



# Zirkularität von Verbrauchs- und Verpackungsmaterial

## Deep-Dive-Workshop, 05. Mai 2022

# Ihre Gastgeber heute



**ec[ ]ncept**

CEO

Agentur für nachhaltiges Design

**Ursula Tischner**



**zühlke**  
empowering ideas

Lead Systems Engineer  
Focus: Life-Cycle-Assessment

**Hans-Ulrich Eckhard**



**carbotech** ≈≈≈

Umweltprojekte und Beratung

Environmental Consulting  
Focus: Life-Cycle-Assessment

**Mischa Zschokke**



**carbotech** ≈≈≈

Umweltprojekte und Beratung

Environmental Consulting  
Focus: Life-Cycle-Assessment

**Thomas Kägi**

# Ihre Gastgeber heute



**ibp**

Institut für Biopolymere  
der Hochschule Hof

Institut für Biopolymerforschung  
Focus: Kunststofftechnologie

**Prof. Dr. Michael Nase**



**ibp**

Institut für Biopolymere  
der Hochschule Hof

Institut für Biopolymerforschung  
Focus: Kunststofftechnologie

**Isabell Kleiber**



**ibp**

Institut für Biopolymere  
der Hochschule Hof

Institut für Biopolymerforschung  
Focus: Kunststofftechnologie

**Lucas Grossmann**



Advanced Systems Engineer  
Focus: Life-Cycle-Assessment

**Felix Arand**

# Video-Aufzeichnung ?



# Agenda (9-11 Uhr)

## ■ Allgemeine kurze Einführung in das Thema

- Kreislauf Wirtschaft
- Papier Verpackung
- Biokunststoffe & Recycling

## ■ Worksession 1: Verpackungen / Folien und Shrink Wraps / Karton und Papier

- Sammlung Fragestellungen
- Abarbeiten der Fragestellung
- Diskussion und Erfahrungsaustausch

## ■ Kaffeepause

# Agenda (11-13 Uhr)

## ■ Worksession 2: Kreislaufaspekte von Hartkunststoffen

- Sammlung Fragestellungen
- Abarbeiten der Fragestellung
- Diskussion und Erfahrungsaustausch
- Conclusions in den Arbeitsgruppen

## ■ Feedback (Blitzlicht) der Teilnehmenden

## ■ Ausblick

# kurze Einführung in das Thema

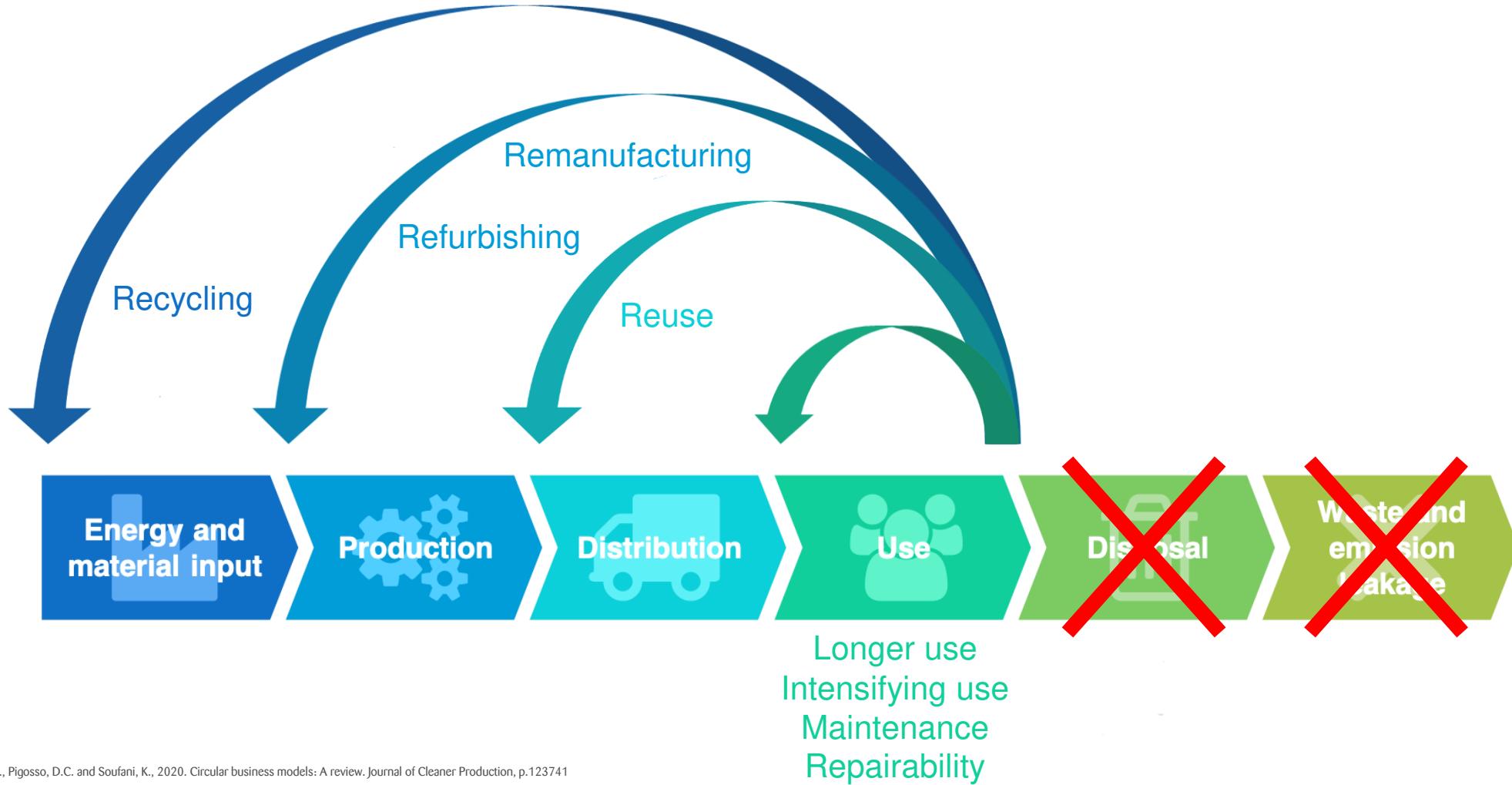
# Linear Economy



[Geissdoerfer, M., Pieroni, M.P., Pigosso, D.C. and Soufani, K., 2020. Circular business models: A review. *Journal of Cleaner Production*, p.123741]

# Circular Economy

Increasing sustainability



Geissdoerfer, M., Pieroni, M.P., Pigosso, D.C. and Soufani, K., 2020. Circular business models: A review. *Journal of Cleaner Production*, p.123741

# Kreislaufaspekte von Verbrauchsmaterialien

Verbrauchsmaterialien = alles was nicht fix im finalen Produkt steckt, sich verbraucht und ab und zu ausgetauscht werden muss

z.B. Hilfsstoffe und Hilfsmittel in der Produktion

z.B. Transport- und Produkt-Verpackungen

z.B. Batterien, Akkus

z.B. Papier und Patronen beim Drucker

z.B. Wasser und Waschmittel bei Waschmaschinen

z.B. Sprit, Öl und Reifen/Reifenabrieb beim Fahrzeug

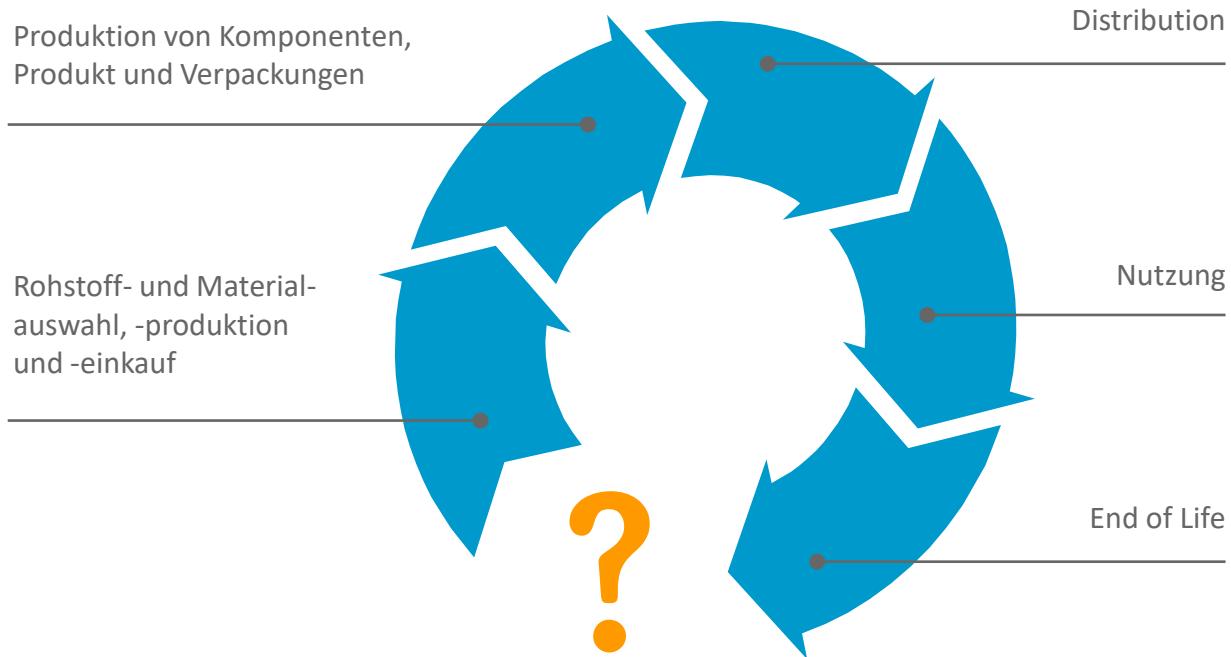
z.B. Schmiermittel etc.

**Fokus Heute:** **Verpackungen aus Karton, Papier und Folien, Hartkunststoffe, z.B. Hülsen, Schutzecken etc.**

# Verpackungen: Papier, Karton, Folien

## Thesen zur Umweltfreundlichkeit und Kreislauffähigkeit:

- Papier ist nicht immer besser als Kunststoff
- Biokunststoffe sind nicht immer besser als Polyolefine
- Rezyklate sind in der Regel besser als naturfrische Materialien
- Closed Loop Systeme machen Sinn, wenn die Rückführlogistik effizient organisiert werden kann (Transportentfernungen)
- Mehrwegverpackungen machen Sinn, wenn die Rückführlogistik effizient organisiert werden kann (Transportentfernungen)
- Sortenreinheit steigert die Kreislauffähigkeit
- Schadstofffreiheit steigert die Kreislauffähigkeit
- Leichte Zerlegbarkeit steigert die Kreislauffähigkeit
- Thermoplaste mit möglichst wenig Additiven, sind gut im Kreislauf zu führen (auch Glas, Metall, Papier)



# Virgin Material vs Rezyklat vs Biokunststoff

Was ist besser?

