

Vortrag „Biokunststoffe für Verpackungen“

Dr. Stephan Kabasci

Fraunhofer UMSICHT

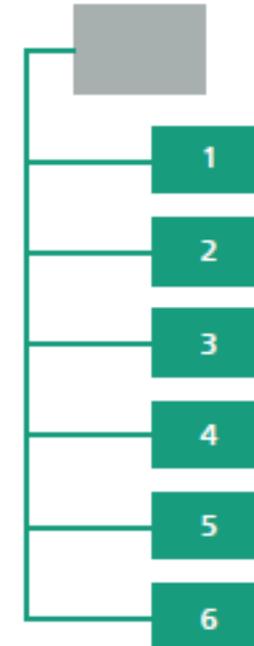
Zu meiner Person

- Jahrgang 1964
- Studium Chemietechnik TU Dortmund
 - Vertiefung Bioverfahrenstechnik
- Doktorand TU Dortmund
 - Chemische Verfahrenstechnik
- Fraunhofer UMSICHT
 - Umwelttechnik
 - Bioverfahrenstechnik
 - Nachwachsende Rohstoffe
 - Biobasierte Kunststoffe
 - Forschungsmanagement



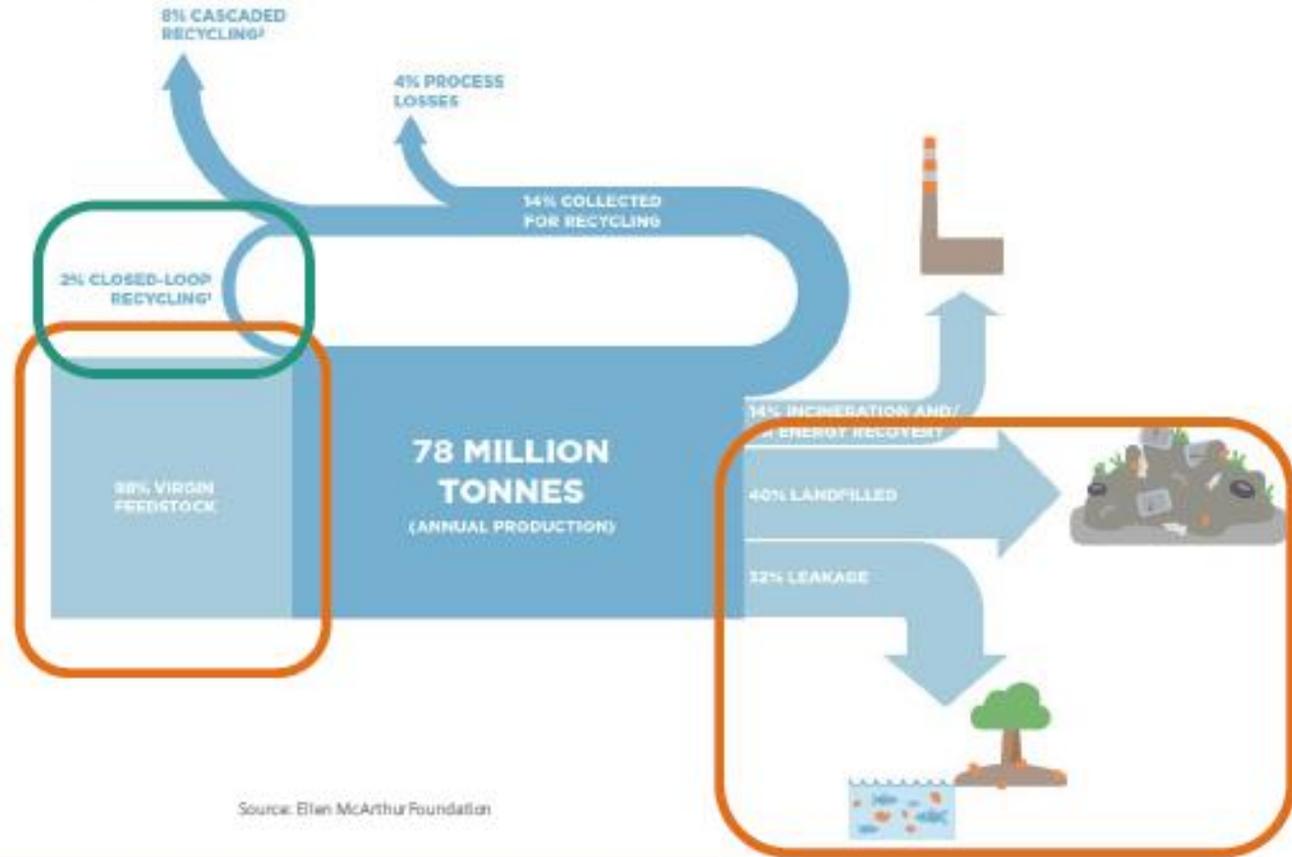
Inhalt

- Einleitung
- Bioabbaubarkeit
- Biobasierte Kunststoffe



Stoffflüsse bei Kunststoffverpackungen heute

- Schätzungen der Stoffströme an Kunststoffverpackungen (weltweit)
- Sehr geringer Anteil an Produkt-zu-Produkt Recycling
- Zwei Problembereiche:
 - Nutzung fossiler Rohstoffe (→ Klimawandel)
 - Umweltverschmutzung



