende Kriterien/Prioritätenliste vor:

**Tabelle 5: Mögliche Kriterien für den Grundsatz „möglichst umweltschonende Verpackung“ in absteigender Priorität**

	Diskussionspunkte
1. Möglichst keine oder wenig Verpackung/leichte Verpackung	In heutiger Distribution über Supermärkte wird Verpackung eher mehr, da Bio klar von Konv. Getrennt sein muss; Bio ist teilweise mehr verpackt als konv.;
2. Vom Kunden mitgebrachte Behältnisse (Korb, Tüte, Tupperware): (v.a. in kleinen Bioläden, Markt, Hofverkauf möglich)	Problem Hygiene bei Milchprodukten, Fleisch (Selbstverantwortung Kunde, der saubere Gefässe mitbringen muss); kein Problem bei Obst, Gemüse, Trockenprodukten
3. Verpackungen mit Mehrwegsystemen (meist Einwegsystemen vorzuziehen) (Mehrwegglas, Mehrweg-Plastik-Flaschen, Mehrwegplastik-Umgebinde)	In Ökobilanzen MW meist besser
4. Verpackungen aus Monomaterialien (zur besseren Recyclierbarkeit)	Tendenz ist eher anders; in der CH wird Plastik von Verpackungen nicht recykliert
5. Verpackungen aus recycelten oder vorhandenen Rohstoffen wie Altpapier, Recycling-Kunststoff, Reststoffen aus Landwirtschaft und LM-Verarbeitung wie Fasern, Molke..	Bei steigenden Rohstoffpreisen wird dies auch finanzielle attraktiver
6. Verpackungen, welche recycelbar, biologisch abbaubar und/oder aus nachwachsenden Rohstoffen sind: Glas, Papier, Karton, PET; Holz, Bioplastics (Plastik aus nachwachsenden Rohstoffen), Palmblätter u.a. Unterkriterien: - Papier soll chlorfrei gebleicht sein - Möglichst Recyclingpapier - Holz und Holzrohstoffe (Cellulose, Papier, Karton) aus nachhaltiger Holznutzung (FCS) - Keine Verwendung von Gentechnik - Keine sozial bedenkliche Nutzung von Lebensmitteln für Verpackungen - Ökobilanz v.a. bei Bioplastics soll gleich gut oder besser sein wie herkömmliche Kunststoffe - Nicht Karton, Papier oder andere gut eingeführte recycelbare oder Mehrweg-Verpackungen mit Bioplastik ersetzen.	eigenes Kapitel; dort detaillierte Diskussion und Empfehlungen

**Tabelle 6: Mögliche Kriterien für den Grundsatz „keine Verunreinigung des Produktes durch Verpackung“**

	Diskussionspunkt
1. Neue und/oder saubere Verpackungen müssen benutzt werden	
2. Die Verpackung darf nicht mit Schadstoffen belastet sein, welche das Produkt beeinträchtigen/verunreinigen könnten/in das Produkt migrieren können, insbesondere achten auf Fungizide (Papiere, Karton, Holz wird damit behandelt), Leime (Etiketten), Farben (Druck)  Die aktuellen Empfehlungen des BAG und des BfR müssen eingehalten werden (zum Beispiel aktuell keine Phtalate in Deckeldichtungen)	Siehe Kapitel Rückstände  gilt allgemein für Lebensmittel – was ist speziell für Bio; muss alles mit Zusicherungen und Zertifikaten belegt werden?  Abhängig von Produkt, ob Stoff migriert und zu Schadstoff wird;  Vorgabe für Farben: Besonders auf kompostierbaren Materialien müssen die Farben auch biologisch abbaubar sein und keine Schwermetalle beinhalten
3. Verpackung muss an einem sauberen und trockenen Ort gelagert werden, der regelmässig auf Schädlinge kontrolliert wird. Verpackung muss vor jeder Schadstoffquelle geschützt werden (z.B. Schädlingsbekämpfungsmittel in Lagerhallen)	Gilt auch allgemein für Lebensmittel – was wollen wir speziell für Bio fordern. Es ist zwar klar, wird aber oft vergessen.

Aus diesen Kriterien lässt sich eine Bewertungsmatrix für den Vergleich verschiedener Verpackungen ableiten:

**Tabelle 7: Bewertungsmatrix für Vergleich verschiedener Verpackungen (Beispiel)**

Verpackung	Produkteschutz	Ökologie	Rückstandsfreiheit
xy	++	++	++
z	+++	+	++

Je mehr Kriterien erfüllt sind, umso besser wird es bewertet:

Kriterien Produkteschutz: Notwendiger Schutz des Lebensmittels vor Licht, Temperatur, Feuchtigkeit, Luftaustausch, mechanischer Schutz.

Kriterien Ökologie: so wenig Verpackung wie möglich; Mehrweg, Recycling oder Kompostierbarkeit; recycelte Materialien werden verwendet; Verwendung von nachwachsenden Materialien; Vorteile in der Gesamtökobilanz.

Kriterium Rückstandsfreiheit: Verpackung enthält keine potentiell gefährlichen Stoffe, die in das Lebensmittel migrieren können; möglichst inertes Material; Spezifikation der Verpackung überprüft und unbedenklich;

Diese Matrix wird im folgenden Kapitel bei Einzelfragen eingesetzt:

## 8. Fallbeispiele

### 8.1 Kaffee: Aluverpackung ja oder nein

#### 8.1.1 Ausgangslage

Ein Kaffeeproduktionsunternehmen stellte an die Bio Suisse den Antrag, die bisherige Verpackung PET-OPP-PE (Beutel) mit Rollenfolien mit Alu (Materialkombination PETP-ALU-PE) zu ersetzen. Sie begründet dies wie folgt:

- Produktionstechnisch: vollautomatische Abfüllstrasse, die mit Material ohne Alu sehr schlecht funktioniert
- Produktqualität (Information von La Semeuse): Durchlässigkeit für Wasserdampf und Sauerstoff ist bei Material ohne ALU 50-150 mal grösser und somit die Haltbarkeit dieses Kaffees schlechter.

Die Bio Suisse erlaubt Alu-Verbundfolien aus ökologischen Gründen nur wenn es für den Produktschutz unabdingbar ist. Sie entscheidet, dass dies hier nicht der Fall ist und lässt die Alu-Verbundfolie für die Verpackung von Kaffee nicht zu. Erlaubt sind Kunststoffverbundfolien, bei gemahlenem Kaffee auch mit Beschichtung mit SiO<sub>x</sub>.

Andere Bioverbände (Gäa) erlauben: Papier, gewachstes oder mit PE beschichtetes Papier, Glas, Textile Verpackungen, Kunststoffe PE und PP als Monomaterial und im Verbund mit PET-Aussenbeschichtung und Aluminiumbeschichtung, Weissblech, Jutesäcke (nicht mit Mineralöl imprägniert).

#### 8.1.2 Beurteilung der Verpackungsmöglichkeiten

Im Folgenden werden die zwei Möglichkeiten von Verpackungen von Kaffee gegenübergestellt:

**Tabelle 8: Beurteilung von Verpackungsmöglichkeiten von geröstetem Kaffee**

Verpackung	Produkteschutz	Ökologie	Rückstandsfreiheit
Beutel ohne ALU	++	++	++
Beutel mit ALU	+++	+	++

**Produkteschutz:** spricht eher für die Folie mit Alu. Alubeschichtung schützt vor Luft, Licht und Feuchtigkeit und behält die flüchtigen Aromen besser. Der Produkteschutz bei ganzen Bohnen ist aber auch ohne Alubeschichtung ausreichend.

