

PACK® EXPERTS  
DI DR. JOHANNES BERGMAIR

---

# NATURAL PACKAGING – KUNSTSTOFFVERPACKUNGEN IM UMBRUCH

DI Dr. Johannes Bergmair

© PACK EXPERTS DI DR JOHANNES BERGMAIR e.U. Mai-19

1

PACK® EXPERTS  
DI DR. JOHANNES BERGMAIR

---



## Warum verpacken?

2

PACK EXPERTS  
 DI DR. JOHANNES BERGMANN

every year around the globe  
**1.3 BILLION TONNES OF**

**FOOD** is **lost or wasted** that is **1/3** OF ALL FOOD PRODUCED FOR HUMAN CONSUMPTION

 <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/en/>, <http://www.fao.org/3/a-i4807e.pdf>, <https://www.youtube.com/watch?v=68d-MpUjR8t0&feature=youtu.be>, <https://www.youtube.com/watch?v=ioCVkcaHGQ>

3

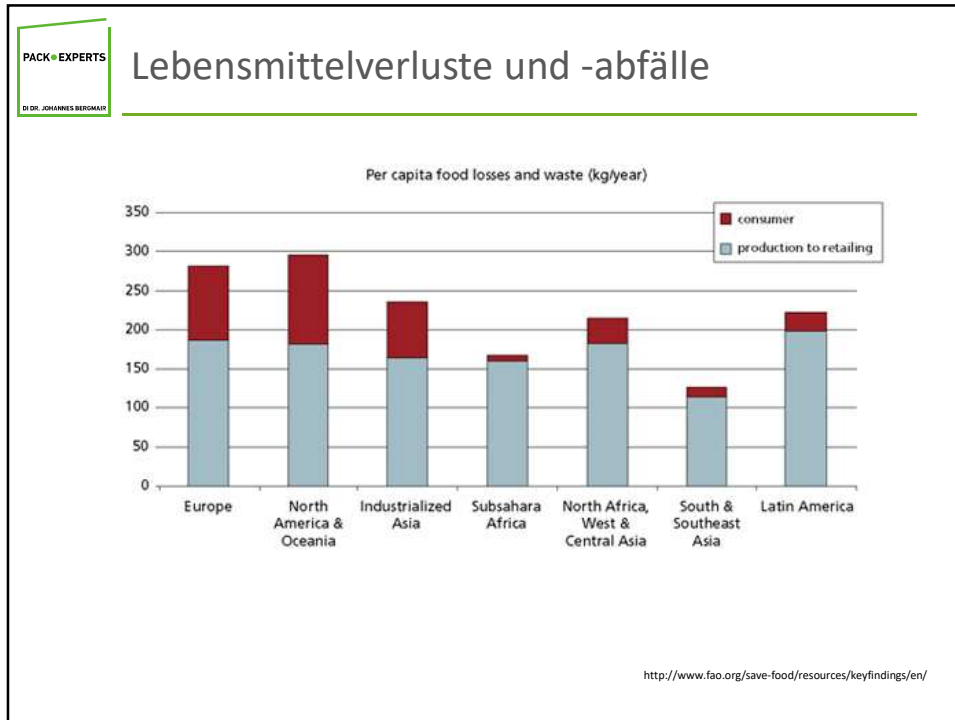
PACK EXPERTS  
 DI DR. JOHANNES BERGMANN

Global quantitative food losses and waste for each commodity group per year:

<b>30%</b>  <b>CEREALS</b> In industrialized countries, consumers throw away 286 million tonnes of cereal products.	<b>45%</b>  <b>FRUITS AND VEGETABLES</b> Almost half of all the fruits and vegetables produced are wasted.
<b>20%</b>  <b>DAIRY PRODUCTS</b> In Europe alone, 29 million tonnes of dairy products are lost or wasted every year.	<b>20%</b>  <b>MEAT</b> Of the 263 million tonnes of meat produced globally, over 20% is lost or wasted.
<b>35%</b>  <b>FISH AND SEAFOOD</b> 8% of fish caught globally is thrown back into the sea. In most cases they are dead, dying or badly damaged.	<b>20%</b>  <b>OILSEEDS AND PULSES</b> Every year, 22% of the global production of oilseeds and pulses is lost or wasted.
	<b>45%</b>  <b>ROOTS AND TUBERS</b> In North America & Oceania alone, 5 814 000 tonnes of roots and tubers are wasted at the consumption stage alone.

