Sitzungsberichte der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin *130 (2017), 89–98*

Christian Kohlert

Nachhaltigkeit von Kunststoffverpackungen – von der Wiege bis zur Bahre

So, wie in der Einführung zum Symposium dargestellt, kann man auch bei Produktionsprozessen eine Bewertung der Einflussgrößen für Entscheidungsprozesse heranziehen.

Die Entscheidung am Beispiel von Kunststoffverpackungen setzt sich zusammen aus

- Ökonomie (Kosten, Preis, Gewinn),
- Nachhaltigkeit (Ökologie, Energie, CO_2-Verbrauch) und
- Eigenschaften (Barriere, Festigkeit).

In entwickelten Industrieländern ist der Quotient von Preis/Eigenschaften konstant. Hoher Preis für herausragende Eigenschaften und umgekehrt. Seit einigen Jahren setzt sich der Nachhaltigkeitsgedanke zusätzlich mehr und mehr durch (siehe Abb. 1).

In Entwicklungsländer ist noch oft der ökonomische Aspekt überbetont. Auf Eigenschaften wird oft zu Gunsten des Preises verzichtet, Nachhaltigkeit wird dabei den entwickelten Industrieländern überlassen.

Zur Bewertung der Nachhaltigkeit werden oft Lebenszyklusanalysen genutzt. Diese bewerten die Umweltauswirkungen von der Wiege, also der Rohstoffgewinnung, bis zur Bahre, also dem Recycling oder der Deponierung. Dabei unterscheidet man zwischen Ökobilanz, vergleichender Ökobilanzierung oder einer ganzheitlichen Betrachtung.

Eine Lebenszyklusanalyse (auch bekannt als Ökobilanz oder Life Cycle Assessment bzw. LCA) ist eine systematische Analyse der Umweltwirkungen von Produkten

- während des gesamten Lebensweges („from cradle to grave“, „von der Wiege bis zur Bahre“) oder
- bis zu einem bestimmten Zeitpunkt der Verarbeitung („from cradle to factory gate“, „von der Wiege bis zum Fabriktor“).

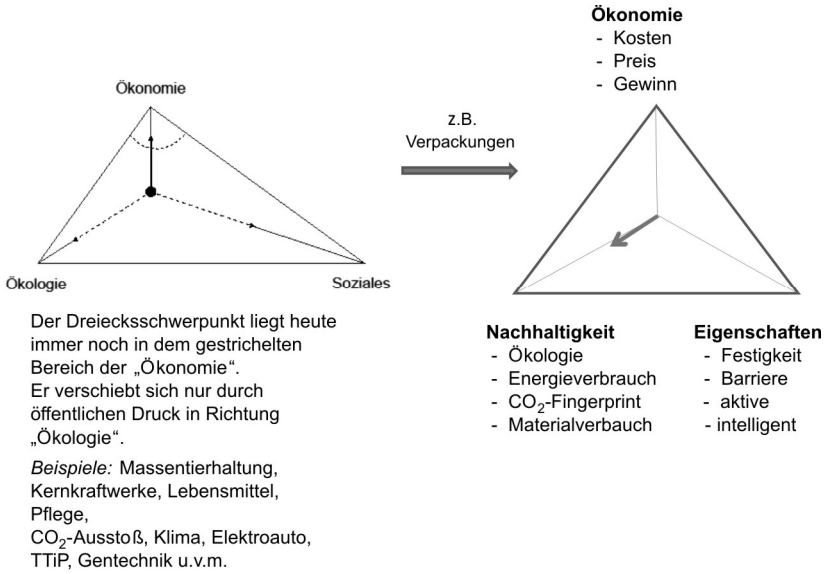


Abb. 1: Verhältnis Ökonomie, Eigenschaften und Nachhaltigkeit

Quelle: Anlage 1 zum Programm des VII. AT-Symposium 2016 sowie eigene Darstellung; vgl. auch Abbildung 2 der „Einführung“ auf S. 9.

Allgemein wird unterschieden zwischen

– einer *Ökobilanz*, die den Umweltaspekt eines einzelnen Produkts berücksichtigt,
– einer *vergleichenden Ökobilanz*, die eine Gegenüberstellung mehrerer Produkte verfolgt, sowie
– einer *ganzheitlichen Bilanzierung*, die wirtschaftliche, technische und/ oder soziale Aspekte mit einbezieht.