**Ökologie:** Die Kriterien werden einzeln angeschaut:

Kriterium	Beutel ohne Alu	Beutel mit Alubeschichtung
Möglichst wenig Verpackung (Gewicht, Menge Material)	Beide etwa gleich	Beide etwa gleich
Mehrweg (wird wiederverwertet)	Nein, Einweg	Nein, Einweg
Material aus erneuerbarer oder recycelter Ressource	Nein, Erdöl endliche, nicht erneuerbare Ressource	Nein, Erdöl und Alu nicht erneuerbar; Alu recycelbar

Der Unterschied gemäss den untersuchten Kriterien ist nicht gross. Eine Ökobilanz habe ich nicht gefunden, vermutlich würde sie für die Alu-beschichtete Folie etwas schlechter ausfallen, da Aluminium in der Herstellung viel Energie braucht und mehr Emissionen verursacht. Es könnte aus der Verbundfolie recycelt werden, dies wird in der Schweiz aber nicht gemacht.

Bezüglich Rückständen gibt es vermutlich keine Unterschiede. Alu ist eher inerte als ein Kunststoffverbund. Zu achten ist bei der gerollten Folie auf Abklatsch.

### 8.1.3 Fazit

Die Bio Suisse hat die Entscheidung bereits getroffen und ich kann dies unterstützen. Wenn es bezüglich Produkteschutz nicht unbedingt nötig ist, sollte auf Alu verzichtet werden. Falls ein Recycling von Plastik und Alu-Verbundfolien auch in der Schweiz eingeführt werden sollte, müsste man sich die Beurteilung der ökologischen Kriterien nochmals ansehen. Denn es handelt sich im Vergleich zu anderen Ressourcenverbräuchen um sehr geringe Mengen Aluminium, die in der Verbundverpackung gebraucht werden und damit die Haltbarkeit der Lebensmittel steigern können (auch eine Ressourcenschonung).



## 8.2 Getränke, vor allem Bier: sollen Alu- oder Weissblechdosen zugelassen werden?

### 8.2.1 Ausgangslage

Für Getränke sind gemäss Weisungen Glas (Mehrweg und Einweg), Pet, PE und Tetrapack erlaubt. In der Produktion von Biobier sind bisher Glas (Mehrweg und Einweg) und Pet erlaubt. Es besteht von der Seite von Grossindustrie und –händlern der Wunsch nach Einweg-Alu oder Weissblechdosen für Getränke, vor allem Bier. Bisher sind diese in den Richtlinien/Weisungen klar ausgeschlossen, da es gute Alternativen gibt (Glas). Für Grossveranstaltungen (z.b. Euro 08) ist Glas aber in der Regel nicht erlaubt. Die Zulassung von Getränkedosen würden die Absatzmöglichkeiten somit vergrössern.

Das Thema der Verpackung von Biobier wurde im Rahmen einer Semesterarbeit eines Studenten der Umweltwissenschaften genauer untersucht. Er hat zu den Ökobilanzen eine Literaturstudie durchgeführt und zum Thema der Akzeptanz von Dosen für Biobier eine Befragung bei KonsumentInnen, Produzenten und Stakeholdern (Konsumenten- und Umweltorganisationen) durchgeführt. Im Folgenden werden die wichtigsten Resultate daraus vorgestellt:

### 8.2.2 Beurteilung der Verpackungsmöglichkeiten bei Biobier

Die verschiedenen Möglichkeiten werden gegenüber gestellt:

**Tabelle 9: Qualitative Beurteilung verschiedener Verpackungsmöglichkeiten von Bier nach verschiedenen Kriterien (Epprecht, 2007):**

- = Nachteile überwiegen Vorteile; +/- Vorteile und Nachteile etwa gleichwertig; + = Vorteile überwiegen Nachteile; ++ Vorteile überwiegen stark

Verpackung	Ökologie	Produzent	Konsument	Stakeholder
Aluminium	+/-	-	-	+/-
Weissblech	+/-	-	Nicht erfasst	+/-
Glas Mehrweg	++	++	++	++
Glas Einweg	-	+	+	+
Pet Normal	+	-	+/-	+/-
Pet Multilayer	-	+	+/-	-

#### Aluminium

Die Aluminiumdose scheint gemäss der gutachterlichen Beurteilung in Tabelle 9 nicht geeignet, um sie für Biobiere als Verpackungsgebilde zu bewilligen. Vor allem hat Aluminium ein schlechtes Image bei der Konsumentenschaft, den meisten Produzenten und weiteren befragten Stakeholdern. Es wird als unökologisch und nicht passend für ein hochwertiges, natürliches Produkt betrachtet. Bezüglich Ökologie schneidet die Aludose allerdings gar nicht so schlecht ab, jedenfalls sogar besser als das Einwegglas, das ja für Biobier auch erlaubt ist. Die Einführung von Aludosen für Biobier wäre also mit Risiken für das Image der Bioprodukte verbunden,

auch wenn sich die Umsätze steigern liessen. Bezüglich Produkteschutz bestehen bei Aluminium keinerlei Probleme. Es ist gut geeignet für die Verpackung von Bier, da Aluminium eine Barriere bildet für sämtliche Verunreinigungen.

### **Weissblech**

Zurzeit werden in der Schweiz keine Weissblechdosen für Bier verwendet. Ökologisch schneidet Weissblech geringfügig besser ab als Alu. Beim Recycling müsste der Aluminiumdeckel mit zusätzlichem Aufwand von der Weissblechdose getrennt werden. Bezüglich Image gilt dasselbe wie für die Aludose, da hier die Konsumenten und Stakeholder keine Unterscheidung machen. Eine Zulassung für Biobier scheint somit nicht sinnvoll.

### **PET**

Im Bereich der verschiedenen PET-Materialien und –Beschichtungen sind viele Entwicklungen im Gang (u.a. Nanotechnologie), sodass die Beurteilung nur den aktuellen Stand wiedergibt. Der Hauptnachteil von PET liegt im Produkteschutz. Aufgrund der höheren Gasdurchlässigkeit entweicht die Kohlensäure und die Lagerfähigkeit ist geringer als bei Glas und Aluminium. Da PET andere Vorteile aufweist wie geringes Gewicht, und es für Grossveranstaltungen im Gegensatz zu Glas erlaubt ist, wird an Beschichtungen gearbeitet, welche die Gasdurchlässigkeit verringern. Bezüglich Ökologie überwiegen bei normalem PET die Vorteile, bei PET Multilayer (mit verschiedenen Beschichtungen) hingegen die Nachteile.

Aus Petflaschen können grundsätzlich Stoffe wie Actaldehyd, Terephthalsäure oder Antimon, (Kantonales Laboratorium Bern, 2006; Neubauer, 2006; Bundesinstitut für Risikobewertung, 2007) in das eingefüllte Getränk übergehen; die gefundenen Mengen lagen allerdings im unbedenklichen Spurenbereich. Wärme, lange Lagerung und Sonnenlicht können die Rückstände erhöhen.