<http://www.fao.org/3/a-i4807e.pdf>

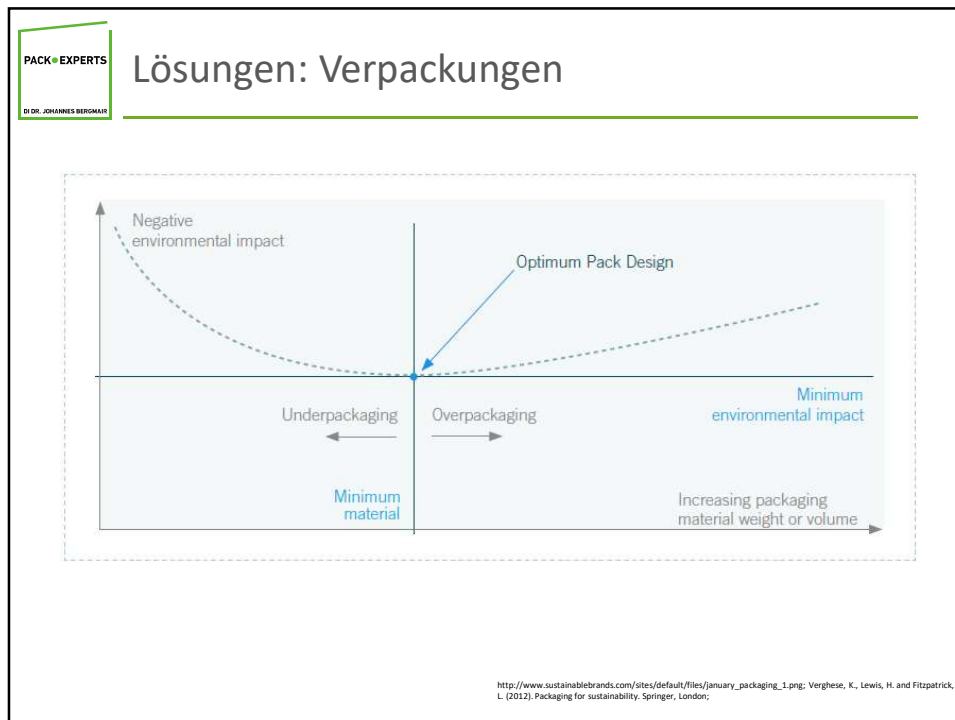
4



5



6



7

**PACK-EXPERTS**  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Lösungen: Verpackungen

### Lösungen auf Mikro-, Meso-, und Makro-Ebene

#### Technische Lösungen

- Geeignete Verpackung
- Geeignete Materialien
- Moderne Verpackungen wie zum Beispiel aktive und intelligente Verpackungen
- Portionierte Verpackungen
- Wiederverschließbare Verpackungen
- Convenience Verpackungen
- Hygiene bei Verarbeitung und Verpackung von Lebensmitteln
- ...

HLPE (The High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition), Food Losses and Food Waste in the Context of Sustainable Food Systems, <http://www.iufost.org/iufostftp/FLW-920FAO.pdf>

8

**PACK-EXPERTS**  
 DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Beispiele



Selling grapes in trays or bags has reduced in-store waste of grapes by 20%.



The shelf-life of beef can be extended by five to ten days, or even longer, when using the most advanced plastic packaging solutions.



Only 1.5 grams of wrapping plastic can keep a cucumber fresh for 14 days.

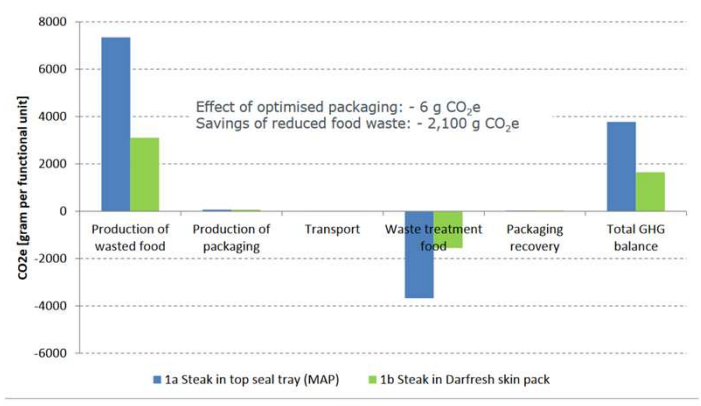
[Plastics Europe, Plastic packaging: born to protect, http://www.plasticseurope.org/documents/document/20140219143921-plastic\\_packaging\\_born\\_to\\_protect\\_brochure\\_190214.pdf](http://www.plasticseurope.org/documents/document/20140219143921-plastic_packaging_born_to_protect_brochure_190214.pdf)

9

**PACK-EXPERTS**  
 DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Beispiele - Steak

### CO<sub>2</sub> Fußabdruck



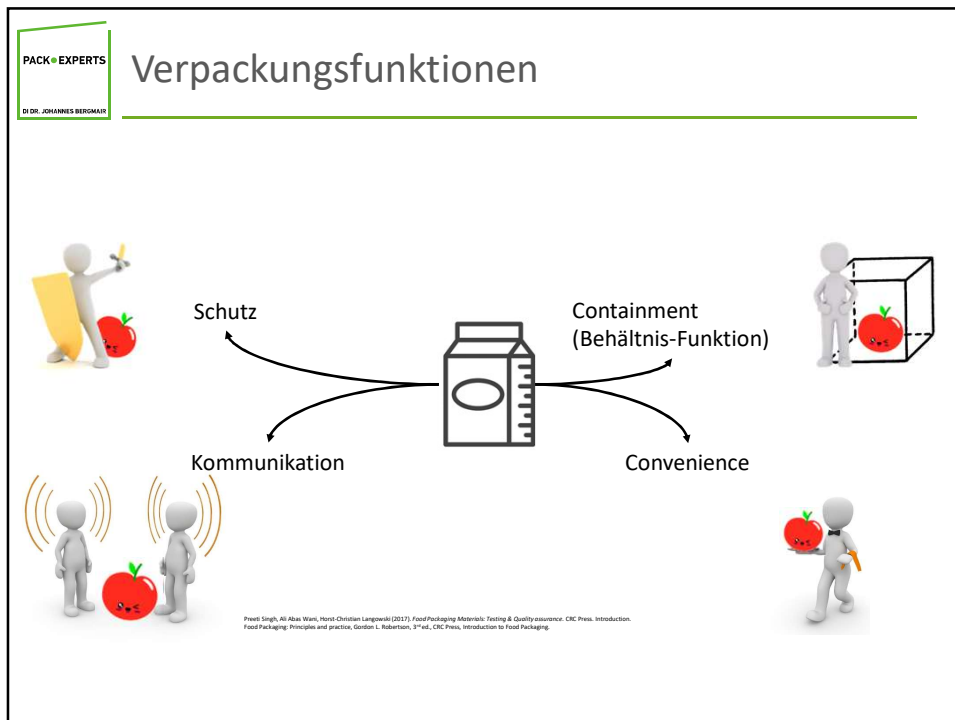
Effect of optimised packaging: - 6 g CO<sub>2</sub>e  
 Savings of reduced food waste: - 2,100 g CO<sub>2</sub>e