Biokunststoffe – Definition

»Biokunststoffe sind entweder biobasiert oder bioabbaubar oder beides«¹

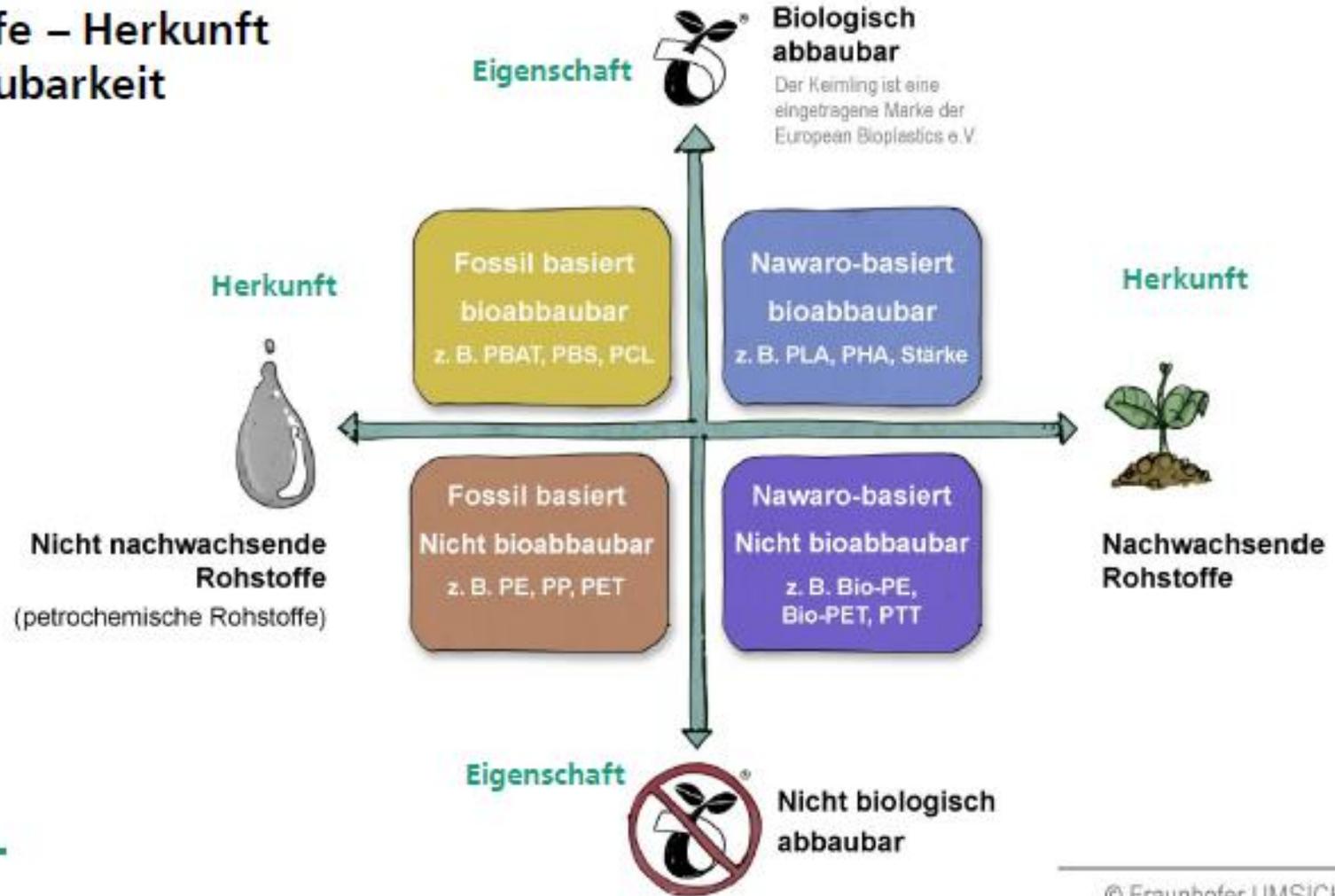
- **Herkunft:**
Kunststoffe aus biogenen Rohstoffen
(nachwachsende Rohstoffe, NawaRo)
 - **Materialeigenschaft:**
Biologisch abbaubare Kunststoffe
- Bevorzugt genaue Bezeichnung verwenden
(also: *biobasiert und/oder bioabbaubar*)



¹ Definition nach European Bioplastics and U.S. Plastics Industry Association

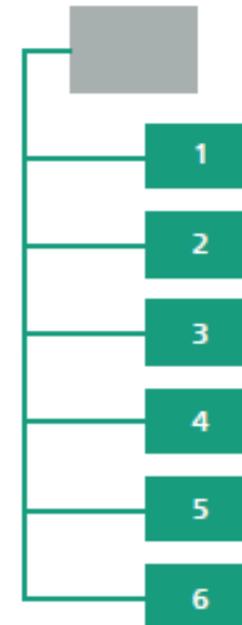
Quelle: Johannes Jansson/morden.org, CC BY 2.5 dk,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25000215>