### **Glas Mehrweg und Einweg**

Glas ist das gebräuchlichste Gebinde für Bier. Farbige Glas eignet sich hervorragend zur Aufbewahrung von Bier, es ist geschmacklos, gasdicht und chemisch inert. Das Glas wird meist mittels Kronkorken verschlossen. Dieser besteht aus Blech und besitzt eine relativ umweltfreundliche Polyethyleneinlage. Bei Mehrwegglasflaschen ist neben dem Kronkorken ein Keramikverschluss, abgeschlossen durch eine Dichtungsgummierung üblich (umgangssprachlich die Bügelflasche). Beide Verschlüsse sind für die Produktequalität unbedenklich. Auch bei der Gummierung sind bisher keine Fälle von Verunreinigungen aufgetreten. Da das Bier normalerweise stehend gelagert wird, kommt das Bier in dieser Phase auch nicht mit dem Verschluss in Kontakt (Epprecht 2007). Es lässt sich sehr gut reinigen und ist für den Mehrweggebrauch sehr gut geeignet. Mehrwegglas schneidet bei allen Kategorien am besten ab; Einwegglas hat bezüglich Ökologie einen Nachteil, da in diesem System relativ viel Energie und Rohstoffe verbraucht werden.

## **8.2.3 Fazit und Empfehlung**

„Um eine fundierte Antwort auf die Zulassungsfrage geben zu können, müssen die Verpackungsmaterialien in ihrem Gesamtkontext und nicht nur einzeln betrachtet werden. Generell lässt sich nach dem Studium der Thematik festhalten, dass es mit der Mehrwegglasflasche ei-

nen eindeutigen Sieger gibt (immer zwei Pluspunkte in Tabelle 9: Qualitativer Vergleich der Verpackungssysteme). Dem ist aber anzumerken, dass dieses Resultat durch technische Neuerungen bei den anderen Systemen in Zukunft möglicherweise zu revidieren ist. Um eine momentan konsistente Argumentation bezüglich der Umweltfreundlichkeit der Materialien aufzubauen muss die Ausgangslage kritisch begutachtet werden: Im Moment sind die Mehrwegglasflasche (Bügelflasche) und die Einwegglasflasche im Einsatz. Die sehr lokale Distribution der Biere bevorteilt die Mehrwegflasche eklatant. Die Einwegglasflasche kommt zwar vor allem bei der gesamtschweizerischen Distribution zum Einsatz, doch ist auch hier die Distributionsentfernung nie mit denjenigen gewisser deutscher Bierproduzenten zu vergleichen. (...) Womit die Mehrwegglasflasche selbst gesamtschweizerisch eindeutige ökologische Vorteile besitzt. Der Legitimation für den Einsatz der Einwegglasflasche wird damit die Grundlage entzogen. In "Tabelle 9: Qualitativer Vergleich der Verpackungssysteme" sieht man, dass die Einwegglasflasche ein besseres Image besitzt, als von der ökologischen Seite eigentlich zu erwarten wäre. Aluminium mit dem schlechteren Image schneidet ökologisch gesehen besser ab und würde so betrachtet genauso gut angewendet werden können. Ist die Einwegglasflasche zugelassen, gibt es aus ökologischer Sicht keine Gründe, nicht auch Aluminiumdosen zuzulassen.

Die im Vordergrund stehende Frage dieser Arbeit über eine Zulassung von Aluminiumdosen müsste mit Ja beantwortet werden. Dieses Ja basiert aber nicht auf den Stärken der Aluminiumdose, sondern auf der Schwäche der bereits zugelassenen Einwegglasflasche.

Es gibt also zwei mögliche Szenarien für die Zulassungsfrage bei Bio Suisse:

- a. Die Aluminium- und die Weissblechdose wird zugelassen und dem Produzenten so die grösstmögliche Freiheit in der Verpackungswahl gegeben.
- b. Nur noch die Mehrwegglasflasche wird als Gebinde erlaubt und die Einwegglasflasche wird verboten. Aluminium und Weissblech bleibt weiterhin verboten. Diese Weisung entspräche den Richtlinien der anderen Bioverbänden, welche nur das Mehrweggebinde erlauben (siehe 4.1.1).

Welche der beiden Lösungen die bessere ist, kann wohl nicht abschliessend geklärt werden.

Die Frage die dazu beantwortet werden muss ist, wie sehr bei einem Bioprodukt auch die Verpackung "Bio" sein muss oder inwieweit sich diese Bezeichnung vor allem auf den Inhalt bezieht" (Zitat aus Semesterarbeit Epprecht, 2007).

## 8.3 Tetrapack: gibt es eine Alternative zur Beschichtung mit Alu?

### 8.3.1 Ausgangslage

Bio Suisse hat Getränkeverpackungen mit Alu (Tetrapack mit Alubeschichtung) zugelassen (Eistee, Zitrus-säfte, Apfelsaft, Fruchtsäfte), sofern dies für den Produkteschutz notwendig ist. Grundsätzlich werden Glas und PET bevorzugt. Es ist die Frage, ob für Tetrapack-Verpackung auf die Alu-Beschichtung verzichtet werden kann, und ob es Alternativen gibt.

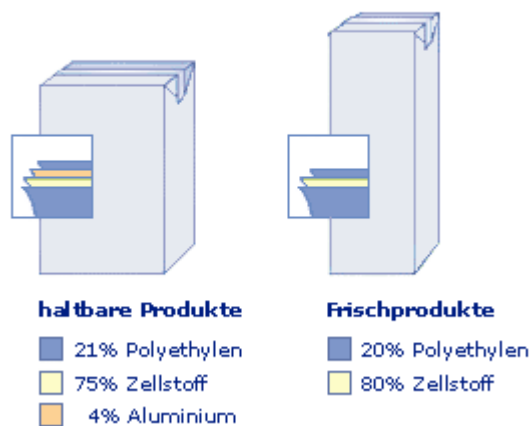
### 8.3.2 Infos zu Tetrapack, Entwicklungen

Tetrapack-Verpackungen bestehen aus drei bis fünf Schichten von verschiedenen Materialien, welche die Verpackung stabil machen und den Inhalt vor Licht und Sauerstoff schützen.

Haltbare Lebensmittel: 21 % Polyethylen (Beschichtung), 75 % Zellstoff (ungebleichter Karton) und 4 % Aluminium (Beschichtung)

Frischprodukte: 20 % Polyethylen, 80 % Zellstoff (Quelle: [www.tetrapack.de](http://www.tetrapack.de)).

#### Aufbau eines Getränkekartons



[www.tetrapack.de](http://www.tetrapack.de)

Es gibt verschiedenste Sorten von Tetrapack, je nach Anwendung und Anforderungen. Bei einer relativ neuen Verpackung „Tetra Wave Aseptic“ wurde die Aluminiumbeschichtung durch eine nicht metallische Laminatschicht aus PET und Siliziumoxyd (SiOx) mit ausgeprägten Eigenschaften einer Sauerstoffbarriere (allerdings nicht so stark ausgeprägt wie bei Alufolie) ersetzt. Produkte in dieser Art von Verpackung haben im Vergleich zu herkömmlichen TWA Verpackungen eine etwas geringere Haltbarkeit (Tetrapack). Diese Beschichtung wäre eventuell eine Möglichkeit, die Aluminiumschicht zu ersetzen.



Eine weitere Neuheit ist die Getränkedose mit dem Patentnamen „Lamican“. In der Schweiz wird damit bisher Apfelsaft (obi), Cannabis Ice Tea, Vanille- und Kakaomilch angeboten. Diese Dose wird sowohl mit als auch ohne Aluschicht angeboten. Sie wird als ökologisch und trendy gelobt, wegen des geringen Gewichts, dem hohen Kartonanteil, 100 % recycelbar.

## Literatur

Arnim von Gleich (2006). Nano. Chancen und Risiken einer mächtigen Technologie. Prospektive Technologiefolgenabschätzung. Präsentation. Universität Bremen Fachbereich Produktionstechnik.

BAG (2004). ESBO Fragen-Antworten. [www.bag.ch](http://www.bag.ch). 5.11.2004.