Category	1a Steak in top seal tray (MAP)	1b Steak in Darfresh skin pack
Production of wasted food	~7500	~3000
Production of packaging	~0	~0
Transport	~0	~0
Waste treatment food	~-3500	~-1000
Packaging recovery	~0	~0
Total GHG balance	~3500	~1500

functional unit = consumed amount = 330 g Sirloin steak

[http://denkstatt.at/files/How\\_Packaging\\_Contributes\\_to\\_Food\\_Waste\\_Prevention\\_V1.2.pdf](http://denkstatt.at/files/How_Packaging_Contributes_to_Food_Waste_Prevention_V1.2.pdf)

10



11



12

PACK-EXPERTS

DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Begriffsdefinition

---

Derzeit noch KEINE einheitliche und international anerkannte Definition des Begriffes ... trotz ISO 17088

**Bio-Kunststoffe** (Definition nach European Bioplastics)

Kunststoffe, die auf **Basis nachwachsender Rohstoffe** hergestellt werden

Biologisch abbaubare Kunststoffe, welche alle Kriterien von wissenschaftlich anerkannten Normen zum **Nachweis der biologischen Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit** von Kunststoff(product)en erfüllen (in EU: EN 13432 / EN 14995)

EN 13432: Verpackung - Anforderungen an die Verwertung von Verpackungen durch Kompostierung und biologische Abbau - Prüfschema und Bewertungskriterien für die Einstufung von Verpackungen

EN 14995: Kunststoffe - Bewertung der Kompostierbarkeit - Prüfschema und Spezifikationen


13


PACK-EXPERTS

DI DR. JOHANNES BERGMANN

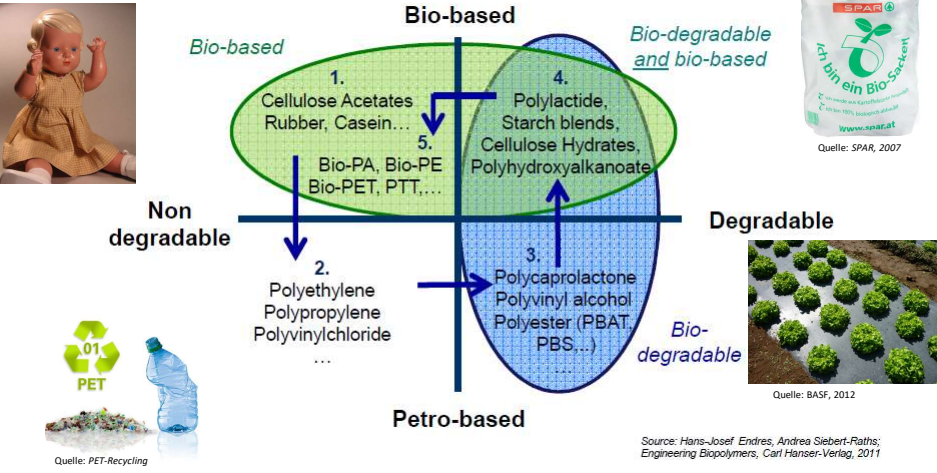
## Geschichte der Kunststoffe

---






Quelle: SPAR, 2007




The diagram is a 2x2 matrix with 'Bio-based' on the vertical axis and 'Petro-based' on the horizontal axis. The vertical axis is also labeled 'Bio-degradable and bio-based' at the top and 'Bio-degradable' at the bottom. The horizontal axis is labeled 'Non degradable' on the left and 'Degradable' on the right. The quadrants contain the following items:

- Top-Left (Bio-based, Non degradable):** 1. Cellulose Acetates, Rubber, Casein...; 5. Bio-PA, Bio-PE, Bio-PET, PTT,...
- Top-Right (Bio-based, Degradable):** 4. Polylactide, Starch blends, Cellulose Hydrates, Polyhydroxyalkanoate
- Bottom-Left (Petro-based, Non degradable):** 2. Polyethylene, Polypropylene, Polyvinylchloride, ...
- Bottom-Right (Petro-based, Degradable):** 3. Polycaprolactone, Polyvinyl alcohol, Polyester (PBAT, PBS...), ...