Die Methodik zum Erstellen einer Ökobilanz ist in den international gültigen Normen ISO 14040 bis ISO 14043 festgelegt. Für die Erstellung einer Ökobilanz geht man von einer Zielstellung, einer Sachbilanz, einer Wirkungsabschätzung und einer entsprechenden Auswertung aus (siehe Abb. 2).

Die Interpretation der Ergebnisse sollte dann zu verbesserten Produkten, Entscheidungsprozessen und häufig auch zu Marketingvorteilen führen. Tabelle 1 zeigt die Entwicklung von ökologischen Daten in den vergangenen Dezennien bis zu den heutige publizierten Werten. Man erkennt deutliche Unterschiede, die in der Regel im Bilanzraum sowie der betrachteten Region liegen.

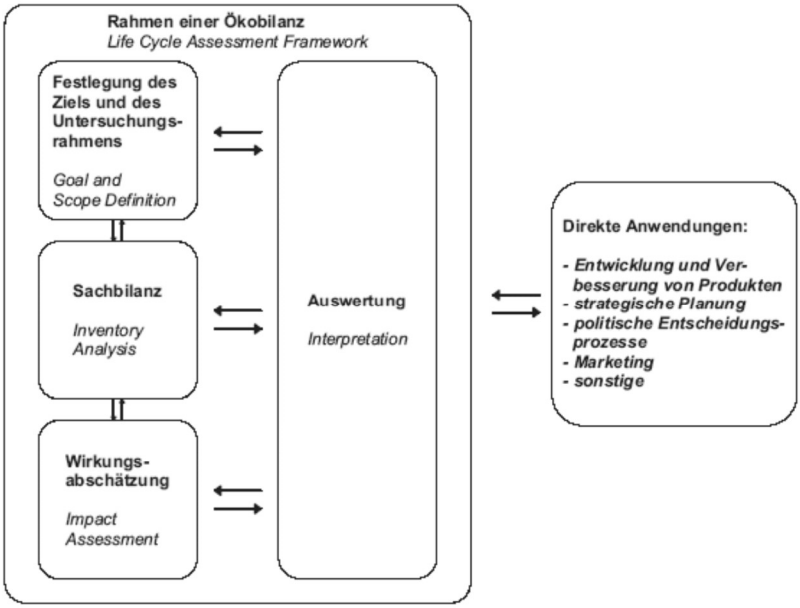


Abb. 2: Methodik einer Ökobilanz

Quelle: Schneider 2007, S. 41

Klöckner Pentaplast *(kp)* kalandriert PVC-Hartfolien und nutzt ökologische Daten von der Wiege bis zum Folienprodukt für eigene Beiträge zur Nachhaltigkeitsgestaltung (siehe Abb. 3).

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse von kontinuierliche Energieeinsparungsprozessen in verschiedenen Standorten von *kp* zu erkennen, auch wenn infolge von Produktionsänderungen oder -erweiterungen nicht immer ein Einsparungspotenzial erzielt wird.

Für diese vergleichende Bewertung ökologischer Daten für verschiedene Verpackungsvarianten nutzt *kp* das speziell dafür entwickelte Programm „Oekobil". „Oekobil" zeigt den ökologischen Vergleich verschiedener Verpackungen von der Rohstoffgewinnung bis zur Verpackung. Vergleichsgrundlage sind Verpackungen, die den selben Inhalt mit dem selben Gewicht oder Volumen beinhalten. Bei mengenmäßigen Unterschieden an Packgut muss auf gleiche Mengen umgerechnet werden. Bewertet werden die Verpackungsstoffe PS, PET, PVC, PP, HDPE, LDPE, PLA, $CaCO_3$, Weißblech, Glas, Aluminium, Papier und Karton nach den neuesten wissen-