BfR (2006). Druckfarben in Lebensmitteln - Bewertung des Verbraucherrisikos wegen fehlender Daten nicht möglich, Bundesinstitut für Risikobewertung.  
[http://www.bfr.bund.de/cm/216/druckfarben\\_in\\_lebensmitteln\\_bewertung\\_des\\_verbraucherrisikos\\_wegen\\_fehlender\\_daten\\_nicht\\_moeglich.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/216/druckfarben_in_lebensmitteln_bewertung_des_verbraucherrisikos_wegen_fehlender_daten_nicht_moeglich.pdf).

Bio Suisse (2007). Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospeprodukten. Basel.

Bio Suisse (2007). Weisungen zu den Richtlinien Lizenznehmer und Hofverarbeiter. Basel.

Bioland (2007). Bioland Richtlinien. Mainz Deutschland, Bioland e.V.

Bundesinstitut für Risikobewertung (2004). XXXVI Papiere, Kartons und Pappen für den Lebensmittelkontakt. [http://bfr.zadi.de/SEARCH/BASIS/kse1/all/blob\\_dt/DDD/360DEUTSCH.pdf](http://bfr.zadi.de/SEARCH/BASIS/kse1/all/blob_dt/DDD/360DEUTSCH.pdf). 1.4.2006.

Bundesinstitut für Risikobewertung (2004). XXXVI/1 Koch- und Heissfilterpapiere und Filterschichten. [http://bfr.zadi.de/SEARCH/BASIS/kse1/all/blob\\_dt/DDD/361DEUTSCH.pdf](http://bfr.zadi.de/SEARCH/BASIS/kse1/all/blob_dt/DDD/361DEUTSCH.pdf).

Bundesinstitut für Risikobewertung (2005). Perfluorchemikalien in Papieren und Kartons für Lebensmittelverpackungen.  
[http://www.bfr.bund.de/cm/216/perfluorchemikalien\\_in\\_papieren\\_und\\_kartons\\_fuer\\_lebensmittelverpackungen.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/216/perfluorchemikalien_in_papieren_und_kartons_fuer_lebensmittelverpackungen.pdf).

Bundesinstitut für Risikobewertung (2007). Ausgewählte Fragen und Antworten zu PET-Flaschen. FAQ des BfR vom 10. September 2007.  
[http://www.bfr.bund.de/cm/276/ausgewaehlte\\_fragen\\_und\\_antworten\\_zu\\_pet\\_flaschen.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/276/ausgewaehlte_fragen_und_antworten_zu_pet_flaschen.pdf). 2007. 19.10.2007.

BUWAL (1998). Bewertung in Ökobilanzen mit der Methode der ökologischen Knappheit. Bern. Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft. Schriftenreihe Umwelt Nr. 279.

BUWAL (1998). Bewertung von Ökoinventaren für Verpackungen. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Schriftenreihe Umwelt Nr.300.

Coop, Migros, Städteverband, Stiftung-Praktischer-Umweltschutz, Verband-Kompost-und-Vergärwerke und Kompostforum (2004). Konsens für die Bezeichnung von BAW-Produkten.  
[http://www.vks-asic.ch/acrobatreader/Bez\\_BAW\\_Produnkte\\_2004\\_def.pdf](http://www.vks-asic.ch/acrobatreader/Bez_BAW_Produnkte_2004_def.pdf).

Danish Environmental Protection Agency (2001). Environmental Impact of Packaging Materials.

Demeter (2002). Richtlinie zur Verpackung von verarbeiteten Demetererzeugnissen.

- Deutsche Umwelthilfe e.V. (2007). Mehrweg schlägt Einweg. Wilhelmshorst, Stiftung Initiative Mehrweg.
- Dinkel, F. (2004). Ökologischer Vergleich: Einweg- Mehrwegbecher. Basel, Carbotech AG.
- Dinkel, F. und Franov, E. (2001). Ökologische Beurteilung verschiedener Geschirrtypen mit Empfehlungen - Update. Basel, Carbotech AG.
- Dinkel, F. und Waldeck, B. (1999). Ökologische Beurteilung verschiedener Geschirrtypen mit Empfehlungen. Basel, Carbotech AG.
- Epprecht, N. (2007). Gutachten zur zukünftigen Wahl des Verpackungsgebindes von Biobier. Semesterarbeit im Rahmen des Bachelorstudiengangs Umweltwissenschaften an der ETH Zürich.
- Etc-group (2004). Down on the farm. The impact of nano-scale technologies on food and agriculture. Ottawa. [http://www.etcgroup.org/upload/publication/80/01/etc\\_dotfarm2004.pdf](http://www.etcgroup.org/upload/publication/80/01/etc_dotfarm2004.pdf).
- Gäa (2006). Gäa-Richtlinien Verarbeitung. Dresden, Deutschland, Gäa e.V. Vereinigung ökologischer Landbau.
- General Administration of Quality Supervision China. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (2005). National Standard Organic Products China.
- Gesamtverband der deutschen Aluminiumindustrie (GDA) (Jahr unbekannt). Aluminium in der Verpackung. [www.alu.ch](http://www.alu.ch). Access 3.1. 2008.
- Hofer, B. (2006). Coop Haltung Nanotechnologien. Verabschiedet von der Coop Geschäftsleitung. Basel.
- IFOAM (2007). Benchmark of Standards Version 16. April 2007.
- James, K. und Grant, T. (2004). LCA of Degradable Plastic Bags. Center for Design at RMIT University.
- Kaeb, H. und Schnarr, M. (2005). Grosse Fortschritte bei den Biokunststoffen. Lebensmittel-Technologie **10**: 38-39.
- Kantonales Amt für Lebensmittel (KAL) St. Gallen (2006). ITX und Benzophenon: Photoinitiatoren in Lebensmitteln. KALeidoskop: 4.
- Kantonales Labor Zürich (2005). Jahresbericht 2005; Kapitel 3.5 Schraubdeckel von Gläsern. Zürich. [http://www.klzh.ch/downloads/KB\\_2005\\_KLZH.pdf](http://www.klzh.ch/downloads/KB_2005_KLZH.pdf).
- Kantonales Laboratorium Bern (2006). Fremd- und Inhaltsstoffe in Mineralwasser, abgefüllt in PET-Flaschen. [http://www.gef.be.ch/site/gef\\_kl\\_aktuell\\_mineralwasser\\_18102006.pdf](http://www.gef.be.ch/site/gef_kl_aktuell_mineralwasser_18102006.pdf). 2006. 1.11.2006.
- Krämer, S. (2006). Kunststoffarten. <http://www.biokunststoffe.com/content/view/248/68/lang.de>. 25.08.2006.

KRAV (2007). Cap. 9 Food processing. Schweden.  
[http://standards.krav.se/ArticlePages/200702/28/20070228093210\\_public050/20070228093210\\_public050.dbp.asp](http://standards.krav.se/ArticlePages/200702/28/20070228093210_public050/20070228093210_public050.dbp.asp).

Lademann, J. (2006). Nanoparticles in cosmetic products. International NanoRegulation Conference at St. Gallen.

Lohwasser, W. (2006). Nanobeschichtungen im industriellen Massstab für Barrierematerialien in der Verpackung. PowerPointFolien. Firma Alcan Technology & Management AG, Neuhausen (CH).

Lörcks, J. und Wenig, B. (Jahr unbekannt). Biologisch Abbaubare Werkstoffe. Gülzow, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. [http://fnr-server.de/pdf/literatur/pdf\\_22baw-broschuere.pdf](http://fnr-server.de/pdf/literatur/pdf_22baw-broschuere.pdf).