Quelle: PET-Recycling



Quelle: BASF, 2012

Source: Hans-Josef Endres, Andrea Siebert-Raths; Engineering Biopolymers, Carl Hanser-Verlag, 2011

14

PACK-EXPERTS  
DR. JOHANNES BERGMANN

## Biologisch abbaubare Kunststoffe (BAW)

---

**Im wesentlichen 4 BAW-Produktklassen:**

**Stärkewerkstoffe**  
(thermoplastische Stärke und Stärke-Blends, extrudierte Stärke)

**Polymilchsäure**  
(PLA, PLA-Blends)

**Polyhydroxyalkanoate**  
(PHB, PHV, PHBV ...)

**Cellulosewerkstoffe**  
(Zellglas, CA, CAB ...)




15

PACK-EXPERTS  
DR. JOHANNES BERGMANN

## Biologisch abbaubare Kunststoffe

### Kommerziell verfügbare BAW

---

Erdölbasis	Hersteller (Handelsname)	Anwendungen
Polyester	BASF (Ecoflex)	Folie, Spritzguss
Polyvinylalkohole	Diverse	Folie
Pflanzliche Basis	Hersteller (Handelsname)	Anwendungen
Stärke, Stärkewerkstoffe, Blends	Novamond (MaterBi) Rodenburg Biopolymers (Solanyl) Plantic Technologies (Plantic) Biop AG (BIOPar) Bioptec (Bioplast)	Folie, Spritzguss, Extrusion
Polyhydroxyalkanoate (PHA)	Kaneka, Metabolix, Mitsubishi	Spritzguss
Polymilchsäure (PLA)	NatureWorks PLA (NatureWorks), Mitsui (Lacea), Hycail	Folien, Spritzguss
Cellulose (-acatate)	Innovia Films (NatureFlex) FKUR	Folien

16



PACK-EXPERTS  
DI DR. JOHANNES BERGMANN


## Abbaubare Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen



17

PACK-EXPERTS  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Thermoplastische Stärke – Verarbeitung



Hauptsächlich TPS-Blends im Einsatz (30 – 50 % TPS-Gehalt)

- Biologisch abbaubare Polyester aus petrochemischen Rohstoffen (basierend auf 1,4-Butandiol, Adipinsäure und Terephthalsäure)
- Biologisch abbaubare Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

Entsprechende Trocknung notwendig

Für alle gängigen Verarbeitungstechnologien geeignet außer Faserspinnen (TPS-Blend)

Verarbeitungstemperatur schwankt in großem Bereich (100 – 175 °C)

Verfügbarkeit: div. Lieferanten für TPS bzw. TPS-Blends

Quelle:  
Jamshidian et al., Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2010, 9, 552-571

18

**PACK-EXPERTS**  
 DR. JOHANNES BERGMAYER

## Anwendungsbeispiele thermoplastische Stärke



Quelle: Spar



Quelle: Christian Gahle, nova-Institut GmbH



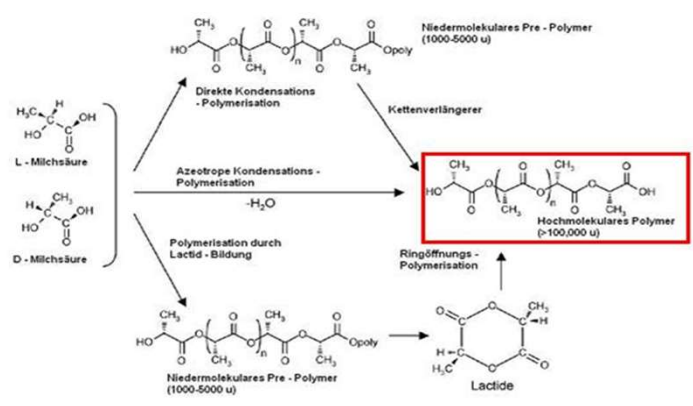
Quelle: DuPont

19

**PACK-EXPERTS**  
 DR. JOHANNES BERGMAYER

## Polymilchsäure – Herstellung

Milchsäure aus Fermentation (90 %) oder chemischer Synthese



$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$   
 L - Milchsäure  
 $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$   
 D - Milchsäure

Direkte Kondensations-Polymerisation  
 Azeotrope Kondensations-Polymerisation  
 Polymerisation durch Lactid - Bildung

$\text{HO}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{O}-\text{Poly}$   
 Niedermolekulares Pre - Polymer (1000-5000 u)

Kettenverlängerer

$\text{HO}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{O}-\text{Poly}$   
 Hochemolekulares Polymer (>100,000 u)

Ringöffnungs - Polymerisation

$\text{O}=\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}=\text{O}$   
 Lactide

20

**PACK-EXPERTS**  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Polymilchsäure – Verarbeitung & Anwendung

Verarbeitung am besten auf PET-Anlagen

Wie alle Polyester scherempfindlich

Für sämtliche Verarbeitungstechnologien geeignet außer Extrusionsblasformen

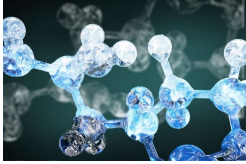
Recycling problematisch

Direkte Anwendung als Verpackungsmaterial (Becher, Folien, etc.)