Biokunststoffe – Herkunft und Bioabbaubarkeit



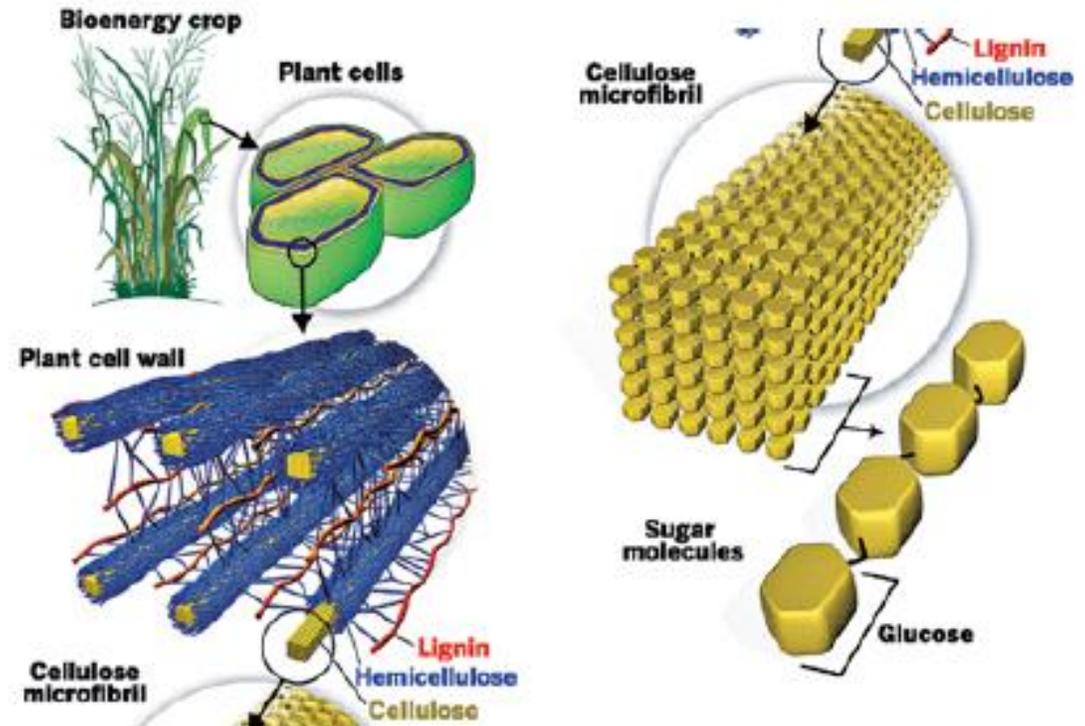
Inhalt

- Biokunststoffe im Überblick
- Bioabbaubarkeit
- Biobasierte Kunststoffe



Polymerabbau – aber natürlich!

- Wesentliche Gerüstsubstanz bei Pflanzen: Lignocellulose
- Verbundwerkstoff aus Cellulose, Hemicellulosen und Lignin
- Abbau von Pflanzenmaterial durch Destruenten, Mikro- und Makropilze, Bakterien u. a. Organismen



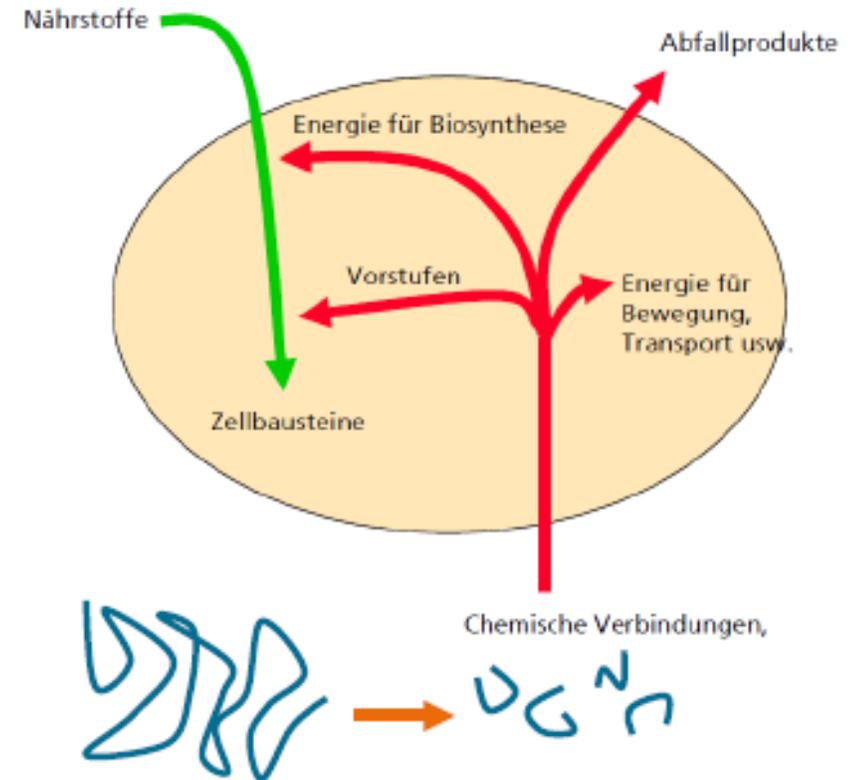
Polymerabbau – aber natürlich!