CO<sub>2</sub>-  
Fußabdruck

Rohstoffe

Waste  
Management

Nachhaltigkeit

Performance

Langlebigkeit

# Virgin Material vs Rezyklat vs Biokunststoff

## Anwendungsbeispiel - Pflanztopf aus Biokunststoffen (Lignin + Hanffasern)



<https://www.meinwoody.de/collections/plenta-plastikfreier-pflanztopf/products/12er-set-plenta-12cm-plastikfreier-pflanztopf>

### Warum Biokunststoffe?

- Topf kann mit eingepflanzt werden (bioabbaubar) → kein Umtopfen nötig
- Keine Verschmutzung der Umwelt durch Mikroplastik
- Nachhaltigkeit (Nachwachsende Rohstoffe + geringerer CO<sub>2</sub>-Fußabdruck)

### Warum kein Virgin Material oder Rezyklat?

- Kann auch verwendet werden (je nach Anforderung)
- Virgin Material: Langlebigkeit
  - Rezyklat: Preis
  - Biokunststoff: Abbaubarkeit

→ Individuelle Entwicklung nötig!

# Deep-Dive-Worksessions 1

Verpackungen / Karton und Papier  
/ Folien und Shrink Wraps

# Worksessions 1: Fragensammlung

Langlebige bioabbaubare shrink Folien?

Entstehung von Mikroplastik (Abrieb):

Unterschiede recycling vs. virgin plastic?

Beschichtetes Papier vs. Kunststofffolie?

Umweltbilanz Recyclingbeutel (Wildplastic) vs. klassischer Müllsack?

Rezyklate: r-ABS und schlagzähmodifizierte r-PP Typen verfügbar?

Post-Consumer vs. Post-Industrial Recyclat?

PCR Materialien mit Zulassung für Lebensmittelkontakt?

Rezyklate in Medizinprodukten?

Alternative zu PVC?

Recycling von Biokunststoffen?

Langzeitstabile Biokunststoffe?

Biokunststoffe vs. Rezyklat

# Worksessions 1: Ergebnisse Kunststoffverpackungen

## Plastikbeutel vs. Papierbeutel:

- Der Papierbeutel hat eine größere Umweltauswirkung; ist also schlechter  
→ besser Kunststofftüte recyceln
- es ist jedoch relevant, wie wahrscheinlich es ist, dass Kunststofftüte in die Natur gelangt

## Entstehung von Mikroplastik (Abrieb):

- Nicht eindeutig zu beantworten
- Jeder Recyclingzyklus bringt einen molekularen Abbau mit sich; dies hängt jedoch stark vom verwendeten Kunststoff ab

## Mehrwegbeutel vs. Einwegbeutel:

- Mehrwegbeutel machen Sinn wenn der zusätzliche Materialaufwand in gutem Verhältnis zur Wiederverwendung steht und die Rückhollogistik effizient organisiert werden kann.

## Beschichtetes Papier (Komposit) vs. Kunststofffolie:

- Komposit ist schlechter zu recyceln
- Kombination aus Papier und BIO-Kunststofffolie keine gute Lösung (schlecht zu recyceln, wird weggeworfen)

## Umweltbilanz Recyclingbeutel (Wildplastic):

- Die Umweltbilanz des Recyclingbeutels dürfte deutlich positiver sein als bei einem klassischer Müllsack aus virgin plastic (Werbung Wildplastic: 60 % CO<sup>2</sup> Reduktion).

## Vergleich Einwegtrinkbecher:

- Papierbecher ist schlechter als Kunststoffbecher
- geringste Umweltauswirkung: Becher aus recyceltem PP
- beste Lösung: Mehrwegbecher aus Kunststoff

# Worksessions 1: Ergebnisse Kartonage und Papier

## Recycling vs. virgin Karton:

- Ein recycelter Karton hat eine deutlich geringere Umweltauswirkung (bis -90 %) als ein Karton aus frischem Papier

## Bedruckung von Kartonagen:

- Bedruckung hat starken Einfluss (Chemikalien etc.)  
→ möglichst Einfarbdruck anstreben

## Holzquellen für Papier:

- Gerade bei Papier sehr relevant (nachwachsende Quellen vs. Plantagenholz);  
Bei Kartonagen etwas weniger relevant

# Worksessions 1: Ergebnisse Folien und shrink wraps (I)

## Kunststoffrezyklate:

- Eigenschaften lassen sich durch Zugabe entsprechender Additive optimieren (Schlagzähmodifizierung, ..)
- Konflikt mit erneutem Recycling (Downcycling)
- Recycling ABS ist am Markt verfügbar

## PCR Materialien mit Zulassung für Lebensmittelkontakt?

- es existieren von der FDA anerkannte Materialien
- alternativer Weg: Rezyklat in Mittelschicht eines Mehrlagenaufbaus einbinden, → kein Kontakt zum Medium

## Einsatz von Rezyklaten in Medizinprodukten:

- zumeist gesetzlich verboten
- Ausnahme: Gehäusematerialien für Medizingeräte

## Bezugsquellen für Rücknahmesysteme:

- Es existieren verschiedene Rücknahmesysteme je nach Produkt/Branche
- Plattformen für den Rezyklathandel (*Kunststoffweb*, *Plastship*, ..)

## Alternative zu PVC:

- Biokunststoffe (*PLA*, *BHB*, *TPS*) mit Bioadditiven
- klassische Kunststoffe (*Soft PP*, *TPE*)

## Langlebige, bioabbaubare shrink Folien:

- Einstellung der Abbaugeschwindigkeit durch Materialmix möglich  
→ Auf Anwendung zugeschnittenes Folienprodukt

# Worksessions 1: Ergebnisse Folien und shrink wraps (II)

## Recycling von Biokunststoffen:

- Theoretisch wie bei klassischen Kunststoffen möglich
- Herausforderungen:
  - Biomaterialien können klassisches Recycling stören
  - Stoffströme sind aktuell noch sehr gering

## Langzeitstabile Biokunststoffe:

- Abbau stark von Umgebungsbedingungen abhängig
- Lebensdauer kann durch Additive und Materialmix eingestellt werden
- End of Life (Abbau) Problematik; jedoch besser als klassische Kunststoffe

## Biokunststoffe vs. Rezyklat

- Bieten beide Umweltvorteile ggü. klassischen Kunststoffen
- Welche Variante besser ist, ist stark vom End-of-Life Szenario abhängig  
→ Abwägung der Vor- und Nachteile (Aufwand für Anbau, Aufwand für Recycling) für konkreten Einsatz

# Deep-Dive-Worksessions 2

## Kreislaufaspekte von Hartkunststoffen

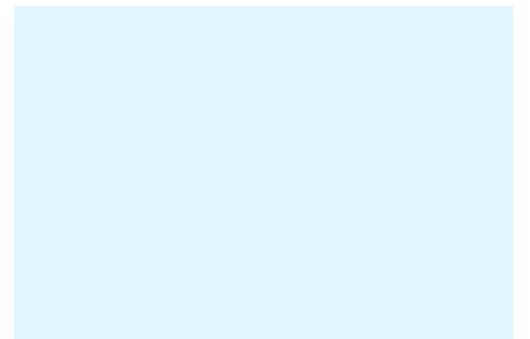
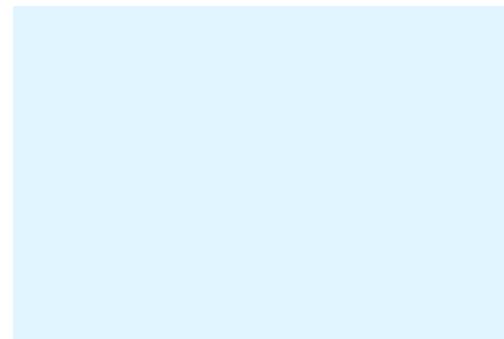
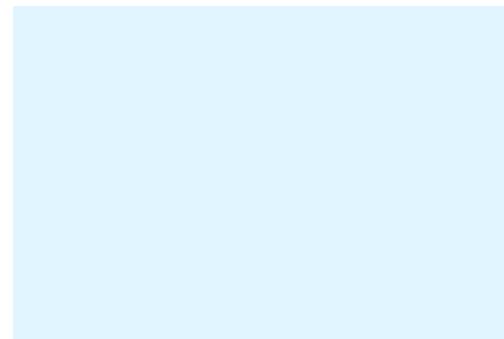
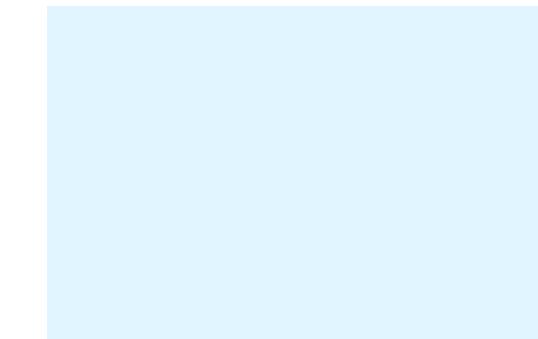
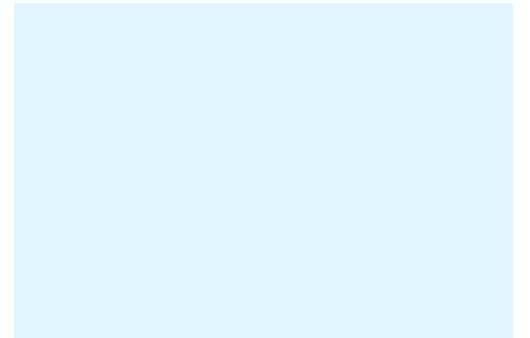
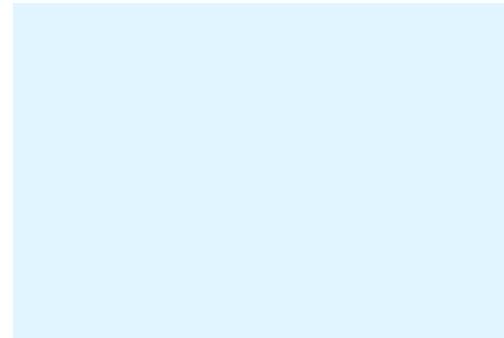
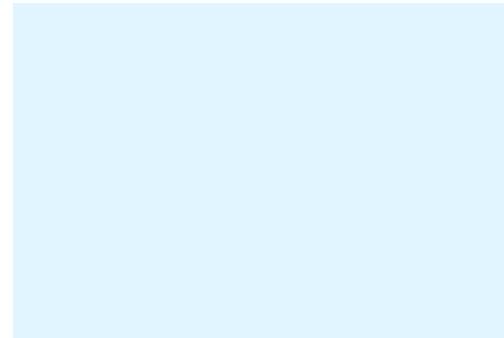
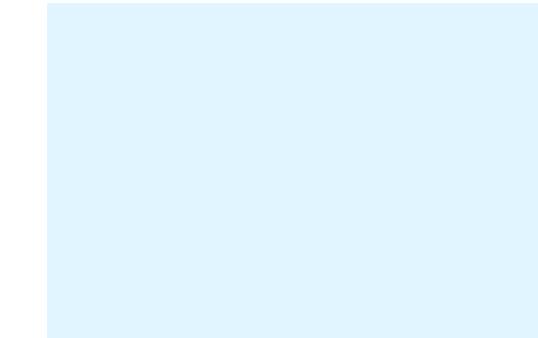
# Worksessions 2: Fragensammlung

PVC: Schlecht für Einwegverpackung?