Tab. 1: Ökodaten von Verpackungsstoffen 1991 bis 2013

Ecological assessments of packaging materials											Stand 20.1.2016		
for 1kg material			oekobil4				okeobil5					oekobil6	
			1991 - 2005				2000 - 2010					2011 -2013	
Energy	**Buwal**	**Buwal**	**EuPC**		Probas DE	Probas DE	Probas EU	Probas DE	Probas EU		**value USA**		
MJ/kg	**1991**	**1996**	**2005**		2000	2005	2005	2010	2010		ACC	EuPC (USA)	ELCD3
Material		**old values**		**Oekobil 4**		**new values**				**Oekobil 5**	2011		2013
PVC	51,1		56,73	56,73		53,1				53,1	59,2	56,7	
PET	84,5		80,74	80,74	98,21					98,21	70,4	69,4	
PP	71		73,37	73,37		95,4				95,4	77	73,4	
PS	75,3		87,41	87,41		87,26				87,26	95,1	86,5	
HDPE	67,6		79,92	79,92		77,32				77,32	78,3	76,7	
LDPE	68,1		80,57	80,57		82,33				82,33	83,6	78,1	
PVdC			80,6	80,6						80,6			
PLA				67,82					68,62	68,62			
Paper/carton	38,8	59,98		59,98				21,49		21,49			
Al	93,38	95,51		95,51		179,24	191,95			179,24			
Blech	26,31	27,9	24,69	24,7			13,43			13,43			
Glas	6,8	12,74		12,74		11,95				11,95			
CaCO3						0,14725				0,14725			1,[illegible]

CO2	**Buwal**	**Buwal**	**EuPC**		Probas DE	Probas DE	Probas EU	Probas DE	Probas EU		**value USA**		
kg/kg	**1991**	**1996**	**2005**		2000	2005	2005	2010	2010		ACC	EuPC (USA)	ELCD3
Material		**old values**		**Oekobil 4**		**new values**				**Oekobil 5**	2011		2013
PVC			1,8	1,8		4,61				4,61	2,42	1,89	
PET			2,8	2,8	6,28					6,28	2,73	2,15	
PP			1,7	1,7		7,25				7,25	1,86	1,96	
PS			2,8	2,8		5,94				5,94	3,24	3,43	
HDPE			1,7	1,7		4,96				4,96	1,897	1,93	
LDPE			1,9	1,9		5,55				5,55	2,2	2,08	
PVdC			3,8	3,8						3,8			
PLA				0,83					5,61	5,61			
Paper/carton			0,91	0,91				2,62		2,62			
Al			4,02	4,02		28	24,1			28			
Blech			1,73	1,73			2,69			2,69			
Glas			0,75	0,75		2,18				2,18			

Quelle: kombiniert aus verschiedenen Angaben des BUWAL und des UBA sowie von Plastic Europe (BUWAL – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, Schweiz; UBA – Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Deutschland; PlasticsEurope. Verband der Kunststofferzeuger. Brüssel, Belgien)