Einsatz als Beschichtung für Papier und Textilbereiche

Verfügbarkeit: NatureWorks, Natureplast, Cereplast (Blends)

Quelle:  
Jamshidian et al., Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2010, 9, 552-571



21


**PACK-EXPERTS**  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Polyhydroxyalkanoate – Herstellung

Hauptsächlich Fermentation

~ 300 Bakterien bekannt, die PHA als Energiespeicher nutzen (*Alcaligenes sp.*)

Max. Produktionsrate 3 – 5 g/(kg\*h) (Antibiotika ~ 1 g/(kg\*h))



Quelle:  
Enders und Sieberth-Raths, Technische Biopolymere, Hanser, 2011

22

**PACK-EXPERTS**  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Polyhydroxyalkanoate – Herstellung

Optisch aktive, aliphatische Polyester

$$\left( \text{O}-\text{CH}(\text{R})-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O}) \right)_n$$

R = CH<sub>3</sub> Polyhydroxybutyrate  
R = CH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub> Polyhydroxyvalerate

Großes Modifikationsspektrum (Wirkung als Copolymer)

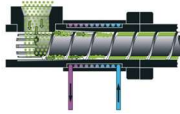
Wichtigste Vertreter: Polyhydroxybutyrat (PHB), Polyhydroxyvalerat (PHV), Polyhydroxyhexonat (PHH), Polyhydroxyoctanoat (PHO)

Quelle: Enders und Sieberth-Raths, Technische Biopolymere, Hanser, 2011

23

**PACK-EXPERTS**  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Polyhydroxyalkanoate – Verarbeitung



Wird hauptsächlich im Spritzguss, durch Extrusion und Extrusion verarbeitet

Niedrigviskos -> am besten auf PP-Anlagen zu verarbeiten

Großes Spektrum an Anwendungen aufgrund vieler, gut einstellbarer Parameter (Additive, Copolymere, ...)

> 190 °C thermische Schädigung des Materials

Verfügbarkeit: Biomer, PHB Industrial, Metabolix

Prinzipiell für Flaschen und Folien geeignet

24

**PACK-EXPERTS**  
DI DR. JOHANNES BERGMAYER

### Nicht-abbaubare Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen

25

**PACK-EXPERTS**  
DI DR. JOHANNES BERGMAYER

### PEF – Polyethylen-Furanoat

**Fructose**  
C(C1C(C(C(C(O1)O)O)O)O)O  
 $\xrightarrow{H^+} - 3H_2O$

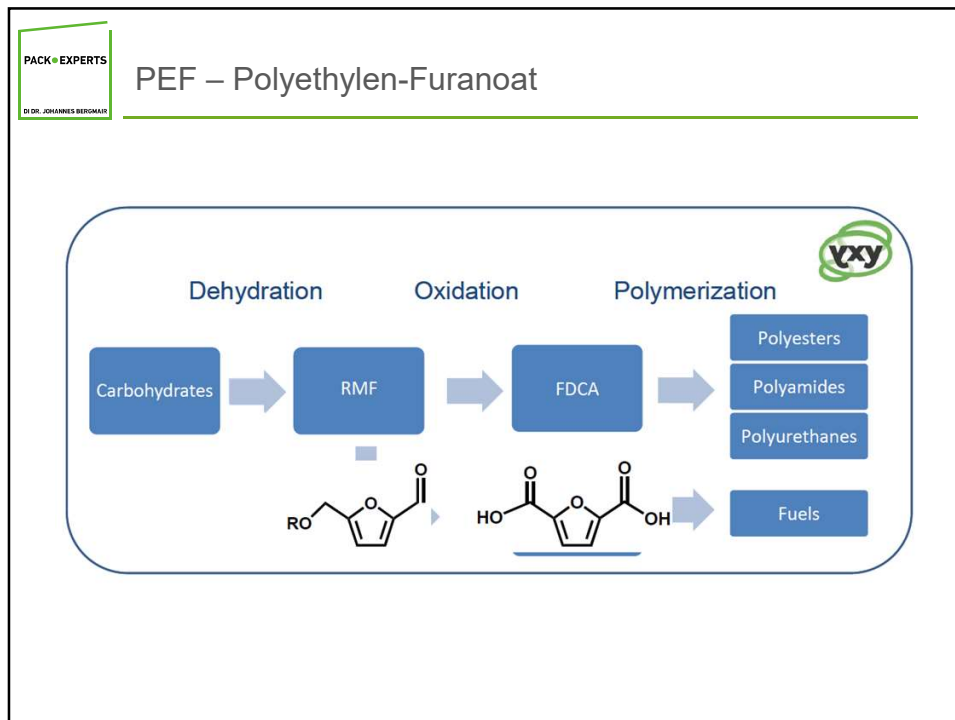
**5-Hydroxymethylfural (HMF)**  
OCC1=CC(=O)C=C1  
 $\xrightarrow{R-OH, cat} - H_2O$