Gute Materialien für wiederverwendbare Verpackungen aus Hartkunststoffen?

Material für Papierrollenstopfen (Austauschartikel)?  
BIO Kunststoffe?; Rezyklate?; klassischer (virgin) Kunststoff?

Trägermaterialien für Boxen, Paletten und Co?



# Worksessions 2: Ergebnisse

## PVC für Einwegverpackungen:

- PVC aufgrund der chemischen Zusammensetzung (Chlor) bedenklich:
- gesundheitliche und Umweltrisiken
- schwieriges Recycling (Chlor greift Metallkomponenten der Recyclinganalgen an)

## Materialien für wiederverwendbare Verpackungen aus Hartkunststoffen:

- Thermoplaste (PP, PC, ..)
- hohe Recyclingfähigkeit

## Material für Papierrollenstopfen, (Austauschartikel):

- stark von End-of-Life Szenario abhängig:
  - Rücknahme: langlebiges Material (virgin Kunststoff oder Bio/Rezyklat)
  - Wegwerfartikel: Stopfen aus Fasermaterial (gleicher Entsorgungsweg)?

## Trägermaterialien für Paletten und Co:

- Gesamtlogistik beachten und Synergien nutzen (Pooling etc.)
- Kunststoffpaletten (aus Rezyklatmaterial) sind deutlich leichter und besitzen eine bessere Umweltbilanz als Holzpaletten

# Feedback (Blitzlicht)

# Nächste Schritte

- Sie erhalten im Nachgang alle Folien per E-Mail.
- Bitte melden Sie sich für den Vor-Ort-Event am 25.5. bei Frankfurt/Main an!



# Roundtables 2022

09.02.	Kreislaufwirtschaft
16.03.	Nachhaltigkeits-Reporting & Ratings
27.04.	Transparenz / Digitaler Produktpass
25.05.	Waste Management
06.07.	Reparierbarkeit
14.09.	Nachhaltigkeitskommunikation
19.10.	Sorgfaltspflichtsgesetz & Lieferkette
23.11.	Regularien & Normen

# Impulse 2022

- 
- 19.01 Impulse: Circular Economy & Assessment
- 19.01 Impulse: Startup Pitch Event
- 08.04 Circular Economy
- 11.05 EU Taxonomy
- 22.06 Recycling
- 20.07 2. Impact-Startup Pitch Event
- 28.09 Bio-Komposite

# Nächste Events

11.05.2022 Impuls-Talk „EU Taxonomy“ mit **BMI Lab** und



25.05.2022 Vor-Ort-Roundtable „Waste Management“ bei **WETROPA GROUP** und



# Vielen Dank für ihr Engagement!

**Wir freuen uns darauf mit Ihnen die besten Lösungen  
für Sie und unseren Planeten zu finden!**



# Deep-Dive-Worksessions 1

Verpackungen / Karton und Papier  
/ Folien und Shrink Wraps

# Paper versus plastic bag?

# LCA Vergleich von 4 Tüten mit Sustainable Minds

1. Virgin LDPE Tüte als Referenzprodukt
2. Recycled LDPE Tüte
3. Recyclingpapiertüte
4. Virgin Papiertüte mit Deinking

Der Gewinner ist..... die rezyklierte LDPE Tüte, die wieder rezykliert wird.

Tüte	Overview	Assessment goals	Assessment scope	Concepts				Units of svc delivered Svc. Units	Assessment type
	Functional unit: 1 ttime of use	Impacts / functional unit mPts/func unit	CO <sub>2</sub> eq. kg / functional unit CO <sub>2</sub> eq. kg/func unit	Performance improvement from reference mPts	Performance improvement from reference %				
<b>Reference</b>  LDPE Tüte <small>usage not provided</small>  <a href="#">Create a new Concept</a> +		$1.7 \times 10^{-3}$	<b>0.039</b>					3	Estimate
<b>Lowest impact</b>  Recycled LDPE Tüte <small>usage not provided</small>  <a href="#">Copy</a>   <a href="#">Delete</a> Declare as: Reference   Final		$9.1 \times 10^{-4}$	0.017	$+7.5 \times 10^{-4}$	<b>+45%</b>			3	Estimate
 Recyclingpapiertüte <small>usage not provided</small>  <a href="#">Copy</a>   <a href="#">Delete</a> Declare as: Reference   Final		$2.6 \times 10^{-3}$	<b>0.039</b>	$-9.0 \times 10^{-4}$	<b>-54%</b>			2	Estimate
 Virgin Papiertüte <small>usage not provided</small>  <a href="#">Copy</a>   <a href="#">Delete</a> Declare as: Reference   Final		$7.2 \times 10^{-3}$	0.10	$-5.5 \times 10^{-3}$	<b>-330%</b>			2	Estimate

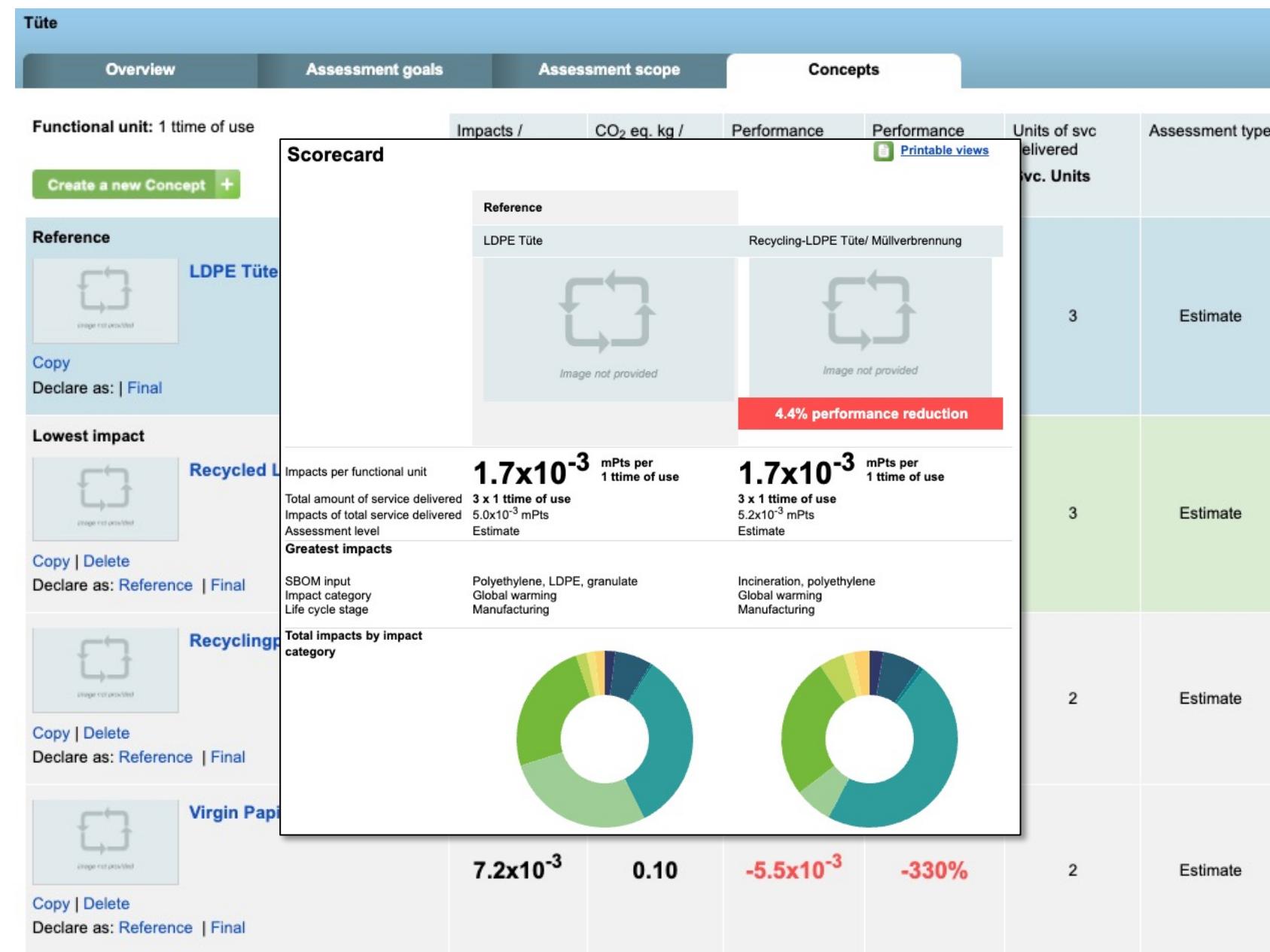
# LCA Vergleich von 4 Tüten mit Sustainable Minds

1. Virgin LDPE Tüte als Referenzprodukt
2. Recycled LDPE Tüte
3. Recyclingpapiertüte
4. Virgin Papiertüte mit Deinking

Der Gewinner ist..... die rezyklierte LDPE Tüte, die wieder rezykliert wird.

Wenn sie verbrannt wird: 4,4% performance reduction im Vergleich zu Referenz.

Berücksichtigt wurden Material, Herstellung und End-of-Life, keine Transporte und jeweils Einmalnutzung.



# Recycling systematisch in die Lieferkette einbauen

Beispiel Wildplastik: Abfallbehälter aus Rezyklaten, soziales Projekt.

**WILDBAG**

The first trash bag that actually cleans up the planet.

- + Made of WILDPLASTIC
- + Prevents Virgin Plastic
- + Cleans up the planet
- + Reduces poverty
- + Saves up to 60% CO2

**ORDER YOUR WILDBAG**

# Mehrwegbeutel

Machen Sinn, wenn die Redistributionslogistik effizient organisiert werden kann und der Mehraufwand an Material durch den häufigen Einsatz gerechtfertigt wird.

## Beispiel RePack



**Reusable packaging has never looked so good. Durable RePack bags are designed for soft goods and fold into letter size when empty.**

- **Durable**, recycled material, upcycled at the end of life.
- **Three sizes**, adjustable so you never ship air.
- Sealing solutions to **secure the package**.
- **Certified** for ethics and sustainability.



# Verpacken mit Luft

Materialeffizienz der Verpackung steigern,  
Einstoffmaterial.