Marini, L. (2006). Environmental Product Declaration (EPD) Mater-Bi® PE Type: Biodegradable Plastic Pellet for Foams. [http://www.materbi.com/ing/html/PDF/EPD\\_NF\\_1802021.pdf](http://www.materbi.com/ing/html/PDF/EPD_NF_1802021.pdf).

Marini, L. (2006). Environmental Product Declaration (EPD) Mater-Bi NF Type: Biodegradable Plastic Pellets for Films. [http://www.materbi.com/ing/html/PDF/EPD\\_PE\\_180202.pdf](http://www.materbi.com/ing/html/PDF/EPD_PE_180202.pdf).

Modellprojekt-kassel.de (2003). Fazit. [http://www.modellprojekt-kassel.de/deu/seiten/projekt\\_fazit.html](http://www.modellprojekt-kassel.de/deu/seiten/projekt_fazit.html).

Narayan, R. und Patel, M. (Jahr unbekannt). Review and Analysis of Bio-based Product LCA's. <http://www.chem.uu.nl/nws/www/nws.html>.

Naturland (2006). Naturland Richtlinien Verarbeitung. Gräfelfing, Deutschland, Naturland e.V.

Neubauer, U. (2006). Messung von Antimonspuren in Mineralwasser. Neue Zürcher Zeitung: 8.02.2006.

Novamont LCA of Bags in Mater-Bi™.  
[http://www.materbi.com/ing/html/prodotto/cosematerbi/pop\\_lca\\_sacchetti.html](http://www.materbi.com/ing/html/prodotto/cosematerbi/pop_lca_sacchetti.html). 2006.

Novamont LCA of loose fillers in Mater-Bi™.  
[http://www.materbi.com/ing/html/prodotto/cosematerbi/pop\\_lca\\_losefiller.html](http://www.materbi.com/ing/html/prodotto/cosematerbi/pop_lca_losefiller.html). 2006.  
29.08.2006.

Organic Farmers & Growers (2006). Section 11 - Operational Requirements for Organic Processing Operations, Organic Farmers & Growers England. file:///C:/Users/brail/Local%20Imaging%20Quality/E4t/5CRichtlinien%20und%20Gesetze/5CCM\_11\_Processing\_Operations\_Oct06.pdf.

Patel, M., Bastioli, C., Marini, L. und Würdinger, E. (2001). Environmental assessment of bio-based polymers and natural fibres. Biopolymers. General aspects and special applications. Vol 10. A. Steinbüchel, Wiley.

Plinke, E., Schonert, M., Meckel, H., Detzel, A., Giegrich, J., Fehrenbach, H., Ostermayer, A., Schorb, A., Heinisch, J., Luxenhofer, K. und Schmitz, S. (2000). Ökobilanz für Getränkeverpackungen II - Hauptteil. Berlin, Umweltbundesamt.

Resch, J. (2005). Unterschiedliche Strategien zum Mehrwegschutz in Europa. Präsentation in Winterthur.

Schäfer, M. (2005). Doppelt so dicht. Verbesserte Barriere-Eigenschaften durch Polyamid-Nanokomposite. *Lebensmitteltechnik* **10**: 52-53.

Schneider, F., Lebersorger, S., Tesar, M. und Wassermann, G. (2005). WieNaWARO. Beschreibung und praxismgerechte Planung von Umsetzungsprojekten zum Einsatz von Werkstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Abfallwirtschaft. Im Auftrag der Stadt Wien. Report.  
[http://nw.echonet.at/files/content\\_mistnewsdl\\_1/Endbericht\\_WieNaWARO\\_2004.pdf](http://nw.echonet.at/files/content_mistnewsdl_1/Endbericht_WieNaWARO_2004.pdf).

Scholz, R. W. und Spielmann, M. (2004). Stellungnahme zur Carbotech-AG-Ökobilanzstudie und deren publizistische Verwendung als "umfassende wissenschaftliche" Studie, sowie zur Medienmitteilung des Baudepartements Basel vom 04.10.2004. Zürich, Professur für Umwelt- und Umweltsozialwissenschaften.

Schönbrodt, C. (2006). Gesundheitsgefahr Verpackung? BNN-Nachrichten **März 2006**: 13-15.

Schonert, M., Motz, G., Meckel, H., Detzel, A., Giegrich, J., Ostermayer, A., Schorb, A. und Schmitz, S. (2002). Ökobilanz für Getränkeverpackungen II / Phase 2. Berlin, Umweltbundesamt.

Soil Association (2007). Packaging standards editable.

TA-Swiss, Ed. (2006). Nano! Nanu? Informationsbroschüre zum publifocus "Nanotechnologie und ihre Bedeutung für Gesundheit und Umwelt.Zentrum für Technologiefolgenabschätzung beim Schweizerischen Wissenschafts- und Technologierat (TA-Swiss). Bern, Autor: Herbert Cerutti.

Umweltbundesamt (2000). Hintergrundpapier: Handreichung Bewertung in Ökobilanzen. Berlin, Umweltbundesamt Deutschland.

Umweltbundesamt (2002). Hintergrundpapier: Ökobilanz für Getränkeverpackungen für alkoholfreie Getränke und Wein 2. Berlin, Umweltbundesamt Deutschland.

Vercalsteren, A., Spirinckx, C., Geerken, T. und Claeys, P. (2006). Comparative LCA of 4 types of drinking cups used at events, VITO, OVAM.

Vink, E. (2007). Reducing the environmental footprint of NatureWorks TM Polymers. Power-Point-Presentation der Firma NatureWorks.

Vink, E. T. H., Rábago, K. R., Glassner, D. A. und Gruber, P. R. (2003). Applications of life cycle assessment to NatureWorksTM polylactide (PLA) production. *Polymer Degradation and Stability*(80): 403–419.

Vink, E. T. H., Rábago, K. R., Glassner, D. A., Springs, B., O'Connor, R. P., Kolstad, J. und Gruber, P. R. (2004). The Sustainability of NatureWorksTM Polylactide Polymers and IngeoTM Polylactide Fibers: an Update of the Future. *Macromolecular Bioscience*(4): 551-564.

Wünn, J. (2006). Pflanzenbiotechnologie in der Schweiz, 2. Fachtagung des Plant Science Center Zurich-Basel. 03.11.2006.



# Anhang

## Anhang 1: Detaillierte Aufzählung aller Grundsätze und Kriterien in Richtlinien und Weisungen verschiedener Bioorganisationen und -Verbände

[Anmerkung der Autorin: Diese Aufzählung soll Anregungen geben zum Überdenken der Bio-Suisse Richtlinien (Was wollen wir drin haben und was nicht). Es ist mir klar, dass sie jetzt sehr ausführlich ist und noch viele Wiederholungen beinhaltet]

### Kriterium Ökologie, Umweltfreundlichkeit:

*Vermeidung von Abfällen/ So wenig Verpackung wie möglich*

- Aufwändige Verpackungen (Overpackaging) vermeiden (Bio Suisse, 2007)
  - Auf sparsamen Umgang mit den Rohstoffen sowie auf die Minimierung von Umweltbelastung durch Herstellung, Benutzung und Entsorgung achten. (Gää, 2006) (Demeter, 2002) (Naturland, 2006)
  - Der Verpackungsaufwand muss auf das technologisch erforderliche Mindestmass reduziert werden. Dabei stehen ökologische Erfordernisse vor marketingtechnischen und Kostengesichtspunkten. (Bioland 2007)
  - Where possible, unnecessary packaging materials and procedures shall be avoided (IOS)
  - Minimizing of packaging materials should be strived for. (KRAV, 2007)
  - Packaging shall be simple and practical. Excessive packaging shall be avoided while recycling of packaging materials shall be considered. (General Administration of Quality Supervision China. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2005)
  - Consumers expect organic food to have as little packaging as possible. (Soil Association, 2007)
  - To minimise the direct and indirect environmental impacts of your packaging during its life cycle, you must:
    - minimise the amount of material used
    - maximise the amount of material that can be reused or recycled, and
    - use materials with recycled content where possible.
- You must be able to demonstrate, at your inspection, that you have done this for each packaging format you use. (Soil Association, 2007)
- **Using only necessary packaging (IFOAM neu – mandatory practices) (IFOAM, 2007)**