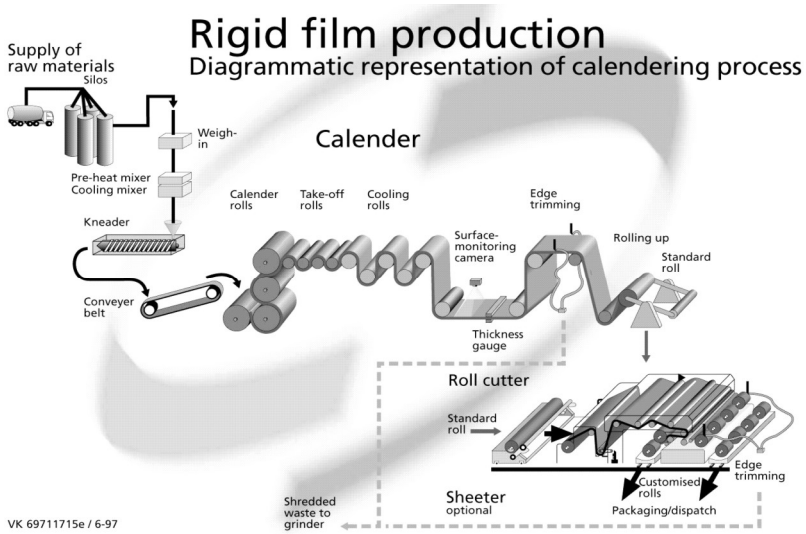


Abb. 3: Kalandrierprozess

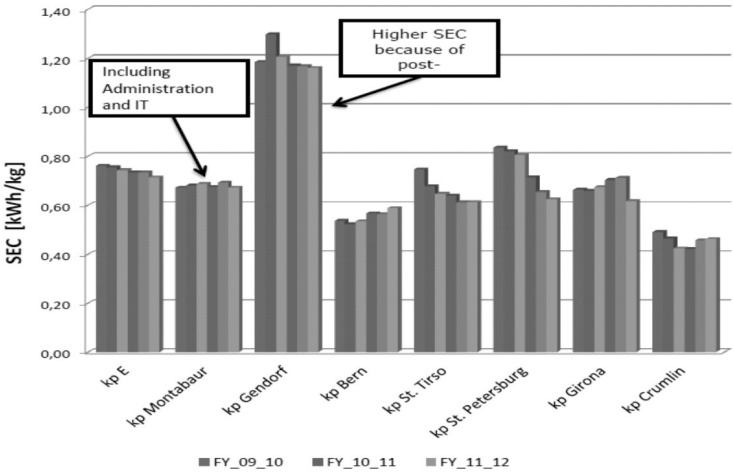
Quelle: Klöckner Pentaplast intern

schaftlichen Erkenntnissen. Die Basisdaten dafür wurden offiziellen ökologischen Publikationen entnommen (siehe Tab. 3).

Es werden dabei der Energieverbrauch zur Herstellung von Folien, die kritische Luft- und Wassermenge für die Neutralisierung von austretenden Schadstoffen, die übrigbleibenden zu deponierenden Restabfälle, der CO_2-Fingerprint sowie der Erdöl- und Wasserverbrauch bilanziert:

- Energieverbrauch (MJ/kg): Bezugswert für den gesamten Energieaufwand (incl. Erdölaufwand als Energie) zur Herstellung und Verarbeitung von 1 kg eines bestimmten Packstoffes bzw. Packmittel (z.B. Folie oder Becher);
- kritische Luftmenge (m^3/kg): Mindestvolumen pro kg Packstoff, um die Schadstoffmenge in die Luft auf die gesetzlich zugelassene Konzentration zu reduzieren;
- kritische Wassermenge (dm^3/kg): Mindestvolumen pro kg Packstoff, um die Schadstoffmenge im Wasser auf die gesetzlich zugelassene Konzentration zu reduzieren;
- feste Abfälle (cm^3/kg): feste zu deponierende Stoffe unter Berücksichtigung ihres spezifischen Deponievolumens;

Tab. 2: Energieverbrauch pro kg Folie für kp Europa



Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Tab. 3: Daten und Quellen für Oekobil 4

Material	Inquiry date	Data source	Region
PS	2006	Plastics Europe	Europe
PET	2005	Plastics Europe	Europe
PVC	2005	Plastics Europe	Europe
PP	2005	Plastics Europe	Europe
HDPE	1995	Plastics Europe	Europe
LDPE	1993	Plastics Europe	UK
PVdC	2005	Plastics Europe	Europe
Glass, aluminum, carton, paper, tin plate	1991 & 1996	Federal Office for the Environment FOEN	Switzerland
PLA	2010	NatureWorks	USA
$CaCO_3$	2011	ELCD3	Europe

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

- CO_2-Fingerprint (mg/kg): Mindestvolumen pro kg Packstoff, um die Schadstoffmenge CO_2 in die Luft auf die gesetzlich zugelassene Konzentration zu reduzieren;
- Erdölverbrauch (g/kg): Gesamtmenge an Erdöl zur Herstellung von 1 kg Packstoff;
- Wasserverbrauch (l/kg): Gesamtmenge an Wasser zur Herstellung von 1 kg Packstoff.

Für alle zu vergleichenden Verpackungsvarianten werden für jeden einzelnen Stoffanteil obige Ökokriterien aufsummiert und der prozentuale Anteil an der aufsummierten Summe aller Vergleichsverpackungen berechnet. Diese Prozentzahlen werden mit Wichtungsfaktoren multipliziert. Dadurch entsteht eine dimensionslose Zahl (Totalindex), welche den ökologisch gewichteten Parameteranteil der einen Verpackung im Vergleich mit den anderen Verpackungen darstellt. Über eine Bewertung der prozentualen Anteile einzelner vergleichbarer Verpackungen bezogen auf die Gesamtsumme der einzelnen Parameter sowie eine Zusammenfassung über vorgebbare Wichtungsfaktoren lässt sich dann eine Aussage über bessere oder schlechtere ökologische Werte einzelner Verpackungen treffen. Für die hier bewerteten Verpackungsbeispiele wurden in Anlehnung an die Ökoeffizienz-Analyse der BASF folgende Wichtungsfaktoren für den Totalindex gewählt:

- Energieverbrauch 30%;
- Kritische Luftmenge 20%;
- Kritisches Wassermenge 20%;
- Feste Abfälle 10%;
- CO_2-Fingerprint 10%;
- Erdölverbrauch 5%;
- Wasserverbrauch 5%.