Beispiel NIKE Air



# Beschichtetes Papier statt Kunststofffolie?

Macht das Sinn? Andere Alternativen?

We are also interested in paper based alternatives to plastic bags but they need to be slightly water proof and not tear easily!

# Alternatives Material: Papier & Bioplastikfolie kombiniert

Wasserfest und bio-abbaubar, aber  
Achtung: immer eine Ökobilanz  
erstellen, ob das Sinn macht.

Dagegen spricht: Meist ist Papier schwerer als Kunststoff und man erzeugt ein Komposit, das schlechter oder gar nicht zu recyclieren ist, also nicht kreislauffähig.

Oder es ist wie hier bio-basiert und im Industriekompost bio-kompostierbar, aber wie kommt der Beutel in den Industriekompost?

## Beispiel DENT Tabs

Die Denttabs Verpackung besteht zu 45% aus Papier und zu 55% aus einer inneren Bio-Folie. Die Bio-Folie wiederum setzt sich zusammen aus einer Polymerschicht, die zu 63% aus Polylactid (PLA basierend auf Maisstärke) und zu 37% aus dem Polymer PBAT besteht. Den Rest der Verpackung machen den Kleber (5%) sowie eine Wasserdampfbarriere aus Keramik (<1%) aus.

Sowohl PLA als auch PBAT sind biologisch abbaubar und industriell kompostierbar. Das bedeutet, dass die Verpackung sich nachweislich unter bestimmten Bedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit und Sauerstoffzufuhr) zersetzen kann. Die Denttabs Verpackung ist daher auch für den Industriekompost zertifiziert, d.h. sie baut sich unter den erforderlichen Kompostierungsbedingungen nachgewiesen nach 90 Tagen zu 90% im Industriekompost ab.



# Vergleich Einwegtrinkbecher

Aufgabe: Einen besseren Becher für ein großes Fast Food Unternehmen gestalten.

Expanded Polystyrene (EPS) cup,  
Polypropylene (PP) cup,  
double wall paper cup lined with PLA (DWPC PLA),  
double wall paper cup lined with PLA with PCW  
paper sleeve (DWPC PLA S),  
Polylactic acid cup(PLA).

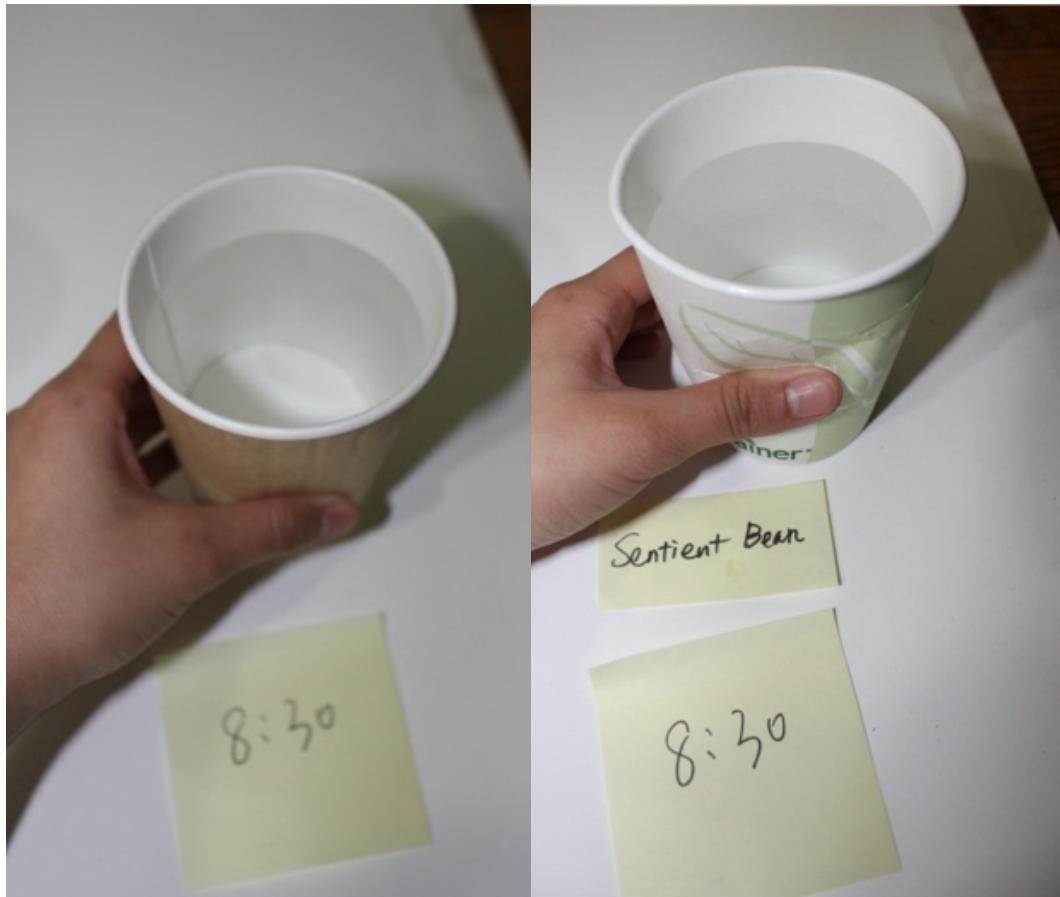
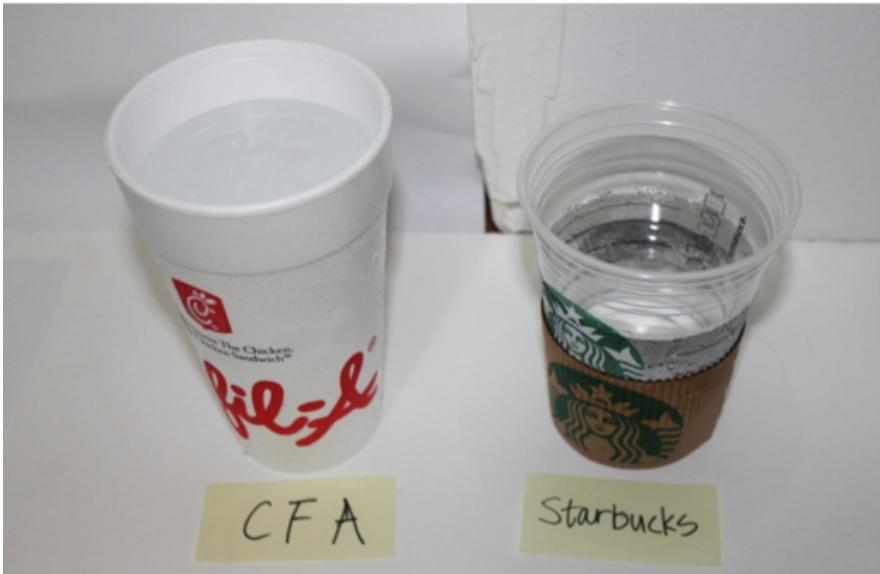
**Schritt 1:**  
Benchmarking mit  
Wettbewerb



# Vergleich Einwegtrinkbecher

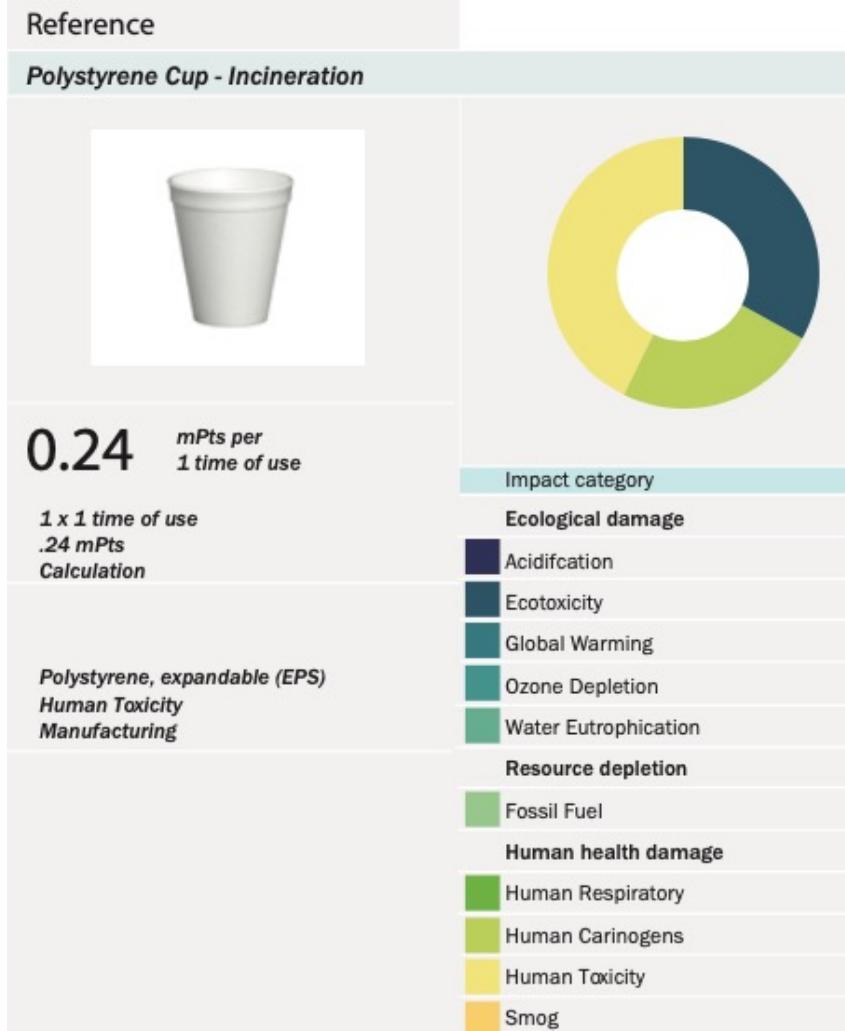
Aufgabe: Einen besseren Becher für ein großes Fast Food Unternehmen gestalten.