*Mehrwegsysteme sind Einwegsystemen fast immer vorzuziehen*

- Verpackung möglichst wieder verwendbar (Mehrwegsysteme) oder rezyklierbar (alle)
- Packaging should be made of environmentally benign (i.e. biodegradable) materials and /or be returnable where practicable. (Organic Farmers & Growers, 2006)

- Sowohl für Detailhandelspackungen wie auch für Handels- und Grossgebilde sind Mehrwegsysteme vorzuziehen (Bio Suisse, 2007)
- For packaging that you reuse, you must :
  - make sure it is in good repair, clean and free of contamination, and
  - if previously used for non-organic products, clear it so that no residues remain. (Soil Association, 2007)

#### *Umweltbewusster Rohstoffeinsatz*

- Verpackung möglichst aus erneuerbaren/nachwachsenden Rohstoffen verwenden (z.B. Glas, Karton, Recycling PET etc.) (Bio Suisse, 2007)
- Für die Verpackung sind Systeme zu benutzen, welche die geringste Umweltbelastung verursachen. Wo es sinnvoll ist, sind Mehrwegsysteme vorzusehen (Bio Suisse Richtlinien 2007)
- The packaging of organic foodstuffs shall have a minimum impact on products and environment (Italian Organic Standards – IOS)
- As far as is reasonably practicable, biodegradable materials made from plant materials e.g. starch-based plastic should be used for the packaging of organic products. (Organic Farmers & Growers 2006)
- Packaging materials that are reused, retrievable or biologically degradable shall be promoted. (General Administration of Quality Supervision China. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2005)
- Packaging materials made of wood, bamboo, plant stems and leaves and paper are recommended, and other packaging materials that comply with hygiene requirements may also be allowed. (General Administration of Quality Supervision China. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2005)
- The use of re-usable, re-cycable, re-cycled and biodegradable materials is recommended. Re-usable containers shall be made of non-absorbing materials and maintained in good conditions, clean and free from any undesired residue or contamination (IOS)
- For any compostable or biodegradable primary packaging (other than paper, cardboard and wood) that you use, you must:
  - ensure that it conforms with the European Standard for compostable packaging (EN 13432), and
  - clearly label it to indicate the best means of disposal; Note – these materials are often derived from genetically modified organisms or use genetically engineered enzymes in their manufacture. Use of such materials is not permitted under standard 41.6.12 (Soil Association, 2007)
- If you use bleached paper or cardboard, it must be Totally Chlorine Free (TCF). Recycled paper must be Process Chlorine Free (PCF) (Soil Association, 2007)
- If you use renewable materials, they should be from sources with demonstrable controls over sustainability. e.g. FSC for timber products (Soil Association, 2007)

- **Packaging materials are reusable, recycled, recyclable and biodegradable whenever possible (IFOAM neu – Standards must require that) (IFOAM, 2007)**

#### *Allgemeiner Umweltschutz*

- Environmentally adapted packaging shall preferably be chosen (KRAV 2007)
- Ökologische Erfordernisse sind bei Marketingentscheidungen vorrangig zu berücksichtigen (Müllvermeidung hat Vorrang vor Müllverwertung) ( BNN) (Gäa, 2006; Naturland, 2006)
- You should provide consumers with information about your packaging, for example, about the materials you have selected, its purpose, and how they can minimise its environmental impact at disposal (Soil Association, 2007)
- You must ensure that any environmental information, claims and symbols on your packaging are clear, truthful and accurate and conform to Defra's Green Claims code (Soil Association, 2007)
- **The objective is to maintain the organic integrity of the product while efficiently and responsibly using resources (IFOAM neu) (IFOAM, 2007)**

#### **Kriterium Produkteschutz**

##### *Allgemeine Verpackungsrichtlinien*

- All materials and procedures permitted by the legislation in force may be used for the packaging of organic products (IOS)
- Packaging must be adequate to protect the product and be stored off the floor and away from walls, in clean, dry conditions. (Organic Farmers & Growers, 2006)
- The materials used for packaging shall be appropriately stored and protected from any contamination source. They shall be stored in a dry clean place periodically monitored for pests (IOS)
- You must store packaging in clean, dry and hygienic conditions (Soil Association, 2007)
- Packaging materials shall be in compliance with national hygiene requirements and other regulations concerned. (General Administration of Quality Supervision China. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2005)
- Verpackungsmaterialien dürfen keine Verunreinigungen verursachen (Gäa, 2006)
- Containers and packaging materials shall be new and/or clean and free from pollutants (IOS)
- When selecting packaging, you will be taking into account factors such as: presenting your product in optimum condition, safety and hygiene, security and integrity, cost, production processes and market requirements. Packaging of organic products should also meet the best possible environmental practice; consumers expect this too. Therefore, you should consider the environmental impacts of your packaging alongside these factors (Soil Association, 2007)
- You must ensure that your packaging meets all relevant legislation relating to packaging, packaging waste, and materials in contact with food (Soil Association, 2007)
- You must ensure that your packaging is for its intended use (Soil Association, 2007)

- **Packaging and storage/ transportation containers do not contaminate the organic product they contain (IFOAM neu; Standards must require that) (IFOAM, 2007)**
  
- *Schutz der biologischen Qualität*
- Bioland-Produkte dürfen nicht in gebrauchten Säcken oder Behältnissen abgepackt werden, die mit Stoffen in Berührung gekommen sind, die die Unversehrtheit von Bioland-Produkten oder deren Zutaten beeinträchtigen können. (Bioland 2007)
- KRAV certified products may not be stored in packaging or wrappings (such as reusable packaging or boxes) in which non-certified products have been stored unless the packaging and wrappings have been thoroughly cleaned. (KRAV 2007)
- KRAV certified products shall be stored and handled so that separate handling is ensured and no contamination of the products can occur. Products may not be contaminated by containers, packaging or other factors in the surroundings. If there is danger of contamination, KRAV certified products may not be stored in the same warehouse with products that have been chemically treated after harvest. (KRAV 2007)
- **Measures to ensure that all storage and transportation containers are not contaminated with non allowed substances (IFOAM neu; Mandatory practices) (IFOAM, 2007)**
  
- *Schutz der sensorischen Qualität*
- Der Verpackungsaufwand ist auf die Gewährleistung von hygienischen Ansprüchen und die Erhaltung der gesundheitlichen und sensorischen Qualität der Produkte zu beschränken. (Naturland 2006) (Demeter 2002) (Gäa, 2006)
- Packaging materials shall not adversely affect the sensorial characteristics of products or transfer substances to them which may compromise their integrity or pose hazards to consumers' health (IOS)
- Materials used for product packaging must be of food grade quality, clean, unused and be strong enough to protect the product during handling, transit and as appropriate display. The packaging must not affect the organoleptic character of the product or transmit to it any substances in quantities that may be harmful to human health. (Organic Farmers & Growers, 2006)