- Wesentliche Gerüstsubstanz bei Pflanzen: Lignocellulose
- Verbundwerkstoff aus Cellulose, Hemicellulosen und Lignin
- Abbau von Pflanzenmaterial durch Destruenten: Mikro- und Makropilze, Bakterien u. a. Organismen
- Abbau bedeutet:
 - unter aeroben Bedingungen (mit Sauerstoff), wird Kohlenstoff zu CO₂ oxidiert
 - unter anaeroben Bedingungen (Faulung) entsteht ein Gemisch aus CO₂ und Methan (CH₄, Biogas)



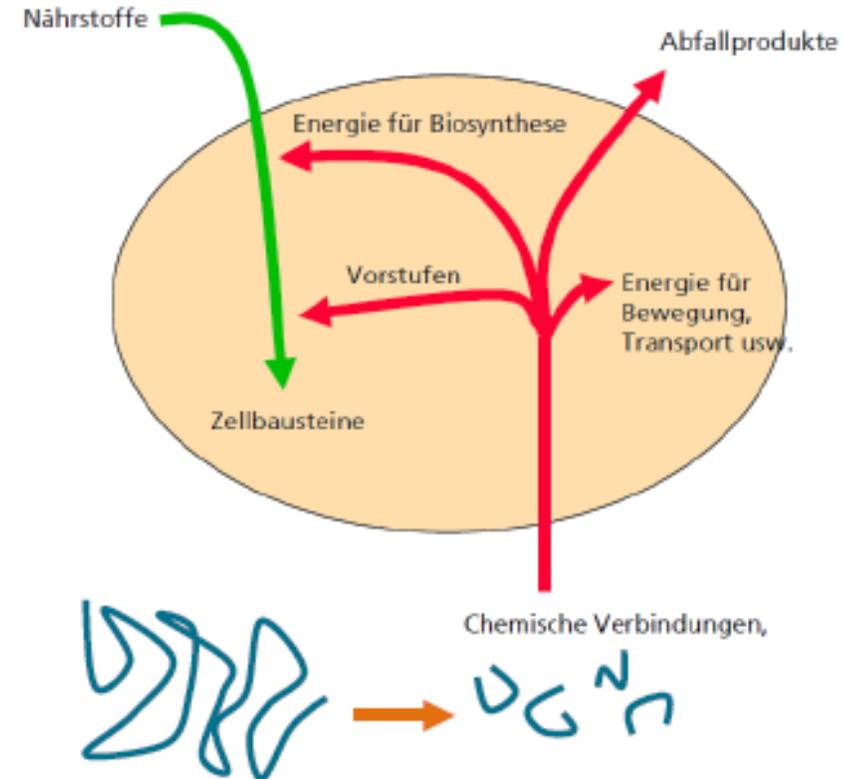
Polymerabbau – aber natürlich!

- Destruenten verwenden kohlenstoffhaltige Verbindungen als »Futter«, aus dem sie Energie und Stoffe für ihre Lebensprozesse gewinnen
- Große Moleküle wie Polymere müssen in kleine Stücke aufgespalten werden, um in die Zelle zu gelangen



Polymerabbau – wie kann das gemessen werden?

- Destruenten verwenden kohlenstoffhaltige Verbindungen als »Futter«, aus dem sie Energie und Stoffe für ihre Lebensprozesse gewinnen
- Große Moleküle wie Polymere müssen in kleine Stücke aufgespalten werden, um in die Zelle zu gelangen
- »Abfallprodukte« sind Kohlendioxid/Methan
- Die Messung der Bildung von CO_2 oder $\text{CO}_2 + \text{CH}_4$ ist direkt gekoppelt an die Kohlenstoffaufnahme der MO
- Der Vergleich mit theoretischen Werten, die aus dem Gesamtkohlenstoff im Substrat berechnet werden kann, liefert ein Maß für den Bioabbau
- Wichtig: Es wird auch Zellmasse aufgebaut!



Bioabbauprüfungen in normierten Labortests

- **Produkte aus kompostierbaren Kunststoffen**
Tests nach EN 13432; ASTM D6400, EN 14995, ISO 17088, ISO 18606, AS 4736
 - **Chemische Analyse:** Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Hg, Cr, Mo, Se, As, F
 - **Vollständige aerobe Bioabbaubarkeit** in Kompost bei 55 °C nach ISO 14855-1; Bestanden bei > 90 % Bioabbau (absolut oder im Vergleich zur Referenz) in 180 Tagen (max.)
 - **Desintegration in Bioabfallkompost** nach 3 Monaten; Test nach ISO 16929; Bestanden: max. 10 % Restpartikel >2 mm
 - **Ökotoxizitätsprüfung** nach OECD 208
- Produkte müssen alle Tests bestehen!