**Schritt 2:**  
Bewertung aller Becher durch Nutzungstests und LCA

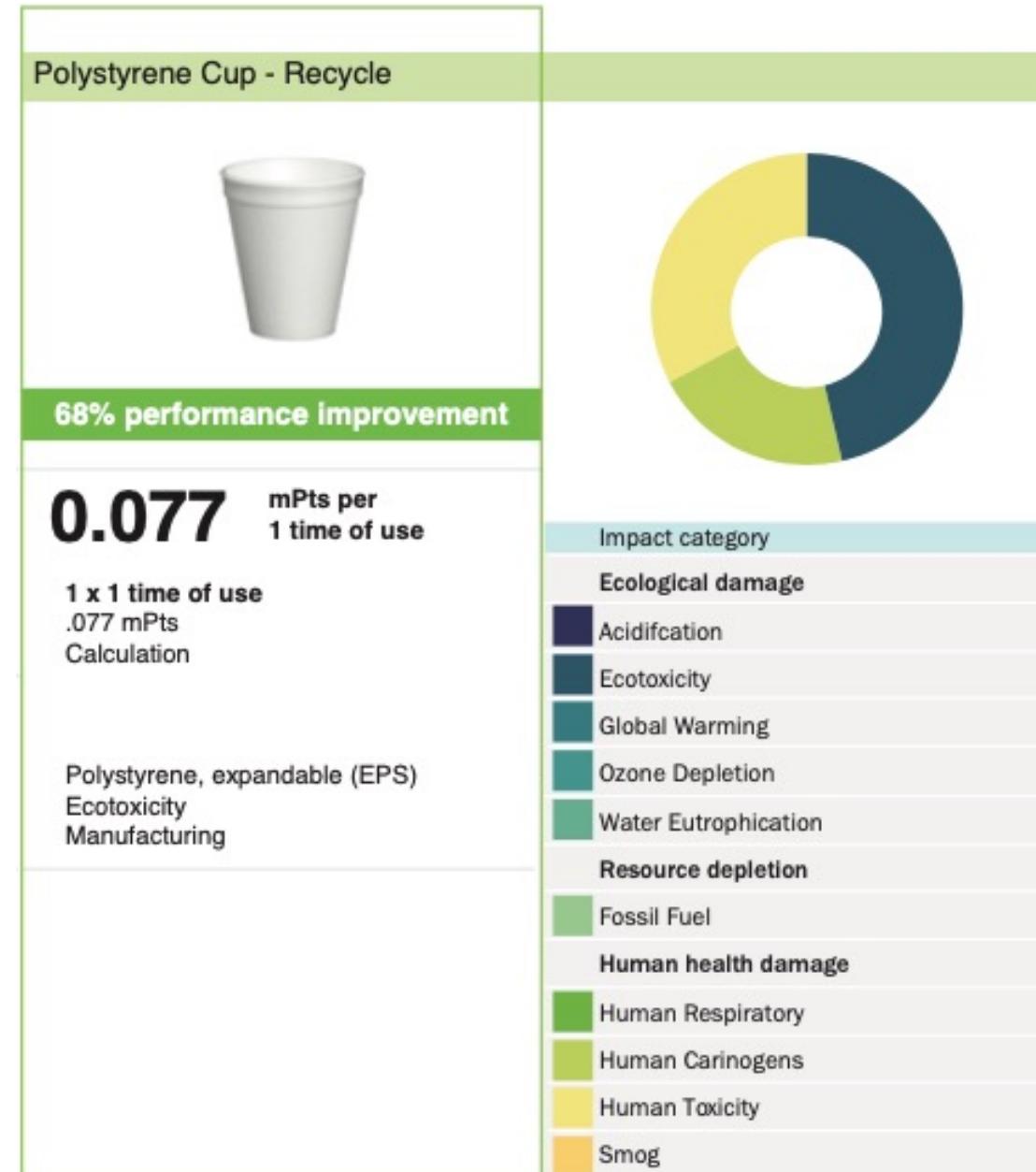


# Vergleich Einwegtrinkbecher

Referenz: PS Becher/Müllverbrennung

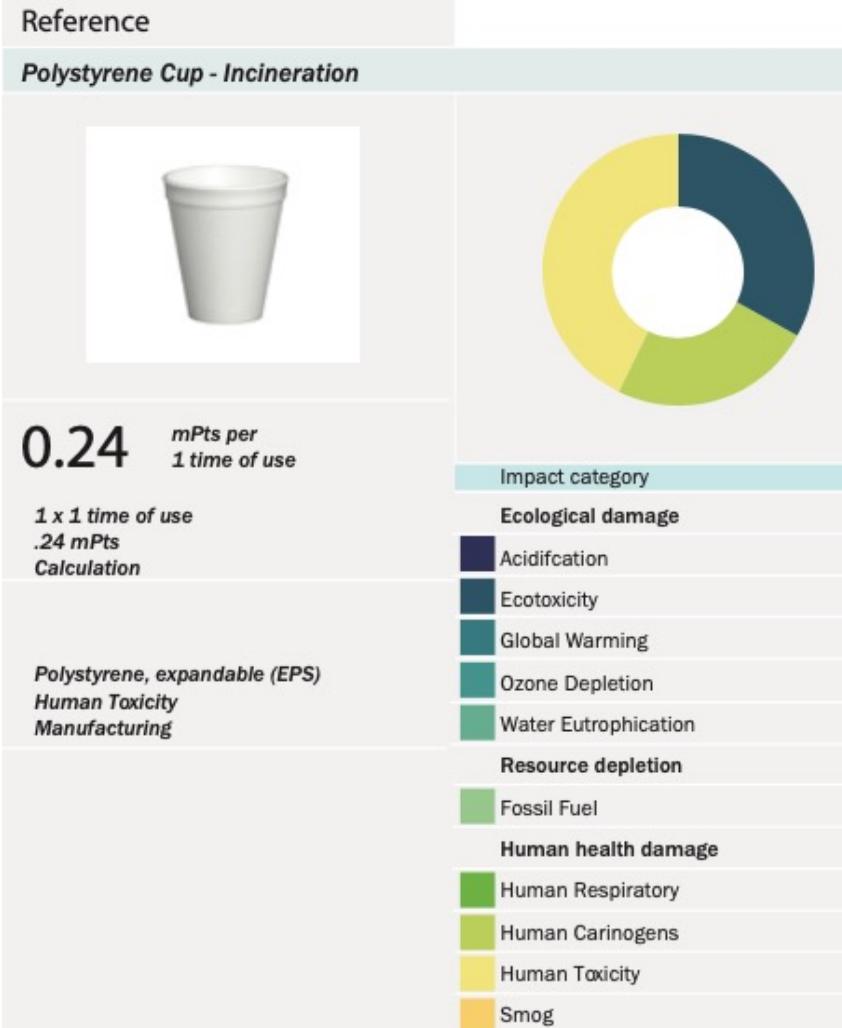


PS Becher /  
Recycling =  
68% besser

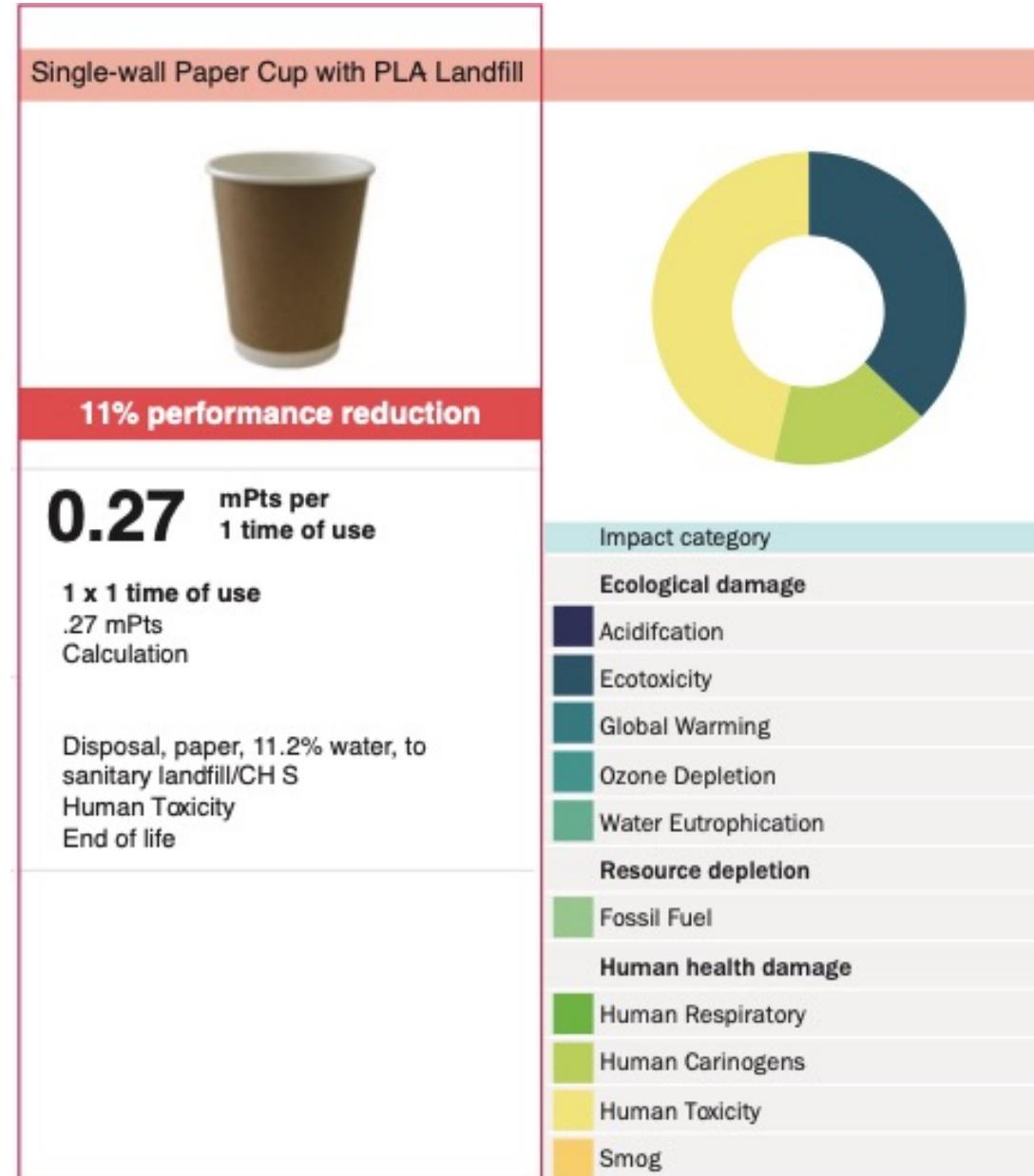


# Vergleich Einwegtrinkbecher

Referenz: PS Becher/Müllverbrennung

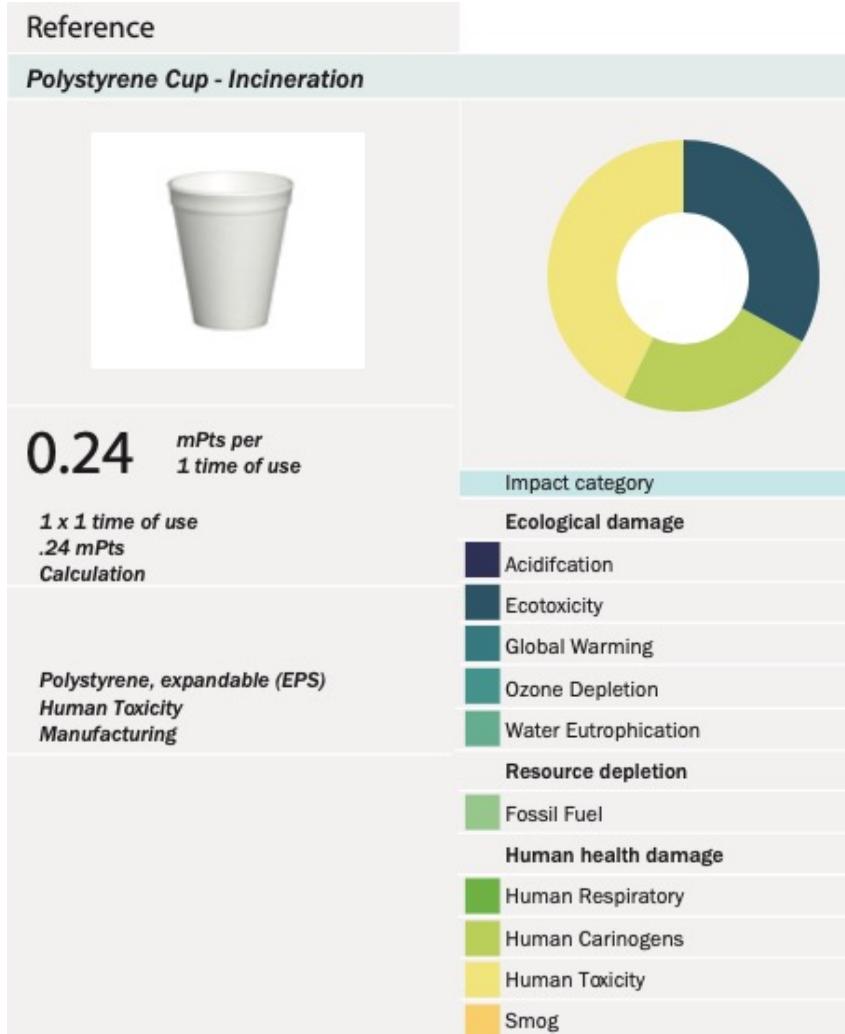


Papier Becher/  
Landfill =  
11% schlechter

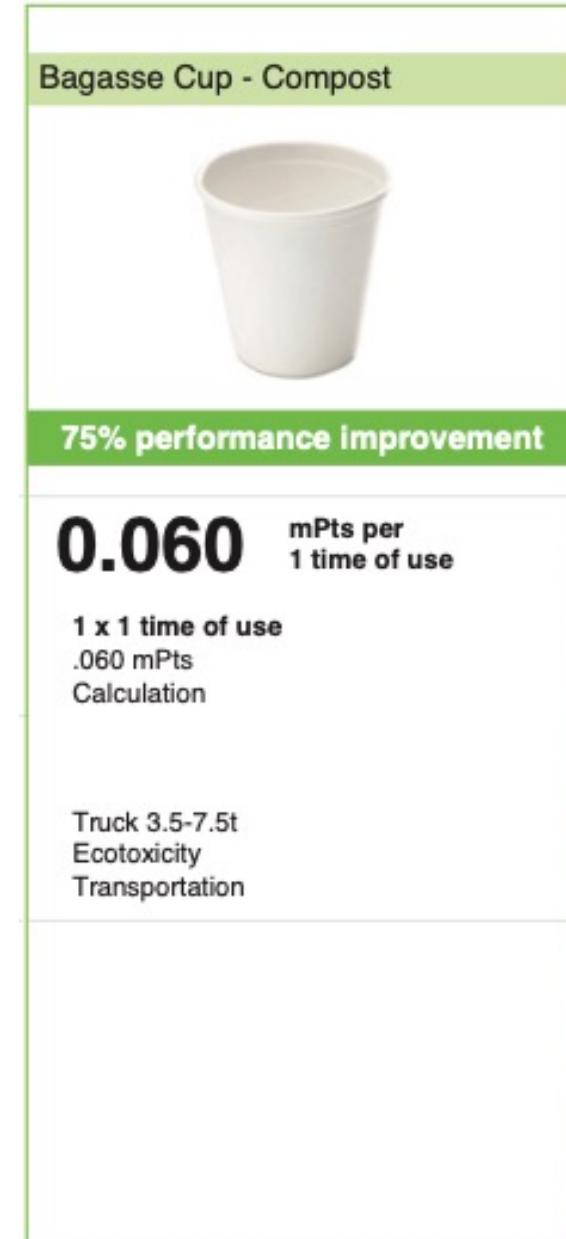


# Vergleich Einwegtrinkbecher

Referenz: PS Becher/Müllverbrennung

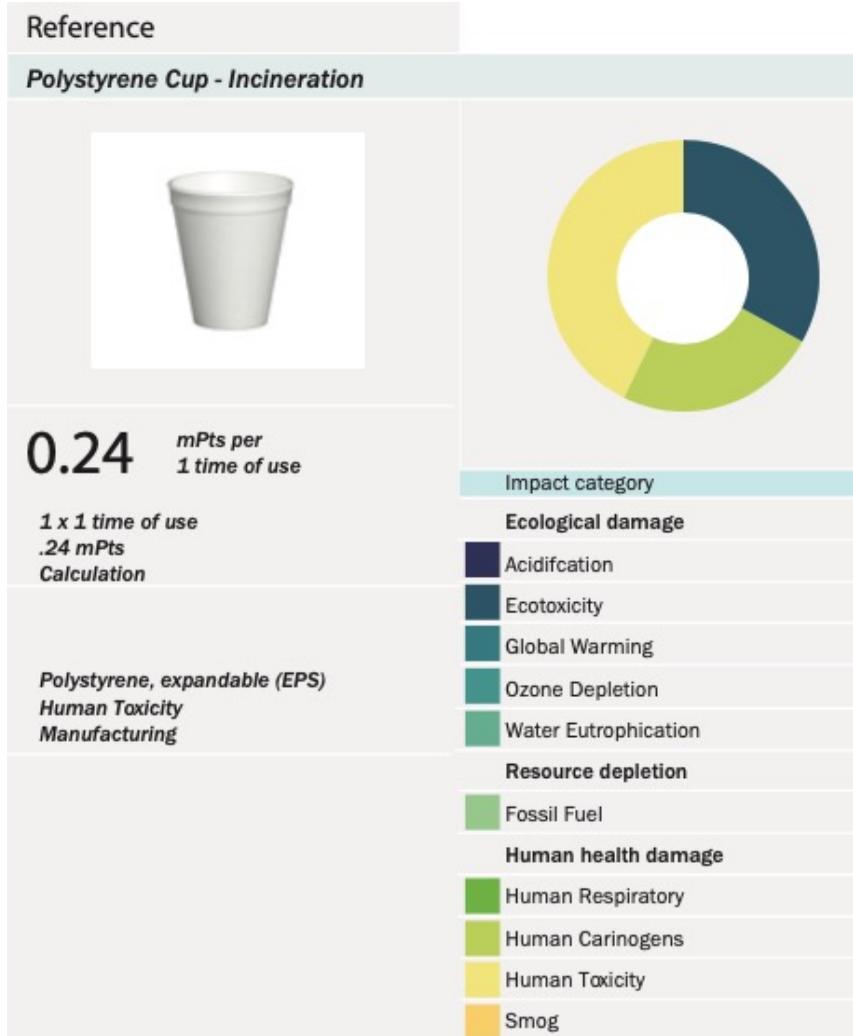