## **Kriterium Gesundheitsschutz/Lebensmittelsicherheit**

### *Migration*

- Es sollen Materialien eingesetzt werden aus denen keine toxikologisch relevanten Substanzen in das Demeter-Erzeugnis migrieren (Demeter, 2002)
- Physiologisch unbedenklich, insbesondere hinsichtlich der Migration von gesundheitsschädlichen Stoffen (Bioland 2007)
- Produktqualität darf nicht beeinträchtigt werden (z.B. Stoffmigration, Naturland)

## **Verbotene Materialien**

### *Chlorhaltige Packmittel*

- PVC und andere chlorierte Kunststoffe, Alu-Getränkedosen (Bio Suisse Richtlinien 2007)
- Es dürfen keine chlorhaltigen Verpackungsmaterialien verwendet werden (z.B. PVC) (Bio Suisse, 2007)
- Schwer abbaubare Kunststoffe (wie z.B. PVC) bzw. Kunststoffe, die unvermeidbar umweltbelastend hergestellt werden, dürfen nicht verwendet werden. (Bioland 2007)
- Aussagen zur Nichtverwendung von Gentechnik, die im Zusammenhang mit den Gää Richtlinien gemacht werden (z.B. auf Verpackungen), sind beschränkt auf die Aussage „ohne Verwendung von GVO“ (Gää, 2006)
- PVC films free from plasticisers may only be used for non-fat foods. (Organic Farmers & Growers, 2006)
  - It is the KRAV goal that all use of PVC and other chlorine-based plastics when packaging KRAV-approved products stop. (KRAV 2007)
- Expanded polystyrene packaging made with CFCs is not permitted. (Organic Farmers & Growers, 2006)
- You must not use these materials in your packaging: polyvinyl chloride (PVC); Note – you may use other chlorinated plastics, such as PVdC (Soil Association, 2007)

### *Metall- oder Aluminiumhaltige Packmittel*

- Aluminium-Kunststoffverbindungen nur in begründeten Fällen erlaubt (Bio Suisse Richtlinien) (Bio Suisse, 2007)
- Aluminium bzw. aluminiumhaltige Folien oder Kombiverpackungen nur mit ausdrücklicher Genehmigung erlaubt. Der Verarbeiter ist verpflichtet, sich um geeignete Alternativen zu bemühen. (Bioland 2007)
- Aluminium foils are not permitted when in direct contact with acidic foods (equal to or less than pH 4.5) or salty foods (in excess of 2%) unless the film has been lacquered. (Organic Farmers & Growers, 2006)
- Metallbedampfte Materialien sind zugelassen (Bio Suisse, 2007)
- Metall-Verbund-Packungen und reine Aluminiumfolien sind nur in begründeten Fällen zugelassen (Bio Suisse, 2007)
- You must not use these materials in your packaging: Unlacquered aluminium foils if the food is acidic (with a pH less than or equal to 4.5) or salty (containing more than 2% salt) (Soil Association, 2007)

### *Sonstige Verbote*

- Verpackungsmaterialien oder Lagerbehältnisse, die synthetische Fungizide, Konservierungs- und Entwesungsmittel enthalten sowie die Unversehrtheit der Bioland-Produkte beeinträchtigen könnten (Bioland, 2007) (Gää: Räuchermittel, sonst gleich; Naturland: ähnlich)

- Packaging materials, containers or crates containing synthetic fungicides, preservatives or fumigants are prohibited. (Organic Farmers & Growers, 2006)
- Packaging materials containing synthetic fungicide, preservative and fumigant are prohibited. (General Administration of Quality Supervision China. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2005)
- Packaging materials may not be treated with preservatives or chemicals that can be a danger to health or the environment. For more information please see the Swedish National Chemicals Inspectorate's database describing limits governing use of chemicals and the Observation List for more information on environmental and health hazards of the chemicals (KRAV 2007)
- Package materials or containers in contact with prohibited materials are prohibited (General Administration of Quality Supervision China. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2005)
- Carbon dioxide and nitrogen shall be allowed to be used as packing filling agents (General Administration of Quality Supervision China. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2005)
- Organic products shall not be packaged in bags or containers that have been in contact with any prohibited substance (General Administration of Quality Supervision China. Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2005)
- You must not use these materials in your packaging:
  - Coatings, dyes or inks that contain phthalates if they will be in direct contact with foodstuffs
  - Materials or substances that contain, have been derived from, or manufactured using, genetically modified organisms or genetically engineered enzymes
  - synthetic coating for cheese if they contain fungicides
  - wood that has been treated with preservatives

Note – this includes bulk bins but not transport pallets. You must be able to prove to us that you not used these materials, for example by having written confirmation from your supplier (Soil Association, 2007)
- **Using packaging that has been treated with non-allowed substances (IFOAM neu; prohibited practices) (IFOAM, 2007)**

## Anhang 2: Die Methode Ökobilanz – ein Überblick

Eine wichtige Methode zur Beurteilung ökologischer Aspekte eines Produktes, eines Herstellungsprozesses, einer Dienstleistung oder eines Produktionsstandortes ist die Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment). Sie kann als eine mehr oder weniger genaue Momentaufnahme betrachtet werden, die auf dem aktuell verfügbaren Umweltwissen basiert. Im Folgenden wird die Methode der Ökobilanz vorgestellt, damit die Möglichkeiten und Grenzen dieser Methode bewusst werden.

*Ökobilanzen haben mehrere Funktionen:*

- Sie können von den Herstellern zur Entwicklung von umweltfreundlicheren Produkten genutzt werden.
- Sie sind eine Hilfe für politische Entscheidungsprozesse, so zum Beispiel bei der Diskussion über die Verpackungsverordnung und die Mehrwegquote bei der die Ökobilanz für Getränkeverpackungen eine Rolle spielt.
- Sie können auch das Marketing von Unternehmen beeinflussen, zum Beispiel, indem Unternehmen durch eine Ökobilanz die Umweltverträglichkeit ihrer Produkte bewerten und mit den Ergebnissen werben.

Zudem zielen Ökobilanzen darauf ab Potenziale für einen effizienteren Einsatz von Rohstoffen und Energie und eine Verringerung der Umweltbelastungen durch Schadstoffemissionen und Abfällen aufzuzeigen. Im Mittelpunkt steht die Erfassung bzw. Bewertung der ökologischen Auswirkungen eines Produktes während des gesamten Lebensweges – von der Rohstoffgewinnung, über die Produktion bis hin zur Entsorgung (sozusagen „von der Wiege bis zur Bahre“). Die Methodik der Ökobilanzierung wurde in der Vergangenheit oft diskutiert. Erst durch die Vorgabe der Internationale Standardisierungs-Organisation (ISO) konnte ein einheitliches Verfahren gewährleistet werden. Das Ziel der ISO-Normenreihe 14040 ist es, eine verbindliche Grundlage zu schaffen, die es ermöglichen soll, objektive Bilanzen zu erstellen und dem aktuellen Stand der Wissenschaft zu entsprechen. Die Methode der Ökobilanzierung besteht folglich aus vier Schritten: Definition des Ziels und des Untersuchungsrahmens, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Bilanzbewertung.

In der **Ziel- und Rahmenfestlegung** wird dargestellt, warum und welche Produkte bilanziert bzw. miteinander verglichen werden. Die Produkte, die man untersuchen will, müssen den gleichen Nutzen haben und werden oft mit Hilfe der sogenannten „funktionellen Einheit“ näher beschrieben. (z.B. 1,0 Liter Getränkeverpackung: Mehrweg, Einweg, Glas, TetraPak etc.).