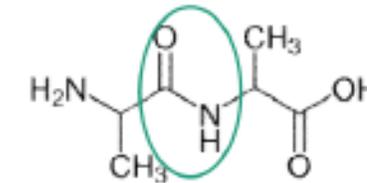
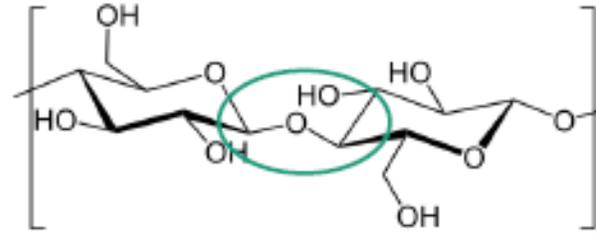


Laboreinrichtungen bei Fraunhofer UMSICHT

Polymerabbau – eine Frage der Struktur

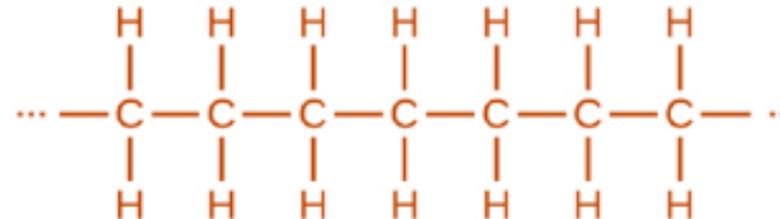
Natürliche Polymere

- Enzymatische Synthesen
- **Hydrolysierbare¹ Bindungen**
- Cellulose, Proteine: gut abbaubar



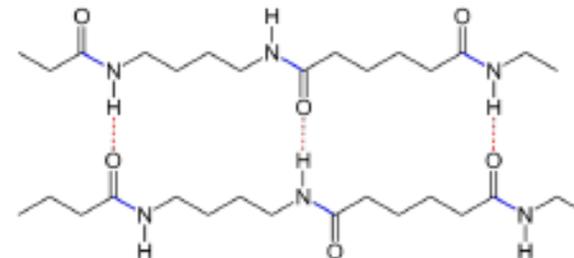
Polymere in Kunststoffen

- Chemische Synthesen
- Nicht hydrolysierbar
- **Polyethylen (PE): kaum abbaubar**



Weiterhin wichtig

- Molekulargewicht
- Kristallinität
- **Polyamid (PA): kaum abbaubar**



¹ durch Wassereinlagerung spaltbar

Verhalten kompostierbarer Kunststoffe in der Umwelt

- Welche Schlussfolgerungen können aus den Tests gezogen werden?



Seedling logo for certified
industrially compostable
materials (EN 13432)

Reg. Trademark of EuropeanBioplastics e. V.

Verhalten kompostierbarer Kunststoffe in der Umwelt

- Welche Schlussfolgerungen können aus den Tests gezogen werden?
- Wird ein Produkt mit zertifizierter industrieller Kompostierbarkeit in einer Kompostierungsanlage abgebaut sein?



Source: Pixabay

Verhalten kompostierbarer Kunststoffe in der Umwelt

- Welche Schlussfolgerungen können aus den Tests gezogen werden?
- Wird ein Produkt mit zertifizierter industrieller Kompostierbarkeit in einer Kompostierungsanlage abgebaut sein?
- Wird es abbauen, nachdem jemand es in die Umwelt geworfen hat?
(Napper IE, Thompson AC, *Environ Sci. Technol.* 2019 53 (9), 4775-4783;
DOI: 10.1021/acs.est.8b06984)



Source: Pixabay

Verhalten kompostierbarer Kunststoffe in der Umwelt

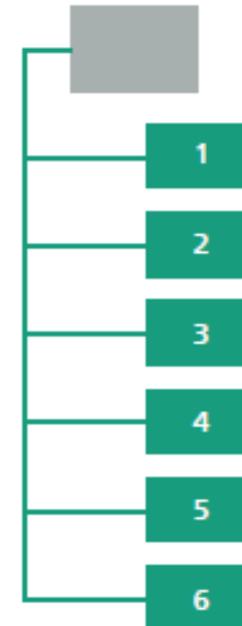
- Welche Schlussfolgerungen können aus den Tests gezogen werden?
- Wird ein Produkt mit zertifizierter industrieller Kompostierbarkeit in einer Kompostierungsanlage abgebaut sein?
- Wird es abbauen, nachdem jemand es in die Umwelt geworfen hat?
(Napper IE, Thompson AC, *Environ Sci. Technol.* 2019 53 (9), 4775-4783;
DOI: 10.1021/acs.est.8b06984)
- Abfallwirtschaft ist der Schlüssel (Vermeiden, Wiederbenutzen, Rezyklieren, sicher Entsorgen)
- Bioabbaubare Materialien in umweltkritischen Anwendungen und als Langfristoption