Bagasse Becher/  
Kompost =  
75% besser

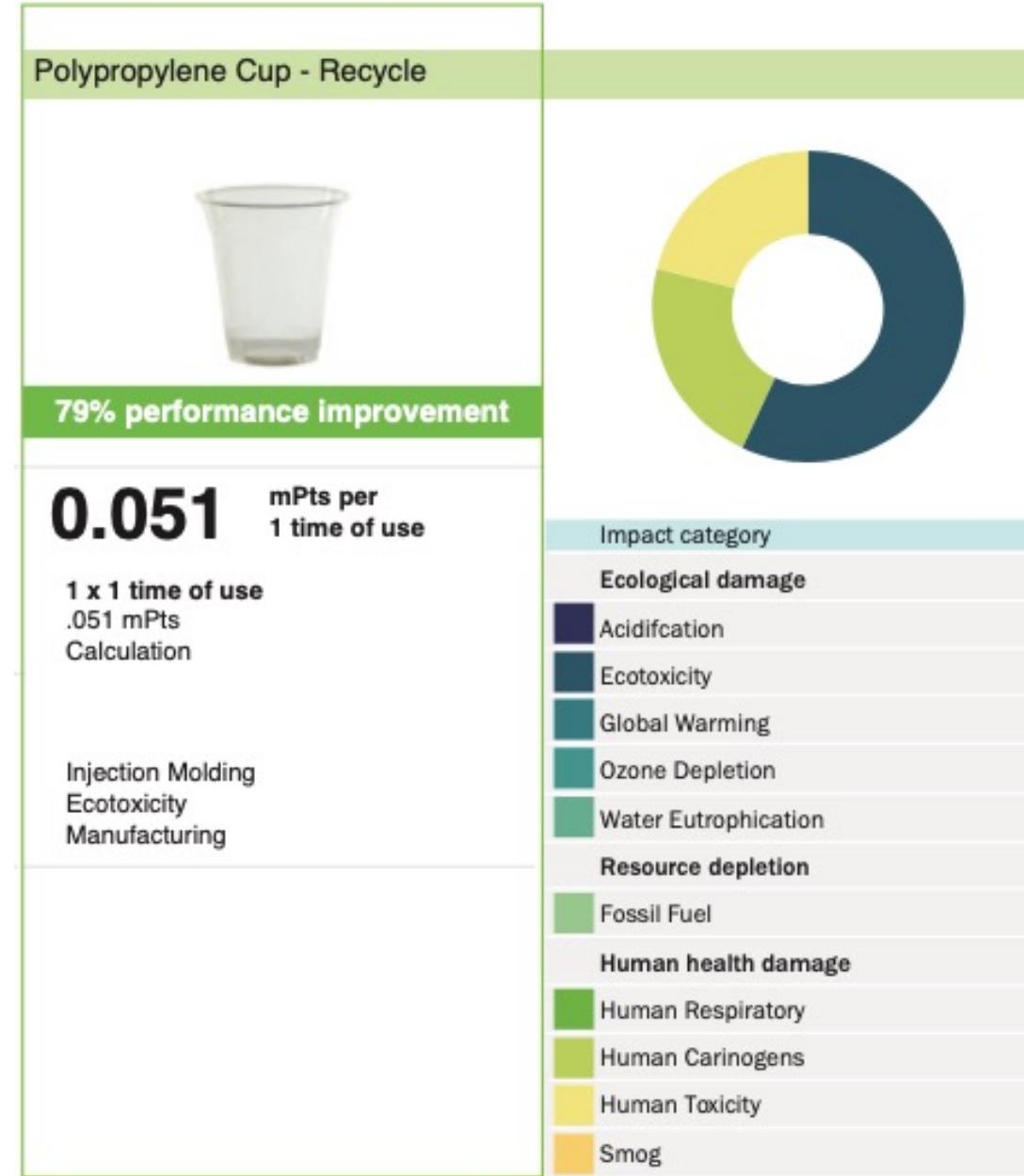


# Vergleich Einwegtrinkbecher

Referenz: PS Becher/Müllverbrennung



PP Becher/  
Recycling =  
79% besser



# Vergleich Einwegtrinkbecher

**Lösung:** Neuer Mehrweg Becher aus PP mit Rücknahme und Recycling System.  
Sleeve besteht aus PP Rezyklat.



Design: Laura Schoenthaler

# Virgin versus recycled paper/cardboard

Cardboard: by far the most used packaging material at Hilti (95% by weight). We are generally trying to replace plastic / blister by cardboard and going for max recycled content.