Der zweite Schritt ist die **Sachbilanz**. Bei ihr werden verschiedene Arten von Umweltbelastungen, die während des Lebensweges eines Produktes anfallen, wie Emissionen, Rohstoffentnahmen und Flächenbelegungen, quantifiziert und – Parameter für Parameter – über den Lebensweg des Produktes zusammengefasst. Entscheidend dabei sind die Rahmenbedingungen, unter denen die Systeme verglichen werden. Etwa: Wie weit werden die Verpackungen transportiert? Wie hoch ist die Recyclingquote? Wie oft wird eine Flasche wiederbefüllt? Alle verfügbaren Daten gehen in das Basisszenario ein, das den Status Quo wiedergibt.

In der **Wirkungsabschätzung** als dritter Schritt einer Ökobilanz werden die Grösse und die Bedeutung potenzieller Umweltwirkungen eines Produktes auf seinem Lebensweg beurteilt. Dazu werden alle in die Umwelt abgegebenen Stoffe bestimmten Wirkungskategorien zugeordnet wie z.B.:

- Treibhauseffekt
- Eutrophierung (Überdüngung in Gewässern und Böden)
- Versauerung
- Verbrauch fossiler Ressourcen (z.B. von Rohstoffen und fossilen Energieträgern)
- Naturraumbeanspruchung.

Bei der Bewertung einzelner Stoffe hinsichtlich ihrer potentiellen Umweltwirkungen werden sie in Form von entsprechenden Wirkungsindikatoren messbar gemacht. Für dieses Messen der Indikatoren wurden unterschiedliche Bewertungssysteme entworfen wie z.B. das System der Umweltbewertungspunkte, die Methode nach CML, der Eco-indicator 95, Ökologische Knappheit usw. So wird die Wirkungskategorie „Treibhauseffekt“ beispielsweise durch den Wirkindikator „Kohlendioxid(CO<sub>2</sub>)-Äquivalente“ charakterisiert. Alle klimawirksamen Gase werden folglich in Kohlendioxid-Äquivalente umgerechnet, d.h. zum Beispiel für Methan wird bestimmt, wie stark die Wirkung umgerechnet in Wirkungen durch Kohlendioxid wäre.

Bedeutend für die Wirkungsabschätzung ist die Bewertung der Wichtigkeit der einzelnen Kategorien. Dazu werden die einzelnen Umweltauswirkungen verglichen, abgewogen und nach ihrer Wichtigkeit geordnet. Dabei treten Fragen auf, wie: Ist der Treibhauseffekt ein grösseres Umweltproblem als die Versauerung? Oder ist es schädlicher für die Umwelt, wenn Naturfläche versiegelt oder wenn Gewässer überdüngt werden? Aus naturwissenschaftlicher Sicht lassen sich diese Fragen meist nicht beantworten, sondern sind im hohen Masse von Werturteilen über die Relevanz verschiedener Umweltauswirkungen abhängig. Ein solcher Prozess ist dynamisch, da sich im Laufe der Zeit neue Daten und wissenschaftliche Erkenntnisse, aber auch der Wandel subjektiver Werturteile zwangsläufig auf eine Einschätzung auswirken (Umweltbundesamt, 2000).

Das deutsche Bundesumweltamt hat versucht die einzelnen Wirkungskategorien in eine Rangfolge zu bringen. Demnach ist eine Wirkungskategorie umso umweltschädigender, je grösser die ökologische Gefährdung der zu schützenden Güter „menschliche Gesundheit“, „Struktur und Funktion von Ökosystemen“ und „natürliche Ressourcen“ ist (Umweltbundesamt, 2000). Somit stellen Schadstoffe, die zu Langzeitauswirkungen führen, wie chlororganische Verbindungen und Schwermetalle<sup>8</sup> ebenso ein grosses Gefährdungspotenzial dar, wie der momentan aktuelle Klimawandel. Die Prioritätensetzung innerhalb der Wirkungskategorien unterscheidet sich häufig von Methode zu Methode, dennoch sind ähnliche Tendenzen zu beobachten.

Bei der **Auswertung** der Ökobilanz werden die Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung zusammengefügt und je nach Zielsetzung interpretiert. Entscheidend ist das die Ergebnisse nachvollziehbar sind und Empfehlungen für die Politik, das Unternehmen oder andere Beteiligte abgeleitet werden können.

Eine ökologische Beurteilung durch eine Ökobilanz stellt mit Sicherheit die ausführlichste Möglichkeit dar, die Umweltauswirkungen zu erfassen. Die Ökobilanzierung beschreibt allerdings immer nur einen definierten Untersuchungsrahmen und wird meist sehr spezifisch verfasst. Die Ergebnisse sind immer interpretationsbedürftig und können als Ansatzpunkte für Verbesserungen betrachtet werden.

Kritisch zu betrachten sind vor allem:

---

<sup>8</sup> Chlororganische Verbindungen und Schwermetalle nimmt der Mensch über die Nahrung und über die Luft auf. Sie lassen sich v. a. im Körperfett oder auch der Muttermilch nachweisen.



- Die Festlegung der Systemgrenzen und des Untersuchungsziels
- Die Wahl der funktionellen Einheit<sup>9</sup>
- Die Bewertung der Wirkungsindikatoren (sollte dem aktuellen Stand des Wissens entsprechen)
- Die Zuordnung der Wirkungsindikatoren zu entsprechenden Umweltschäden
- Die Priorisierung der Umweltschäden. (nach naturwissenschaftlichen, sozioökonomischen Gesichtspunkten sowie oft unter Hilfestellung bestehender Grenzwerte oder Gesetzgebungen)

Ein Zitat aus der BUWAL Studie „Bewertung der Ökobilanz mit der Methode der ökologischen Knappheit“ unterstreicht diese Problematik. „Es ist klar, dass die mit der Bewertung ermittelten Resultate einer Ökobilanz nicht die ökologische Wahrheit bedeutet, fließen hier doch viele Annahmen, Vereinfachungen und Wertvorstellungen ein.“ (BUWAL, 1998)

Eine Ökobilanz berücksichtigt nur die Umweltaspekte und keine Abwägung ökonomischer und sozialer Auswirkungen. Es ist klar, dass die Ergebnisse von Ökobilanzen nur ein Aspekt im Rahmen der komplexen Entscheidungsprozesse in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft sein können. Um eine realistische Entscheidungsgrundlage zu liefern, müssen die Daten der Ökobilanz zusätzlich mit ökonomisch und sozialen Faktoren zusammengefügt werden (Umweltbundesamt, 2002). Eine nachhaltige Betrachtung von Verpackungsalternativen und -systemen würde folglich neben den Umweltauswirkungen auch sozioökonomische Kriterien, Wertschöpfung innerhalb einer Region, Lebensmittelsicherheit, Gesundheit etc. einbeziehen.

Um die Auswirkungen der Verpackung auf die Umwelt beurteilen und vergleichen zu können, werden zunächst einzelne Ökobilanzen vorgestellt und deren angewandte Methodik erläutert. Hierbei ist zu beachten, dass strenggenommen nicht nur die Endverpackung, welche durch die Ökobilanz erfasst wird, sondern auch sämtliche Vor-, Zwischen- und Umverpackungen mit einbezogen werden müssten.

---

<sup>9</sup>In den meisten Arbeiten werden Produkte nach dem Gewicht verglichen, im Verpackungsbereich ist ein Vergleich anhand einer Gewichtseinheit nicht sinnvoll, da unterschiedliche Packstoffe wie beispielsweise Glas mit Plastik besser über die Stückzahl zu vergleichen sind.