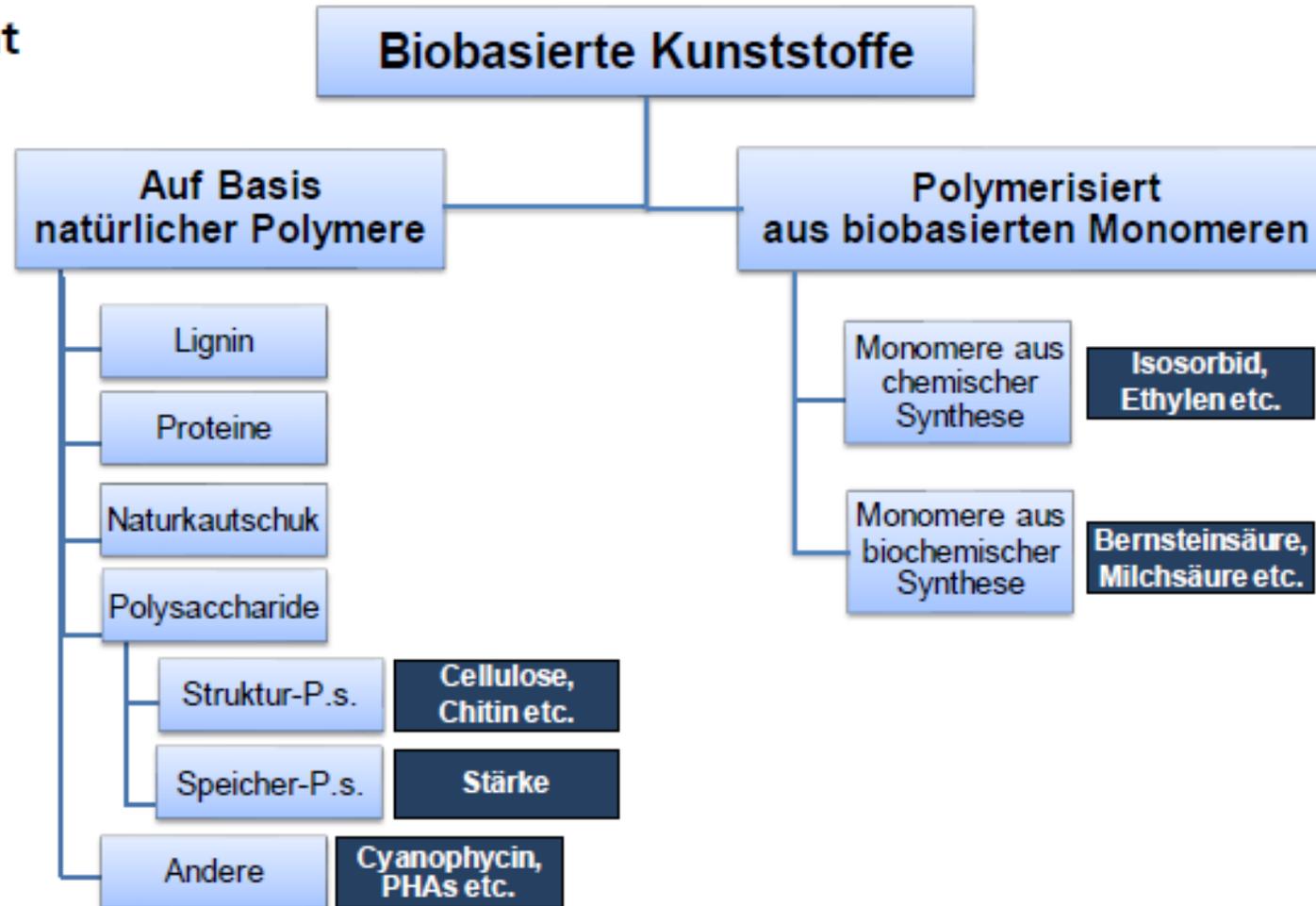
Source: Fraunhofer UMSICHT

Inhalt

- Biokunststoffe im Überblick
- Bioabbaubarkeit
- Biobasierte Kunststoffe

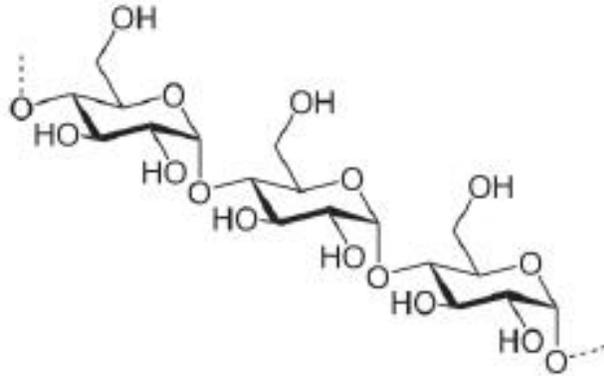


Übersicht



Beispiel natürliches Polymer – Stärke

- Stärke kommt als Energiespeicher in vielen Pflanzen vor und ist ein preiswerter Rohstoff
- Chemische Struktur



- Stärke lässt sich thermoplastisch verarbeiten und ist gut bioabbaubar
- Die Produkte sind feuchtigkeitsempfindlich und haben relativ schlechte mechanische Kennwerte