**Alkoxy-methylfural (RMF)**  
ROC1=CC(=O)C=C1

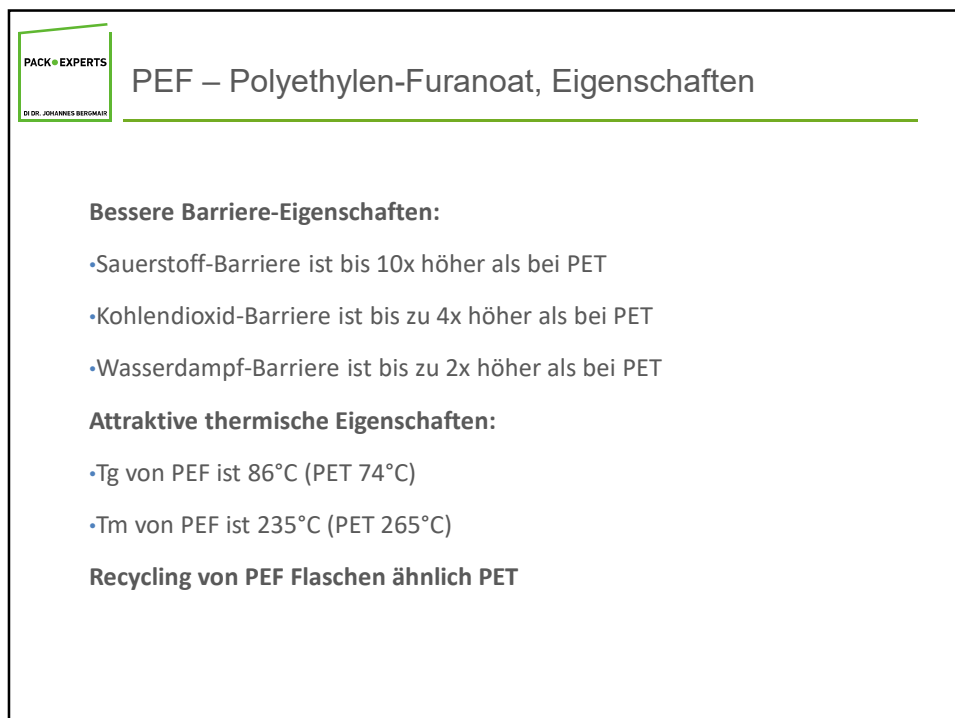
**Alkoxy-methylfural (RMF)**  
ROC1=CC(=O)C=C1  
 $\xrightarrow{oxidation}$

**Furandicarboxylic acid (FDCA)**  
OC(=O)C1=CC(=O)C=C1C(=O)O

26




27






28

PACK-EXPERTS  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## PEF – Polyethylen-Furanoat

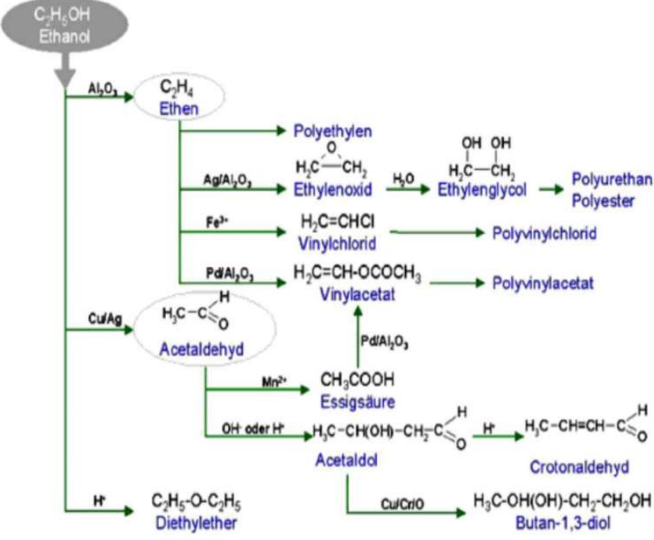


-  Bottles
-  Fibers
-  Film

29

PACK-EXPERTS  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Nicht-abbaubare Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen am Beispiel Ethanol



The diagram illustrates the chemical pathways from ethanol ( $C_2H_5OH$ ) to various non-biodegradable plastics:

- Ethanol ( $C_2H_5OH$ )** is converted to **Ethen ( $C_2H_4$ )** using  $Al_2O_3$ .
- Ethen ( $C_2H_4$ )** can be polymerized to **Polyethylen**.
- Ethen ( $C_2H_4$ )** reacts with  $Ag/Al_2O_3$  to form **Ethylenoxid** ( $H_2C-O-CH_2$ ), which then reacts with  $H_2O$  to form **Ethylenglycol** ( $H_2C(OH)-CH_2(OH)$ ), leading to **Polyurethan** and **Polyester**.
- Ethen ( $C_2H_4$ )** reacts with  $Fe^{2+}$  to form **Vinylchlorid** ( $H_2C=CHCl$ ), which is polymerized to **Polyvinylchlorid**.
- Ethen ( $C_2H_4$ )** reacts with  $Pd/Al_2O_3$  to form **Vinylacetat** ( $H_2C=CH-OCOCH_3$ ), which is polymerized to **Polyvinylacetat**.
- Ethanol ( $C_2H_5OH$ )** is oxidized to **Acetaldehyd** ( $H_3C-C(=O)H$ ) using  $Cu/Ag$ .
- Acetaldehyd** can be oxidized to **Essigsäure** ( $CH_3COOH$ ) using  $Mn^{2+}$ .
- Acetaldehyd** reacts with  $OH$  or  $H^+$  to form **Acetalddol** ( $H_3C-CH(OH)-CH_2-C(=O)H$ ), which is further oxidized to **Crotonaldehyd** ( $H_3C-CH=CH-C(=O)H$ ) using  $H^+$ .
- Acetaldehyd** reacts with  $H^+$  to form **Diethylether** ( $C_2H_5-O-C_2H_5$ ).
- Acetalddol** reacts with  $Cu/CrO$  to form **Butan-1,3-diol** ( $H_3C-OH(OH)-CH_2-CH_2OH$ ).