I'd be interested in knowing how much better recycled cardboard is than virgin cardboard? E.g. is 110g of 100% recycled cardboard better than 100g of 50% recycled cardboard.

# LCA Vergleich von 2 Kartonagen mit Sustainable Minds

1. Virgin Karton mit Vierfarbdruck
2. Recyclingkarton mit Einfarbdruck

Der Gewinner ist....  
der Recyclingkarton.

Material, Herstellung, Druck und End-of-Life berücksichtigt, keine Transporte.



Kartonagen im Vergleich							
Overview	Assessment goals	Assessment scope	Concepts				
Functional unit: 1 time use		Impacts / functional unit mPts/func unit	CO <sub>2</sub> eq. kg / functional unit CO <sub>2</sub> eq. kg/func unit	Performance improvement from reference mPts	Performance improvement from reference %	Performance improvement from reference %	Units of svc delivered Svc. Units
<a href="#">Create a new Concept</a> +	<a href="#">Reference</a>  Virgin Karton mit Vierfarbdruck <a href="#">Copy</a> Declare as:   Final		$6.3 \times 10^{-3}$	$0.013$			1
<a href="#">Final, Lowest impact</a>	<a href="#">Recycling Kartonage Einfarbdruck</a>  <a href="#">Copy   Delete</a> Declare as: Reference		$4.1 \times 10^{-4}$	$6.2 \times 10^{-3}$	$+5.9 \times 10^{-3}$	$+93\%$	1

# Trägermaterialien

c. Trägermaterialien (also Verpackungen im weiteren Sinne)

Auch Paletten?

# Systemisch denken: Ladungsträger entlang der gesamten Lieferkette poolen

z.B. Schöller Allibert  
Pooling von Ladungsträgern

20 % weniger Kästen in der  
Logistikkette benötigt,  
dadurch Kosten- und  
Materialeinsparungen.



# Wiederverwendbare Paletten aus Rezyklaten

Mehr Nachhaltigkeit in der Lieferkette

## Wiederverwendbare Kunststoffpaletten mit langer Lebensdauer

Paletten sind das Rückgrat der Lieferkette. Sie sorgen für die notwendige Dynamik, um Prozesse in Gang zu halten und helfen, schnellere Durchlaufzeiten zu erzielen. Dabei bieten Paletten viele Vorteile: Sie nehmen das Gewicht der Ladung während des Transports auf, verleihen der Fracht die nötige Stabilität und Schutz, vereinfachen das Verladen und sparen bei Transport und Lagerung Platz.



Die Ne-Ra-Palette besteht zu 100 % aus wiederverwendbarem, reparier- und recycelbarem Kunststoff (HDPE). (Bild: Tosca)

## Umweltauswirkungen von Paletten während ihrer Lebensdauer



Tosca hat errechnet, dass jede Ne-Ra-Palette 2,5-mal weniger CO2-Emissionen verursacht als Holzpaletten (basierend auf 500 km und 100.000 Fahrten). (Bild: Tosca)

# Kunststofffolien für Lebensmittelverpackungen

Beispiele Verpackungsinnovationen

# Gesetze berücksichtigen und doch Lebensmittelfolien recyceln und Rezyklate einsetzen

z.B. Innovationen bei Lebensmittelfolien von Borealis:

z.B. Mehrschichtfolien mit Sperreigenschaften und trotzdem Einsatz von Rezyklaten im Innenbereich.

Außerdem: Kompatible oder leicht separierbare Kunststoffe nutzen bei Mehrschichtfolien, damit Recycling noch funktioniert.

Etiketten und Bedrucken minimieren. Möglichst nur eine Farbe benutzen.

BASF, Borealis, Südpack und Zott präsentieren den Prototypen einer Mehrschichtverpackung aus chemisch recyceltem Material.

Im Rahmen eines Pilotprojektes haben die beiden Kunststofferzeuger BASF und Borealis gemeinsam mit dem Verpackungshersteller Südpack und der Molkerei Zott eine Mehrschichtfolie für eine Mozzarella-Verpackung entwickelt, die nach deren Angaben vollständig aus chemisch recyceltem Polyamid und R-Polyethylen besteht. Vor dem Hintergrund, dass solche sehr effektiven Mehrschichtfolien mit besonders guten Eigenschaften zum Schutz der Lebensmittel bislang nur sehr eingeschränkt recyclingfähig sind, arbeitet die BASF an der Entwicklung eines chemischen Recyclingverfahrens für solche bislang nicht recycelten Verpackungen. Aus diesem ChemCycling genannten Prozess stamme auch das chemisch recycelte PA für die neu entwickelte Mehrschichtfolie. Borealis liefere dazu das Polyethylen, das ebenfalls chemisch recycelt wurde, und Südpack produziere aus diesen Materialien eine Mehrschichtfolie, die zu einer speziell versiegelten Mozzarella-Verpackung für die Molkerei Zott weiterverarbeitet werde.



## Quellen:

- basf.com (9.8.2019)
- neue-verpackung.de (13.8.2019)
- KI (14.8.2019)
- Foto: © Zott

# Gesetze berücksichtigen und doch Lebensmittelfolien recyceln und Rezyklate einsetzen



**Photo: Borealis and Boreouge offer monomaterial solutions suitable for the most demanding consumer packaging applications**

Photo: © Borealis

# Gesetze berücksichtigen und doch Lebensmittelfolien recyceln und Rezyklate einsetzen

z.B. Innovationen bei Lebensmittelfolien von Borealis:

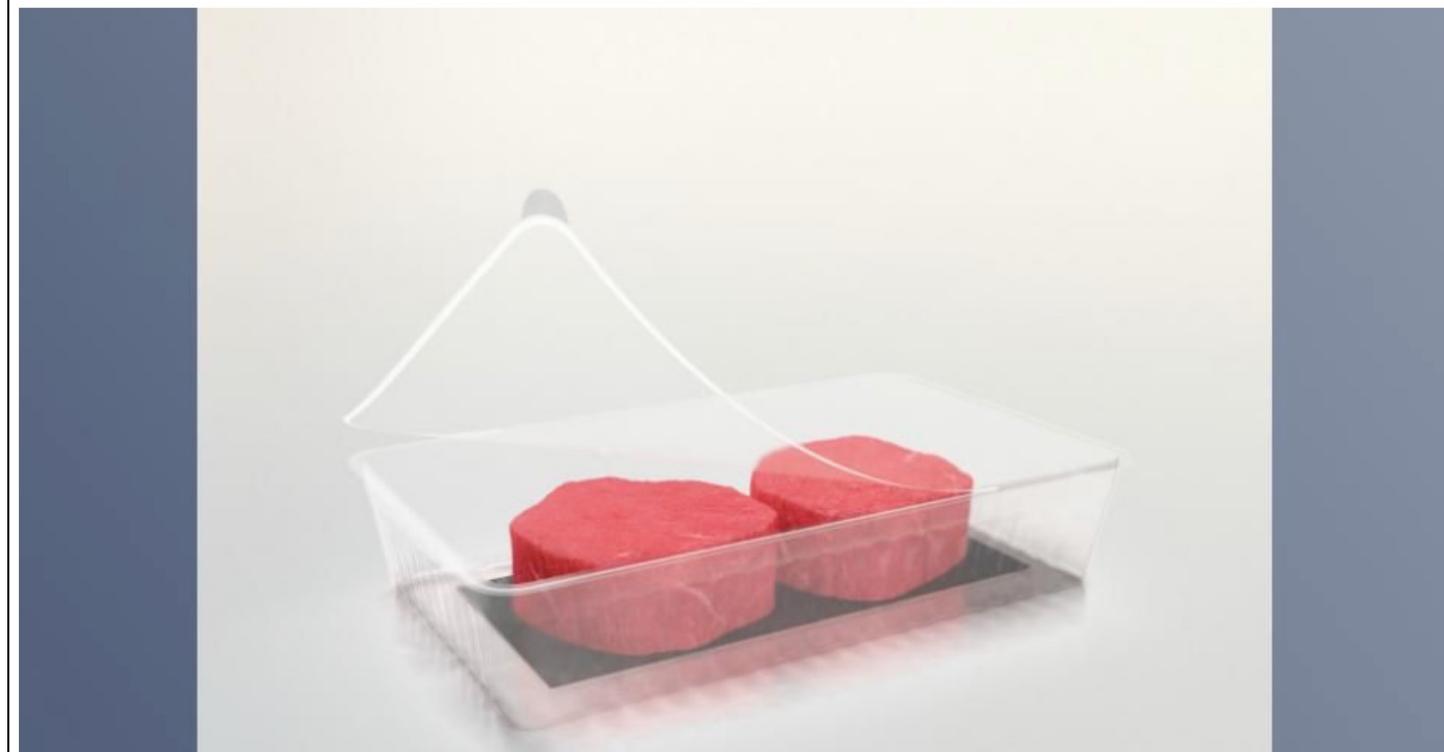
z.B. Mehrschichtfolien mit Sperreigenschaften und trotzdem Einsatz von Rezyklaten im Innenbereich.

Außerdem: Kompatible oder leicht separierbare Kunststoffe nutzen bei Mehrschichtfolien, damit Recycling noch funktioniert.

Etiketten und Bedrucken minimieren. Möglichst nur eine Farbe benutzen.

## **Borealis und Mondi liefern rezyklierbare polypropylenbasierte Lebensmittelverpackungen**

Borealis hat eine Anwendung auf Grundlage seiner Borstar Nukleierungstechnologie entwickelt, welche die Zirkularität von Lebensmittelverpackungen aus Kunststoff maßgeblich steigert. Aus einem speziellen BNT-modifizierten Copolymer produziert der Verpackungshersteller Mondi Monomaterial-Verpackungslösungen für Fleisch- und Milchprodukte.



# Gesetze berücksichtigen und doch Lebensmittelfolien recyceln und Rezyklate einsetzen

z.B. Innovationen bei Lebensmittelfolien von Borealis:

z.B. Mehrschichtfolien mit Sperreigenschaften und trotzdem Einsatz von Rezyklaten im Innenbereich.