Die Ermittlung des Totalindexes für vergleichende Verpackungen erfolgt dann nach folgender „Formel“: Eco Index Packaging 1 = (Energy cons. / total energy cons.) * 30% + (Air cons. / total air cons.) * 20% ... + (oil cons. / total oil cons.) * 5%.

Abbildung 4 zeigt das Eröffnungsbild dieses Programmes.

In Abbildung 5 wird ein Beispiel einer vergleichenden Ökobilanzierung für unterschiedliche Pharmaverpackungen dargestellt, wie sie aus dem Programm Oekobil berechnet wird.

Man erkennt, dass unter den gegebenen Voraussetzungen die Verpackung 5 (PVC, Papier, Al) sowohl beim Energieverbrauch und der Luftverschmutzung wie auch beim Deponievolumen und CO_2-Fingerprint am besten abschneidet. Dies spiegelt sich dann auch im Totalindex wieder. Ökologisch ungünstig sind hingegen die Varianten 1 bis 3.

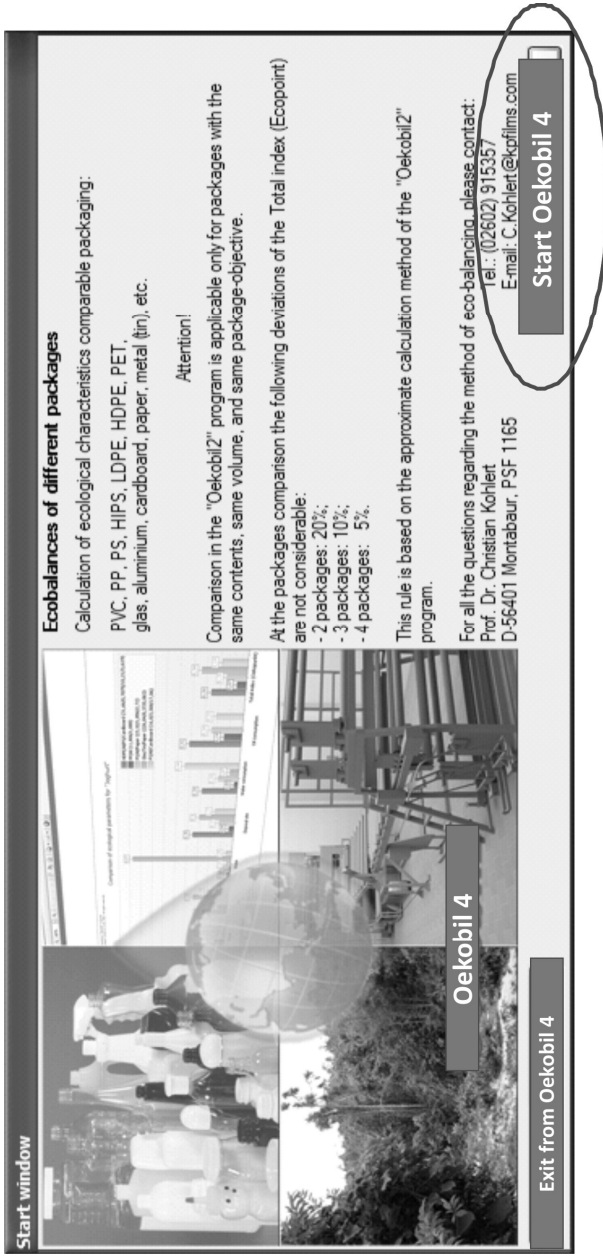


Abb. 4: Eröffnungsbild des oekobil-Programmes

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Packaging	Aluminum	PVC, aluminum	PP, aluminum	PVC, aluminum	PVC, paper, aluminum
Capacity (pieces)	10	10	10	10	10
Bottom film (gramms)	Aluminum 1,3262	PVC 1,2075	PP 1,1984	PVC 0,8301	PVC 0,841
Top film (gramms)	Aluminum 0,8922	Aluminum 0,603	Aluminum 0,5989	Aluminum 0,5125	Paper, aluminum 0,23