<http://www.aktuelle-wochenschau.de/2008/woche29/woche29.html>

30

**PACK-EXPERTS**  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Biopolyolefine – Herstellung & Eigenschaften

- Ethanol wird aus Zuckerrohr gewonnen und zu Ethen umgewandelt
- 100 % aus nachwachsenden Rohstoff
- Lieferant: Braskem
- Größte Produktionskapazitäten (bis 2015)
- Rezyklierbarkeit gegeben
- LDPE & PP Typen: bis 2015




Quelle:  
Enders und Sieberth-Raths, Technische Biopolymere, Hanser, 2011

31

**PACK-EXPERTS**  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Biopolyamid – Herstellung

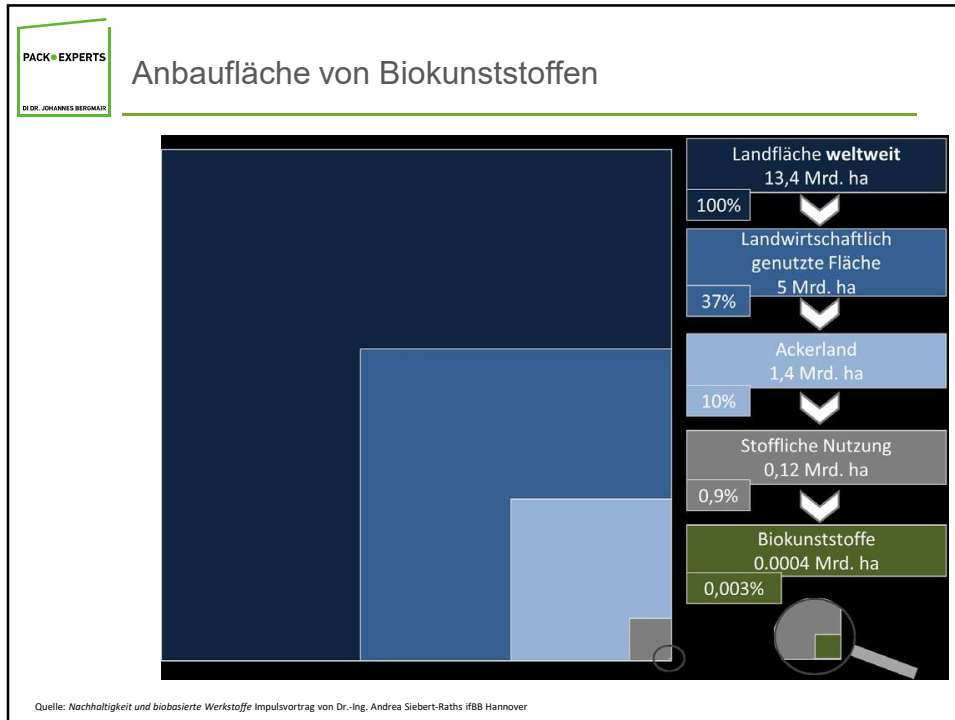


- Homopolyamide:
  - Polyamid 11 (Aminoundecansäure basierend auf Rizinusöl)
  - Polyamid 6 (basierend auf biogenem Caprolactam)
- Copolyamide:
  - Polyamid 6 10: < 62 % nachwachsender Anteil (Sebacinsäure basierend auf Rizinusöl)
  - Polyamid 10 10: bis zu 100 % (Decamethyldiamin und Sebacinsäure basierend auf Rizinusöl)
  - Polyamid 10 12: < 45 % nachwachsender Rohstoffe (Decamethyldiamin basierend auf Rizinusöl)

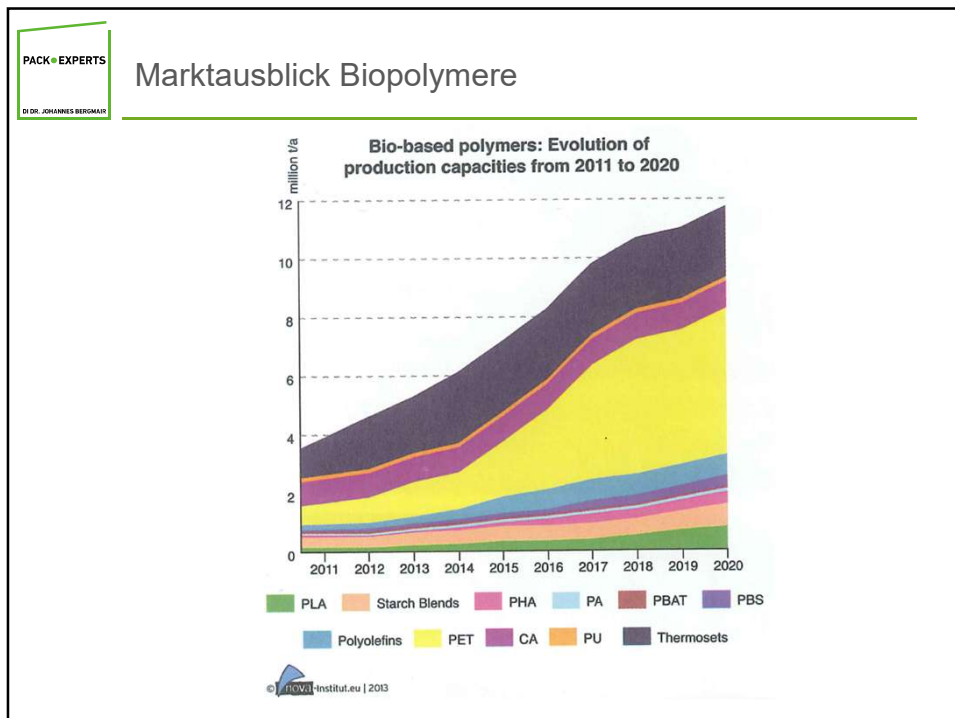
Quelle:  
Enders und Sieberth-Raths, Technische Biopolymere, Hanser, 2011