Stärke – Produkte

- Loose-fill Verpackungsmaterial



FARMfill®



Quelle: Loick, Biowertstoffe GmbH

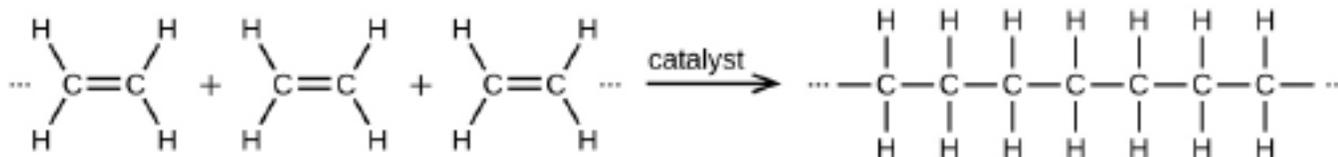
- Für Anwendungen in Folien und um bessere Eigenschaften zu erreichen wird Stärke mit weiteren bioabbaubaren Polymeren gemischt
- Produktionskapazität dieser Stärkeblends weltweit ca. 400.000 t/a



© Novamont.com

Beispiel biobasiertes Monomer – Ethylen

- Ungesättigte Kohlenwasserstoffe (Olefine) können durch Dehydratation von Alkoholen gewonnen werden
- Beispiel: Herstellung von »Bio«-Ethylen aus Bioethanol:
 $C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 + H_2O$
- Praktisch umgesetzt in der Herstellung des »Green PE«, dem bio-basierten Polyethylen der Fa. Braskem (BR)
- Prozesskette:
Rohrzucker \rightarrow Bioethanol \rightarrow Bio-Ethylen \rightarrow Bio-PE
- Herstellkapazität etwa 230.000 t/a



Quelle: Braskem Brasil - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26939398>

Bio-PE – Eigenschaften und Produkte

- Eigenschaften wie fossiles PE
- Nicht biologisch abbaubar
- höherer Preis
- eingeschränkte Sortenauswahl
- Anwendungen:
 - Folien
 - Tuben
 - Flaschen



Quelle: FKUR
Kunststoff GmbH



Lebenszyklusanalyse von biobasierten Kunststoffen Life cycle assessment – LCA

- Meist keine eindeutigen Umweltvorteile für Biokunststoffe
- Die Verwendung nachwachsender Rohstoffe führt i. d. R. zur Schonung fossiler Ressourcen und zur Verbesserung der CO₂-Bilanz
- Biobasierte Kunststoffe sind schlechter in den Kategorien »Eutrophierung«, »Ozonbildung« oder »Versauerung«
- Ergebnis der Ökobilanz ist stark abhängig von den gewählten Rahmenbedingungen (z. B. Energiequelle, Entsorgungspfad)