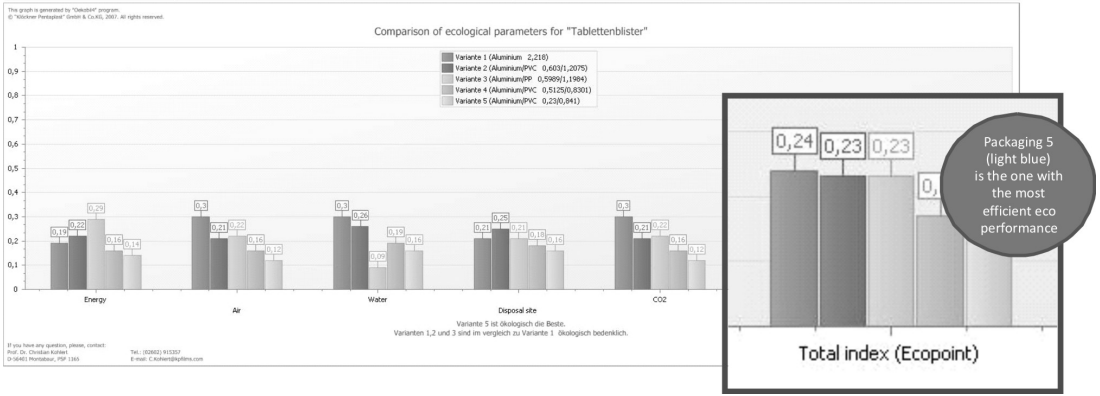


Abb. 5: Beispiel eines Ökobilanzvergleiches für Pharmaverpackungen

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Derzeit wird daran gearbeitet, dieses Programm als App für alle Interessenten und Kunden zugänglich zu machen (siehe Abb. 6):

- Ökobil wird als App für Tablets und Handys mit einfacher Menüführung entwickelt;
- die App kann dann komfortabel für Kunden und externe Partner genutzt werden;
- die Basisdaten werden verifiziert durch TÜV, DEKRA oder andere Institutionen;
- sich laufend verbessernde Ökodaten durch Energie- und Recyclingentwicklungen können unkompliziert durch den App-Betreiber implementiert werden.

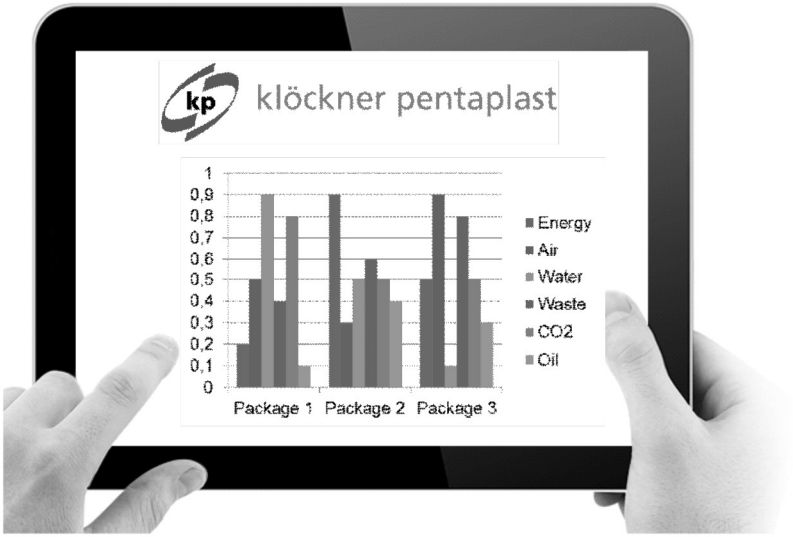


Abb. 6: Weitere Entwicklung: die Oekobil 7 App

Quelle: Klöckner Pentaplast intern

Literatur

Schneider, M. (2007): Bewertung unterschiedlicher Verpackungsmaterialien hinsichtlich ihrer Folieneigenschaften und ökologischen Profils. Bachelorarbeit. Stuttgart (Hochschule der Medien)