32





33



34



35



36

**PACK-EXPERTS**  
DI DR. JOHANNES BERGMANN

## Verpackung heute

... Gründe

Die **Schlüsselrolle** der Verpackung wird **nicht wahrgenommen**  
Verpackungen werden oft als notwendiges Übel oder unnötige Kosten angesehen

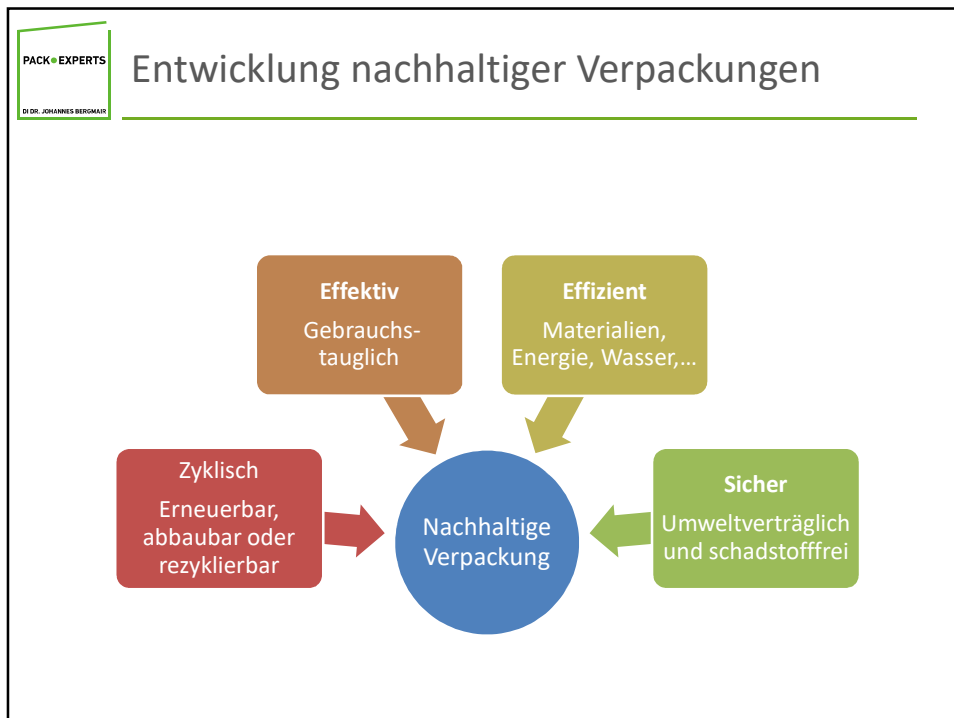
**Sicht des Kunden**  
Verpackung ist sinnlos  
Eine ernste Verschwendung von Ressourcen und eine Umweltbedrohung

**Erklärung:**

- **Verpackungsfunktionen** sind entweder **unbekannt** oder werden **nicht vollständig betrachtet**
- **Moment der Interaktion:** KonsumentInnen treten am Ende der Wertschöpfungskette mit Verpackungen in Kontakt – Hier ist die Aufgabe der Verpackungen zumeist erfüllt und es ist verständlich, dass diese die Verwendung von Verpackung als übertrieben oder überflüssig betrachten

Food Packaging: Principles and practice, Gordon L. Robertson, 3<sup>rd</sup> ed., CRC Press, Introduction to Food Packaging, p. 1-2

37



38

PACK EXPERTS  
DI DR. JOHANNES BERGMAIR

---



“Es ist nicht einfach, Grün zu sein”

[Kermit der Frosch]

<http://www.stickling.com/img/at-the-movies/the-muppets/kermit-the-frog-thinking>

39

PACK EXPERTS  
DI DR. JOHANNES BERGMAIR

## Kontakt

---

- PACK EXPERTS
- DI Dr. Johannes BERGMAIR
- WPO General Secretary
- [johannes.bergmair@packexperts.at](mailto:johannes.bergmair@packexperts.at)
- +43 676 5711388
- [www.packexperts.at](http://www.packexperts.at)
- [www.worldpackaging.org](http://www.worldpackaging.org)



DI DR. JOHANNES BERGMAIR

40