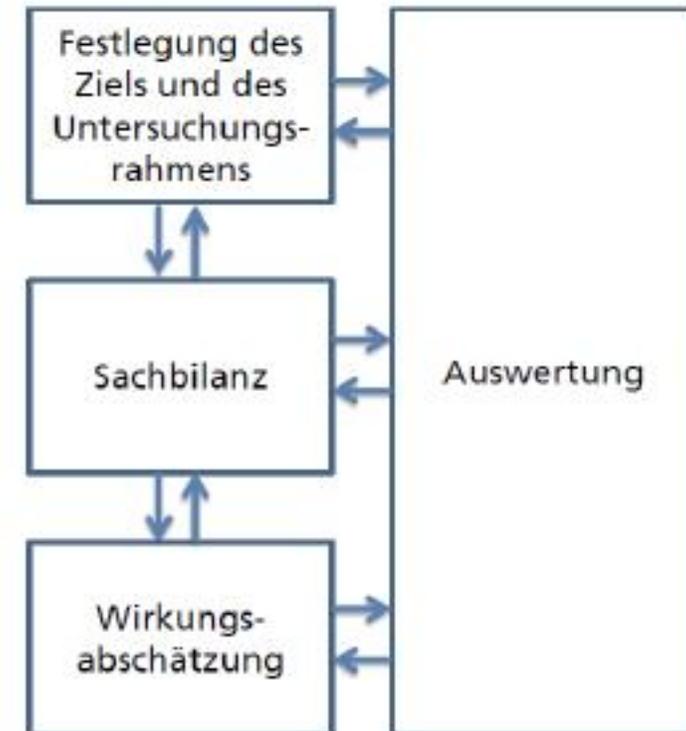


Source
MEV

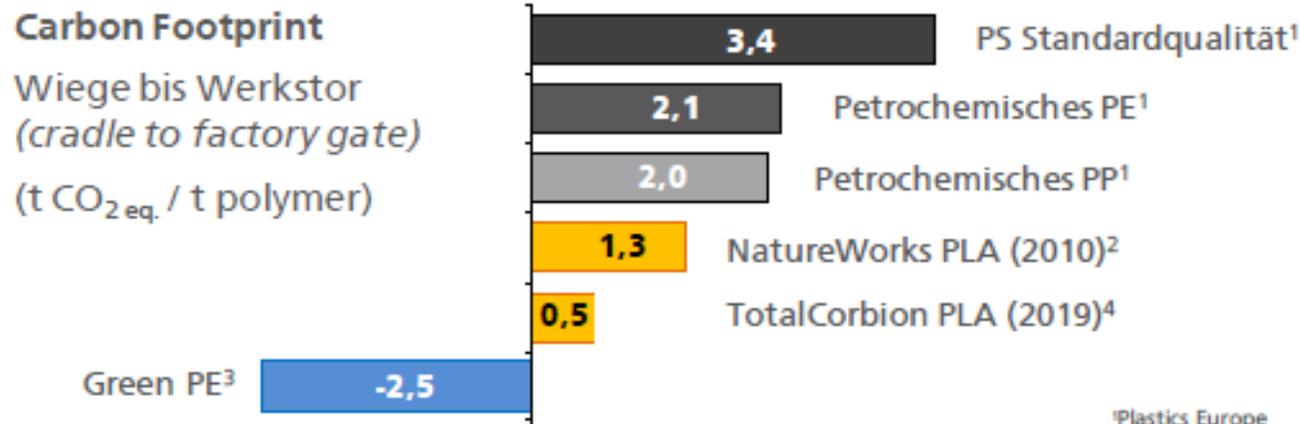


Folie 24
© Fraunhofer UMSICHT

Phasen einer Lebenszyklusanalyse
(LCA) nach DIN EN ISO 14040



Beispieldaten zur CO₂-Einsparung durch Biokunststoffe



Grafik: Braskem - editiert

¹Plastics Europe

²Naturewors LLC – CIT (Currently Implemented Technology)

³Preliminary Ecoefficiency Analysis - Espaço ECO Foundation

⁴A. Morao, F. de Bie: <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01525-9>

Weiteres Beispiel

Fossiles Polyamid - Biobasiertes Polyamid

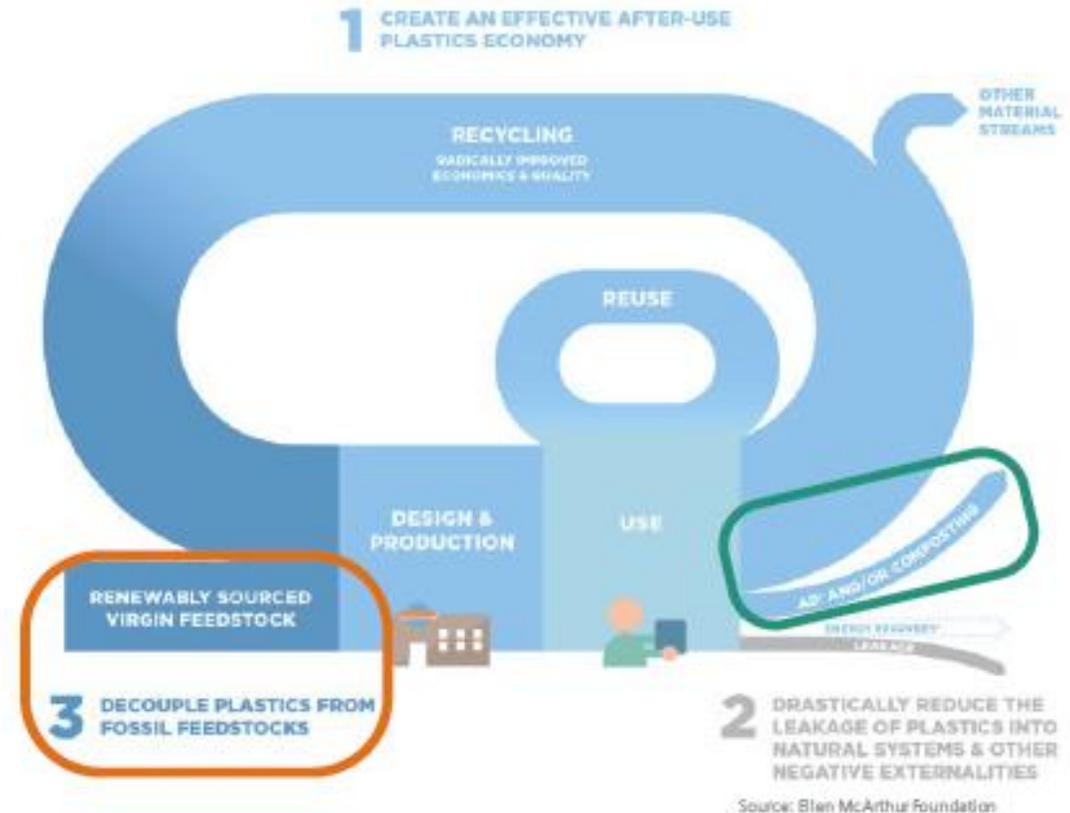
7,3 - 4,6 t CO₂eq. / t Polymer

Quelle: Evonik

→ Motivation für den Einsatz
biobasierter Kunststoffe

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

- Verwendung und Entsorgung von Kunststoffprodukten müssen sich ändern
- Es braucht die zirkuläre Kunststoffwirtschaft bei Verpackungen mit deutlich höherer Recyclingquote
- **Biobasierte Kunststoffe können Teil der Lösung sein**
- **Bioabbaubare auch – in einigen Bereichen**



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt: Dr. Stephan Kabasci
Fraunhofer UMSICHT
Osterfelder Str. 3
46047 Oberhausen

Tel.: +49 208 8598-1164
Mobil: +49 172 8513912
stephan.kabasci@umsicht.fraunhofer.de
www.umsicht.fraunhofer.de



Foto: photocase.de