Außerdem: Kompatible oder leicht separierbare Kunststoffe nutzen bei Mehrschichtfolien, damit Recycling noch funktioniert.

Etiketten und Bedrucken minimieren. Möglichst nur eine Farbe benutzen.



Neuer In-Mold-Labeling-Musterbecher von Greiner Packaging aus kreislauforientiertem Polypropylen von Borealis. (Bild: Greiner Packaging)

7. JUNI 2021

**Bei Greiner Packaging kommen Rohstoffe der zweiten Generation in der Produktion von Lebensmittelbechern zum Einsatz. Erste Musterbecher für Molkereiprodukte aus Polypropylen (PP) mit In-Mold-Labeling (IML) als Dekorationstechnologie sind bereits erhältlich. Die neuen Premium-Polyolefine wurden von Borealis für die Produktion nachhaltiger Produkte entwickelt.**

# Deep-Dive-Worksessions 2

## Kreislaufaspekte von Hartkunststoffen

# DEEP DIVE Workshop

## Kreislaufaspekte von Hartkunststoffen

Prof. Dr. Michael Nase  
Institutsleitung



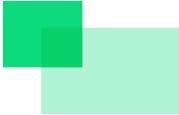


## Agenda

ibp – Hochschule Hof	03
Biokunststoffe und Recycling	08
Q & A	15

# **ibp – Hochschule Hof**

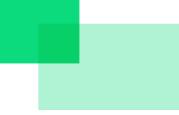
Institutsvorstellung



# STECKBRIEF



Name	Institut für angewandte Biopolymerforschung (ibp)
Gründung	01.10.2018
Mitarbeiter	25
Standort	Hochschule Hof, 2 Technika, 2 Labore, 7 Büros
Berufung	Industrielle Forschung & Entwicklung, Wissenschaft
Kompetenzen	Biokunststoffe, Extrusion, Spritzguss, Thermoformen, Recycling
Projekte	16 laufende Projekte (Fördervolumen > 3 Mio. €)



# Institut für angewandte Biopolymerforschung



Prof. Dr.-Ing. Michael Nase

- Institutsleiter
- Studium: Werkstoffwissenschaften mit Spezialisierung in Kunststofftechnik
- Promotion und Habilitation

M. Sc. Lucas Großmann

- Stellvertretender Institutsleiter
- Studium: Kunststofftechnik mit Schwerpunkt Prozesstechnik (Bachelor), Polymer Material Science (Master)



M. Eng. Isabell Kleiber

- Teamleiter Produkte für Landwirtschaft – Folien – Verpackungen
- Studium: Wirtschaftsingenieurwesen mit Fachrichtung Werkstoffe und dem Schwerpunkt auf Kunststoffe (Bachelor), Neue Materialien, Nano- und Produktionstechnik (Master)

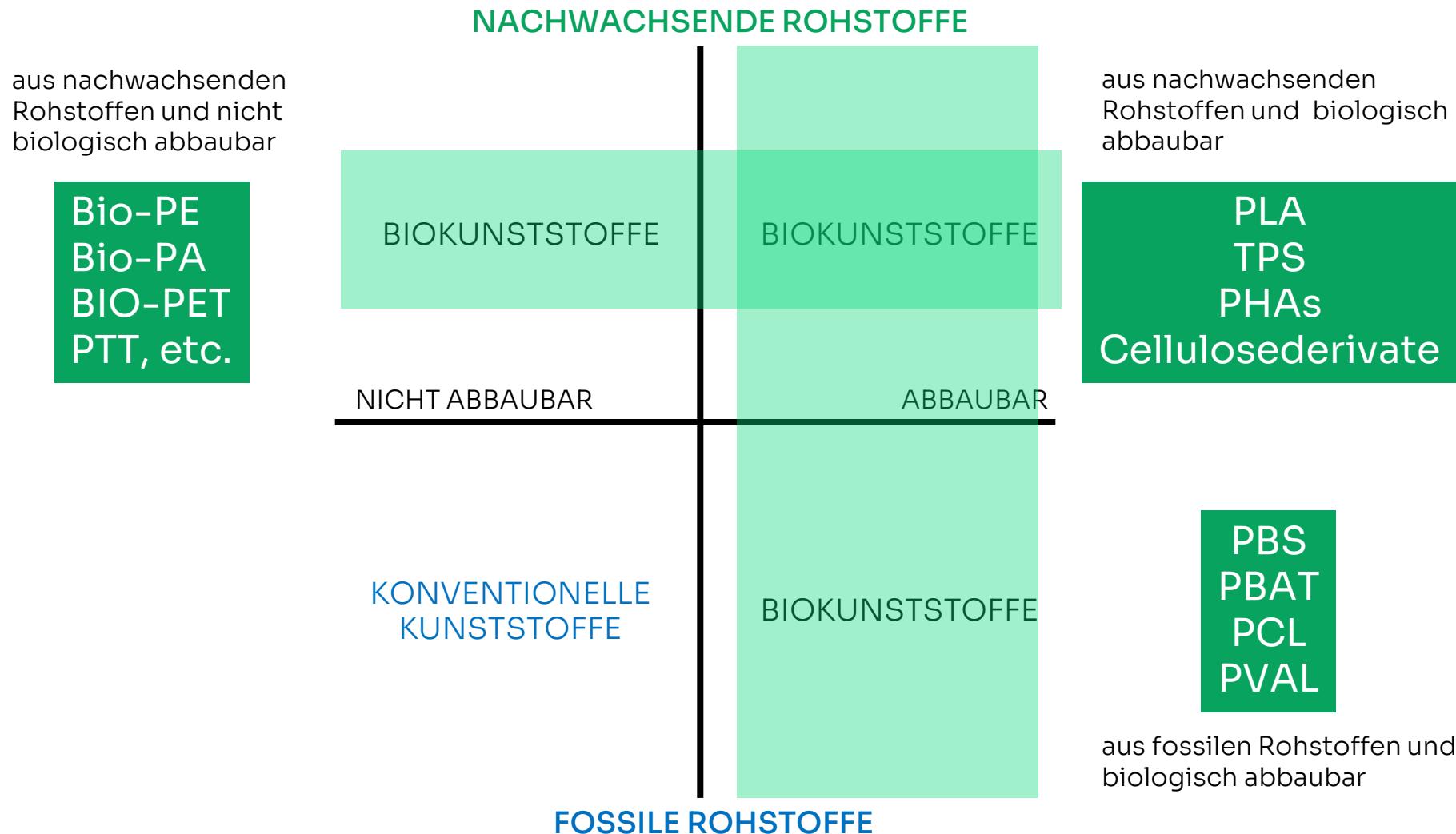
# **Biokunststoffe und Recycling**

# KUNSTSTOFFE – EIN ALLTAGSGEGENSTAND



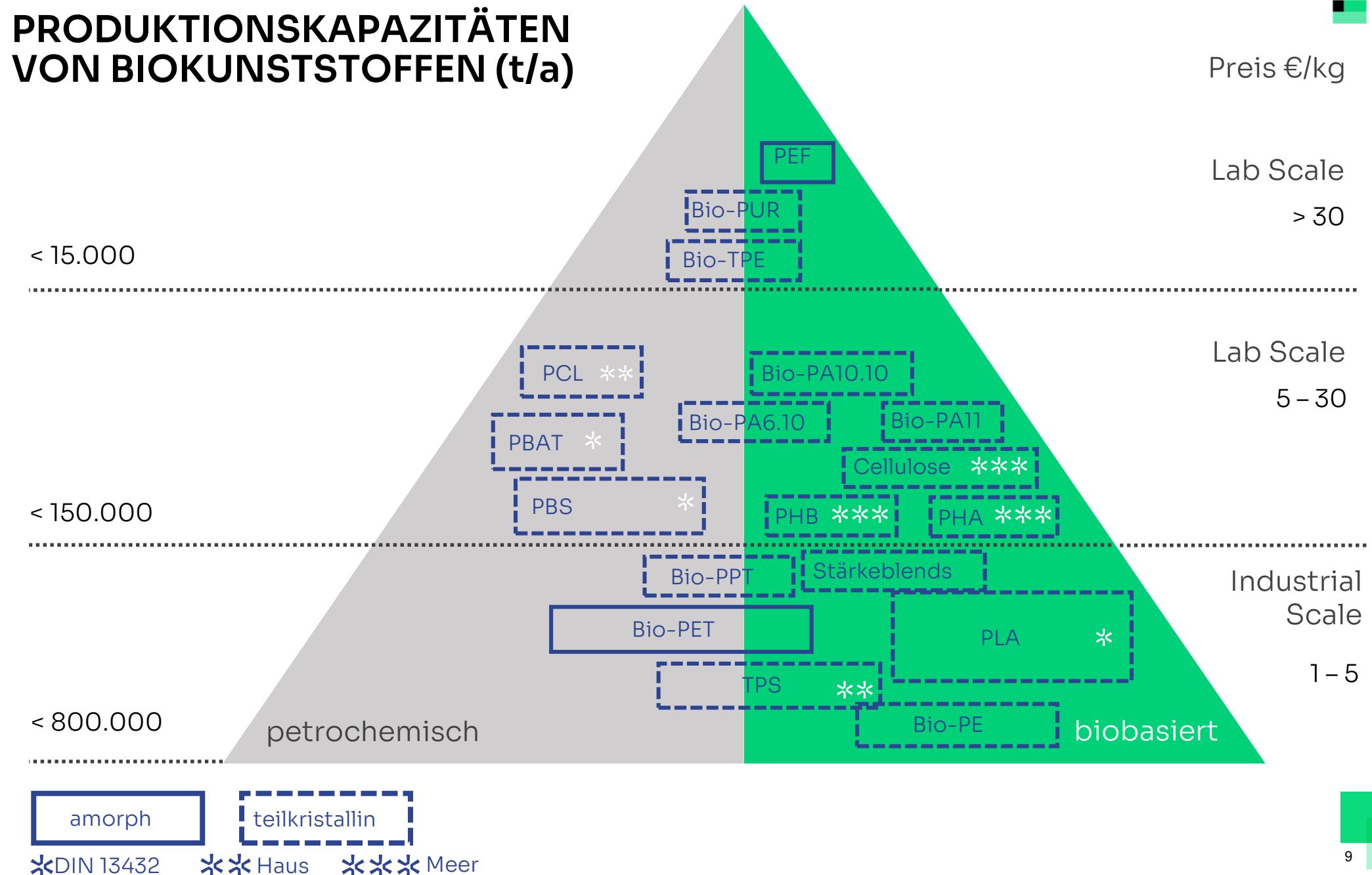
→ **Biokunststoffe und Recycling:** 2 Lösungsansätze für mehr Nachhaltigkeit

# EINTEILUNG VON BIORUNSTSTOFFEN



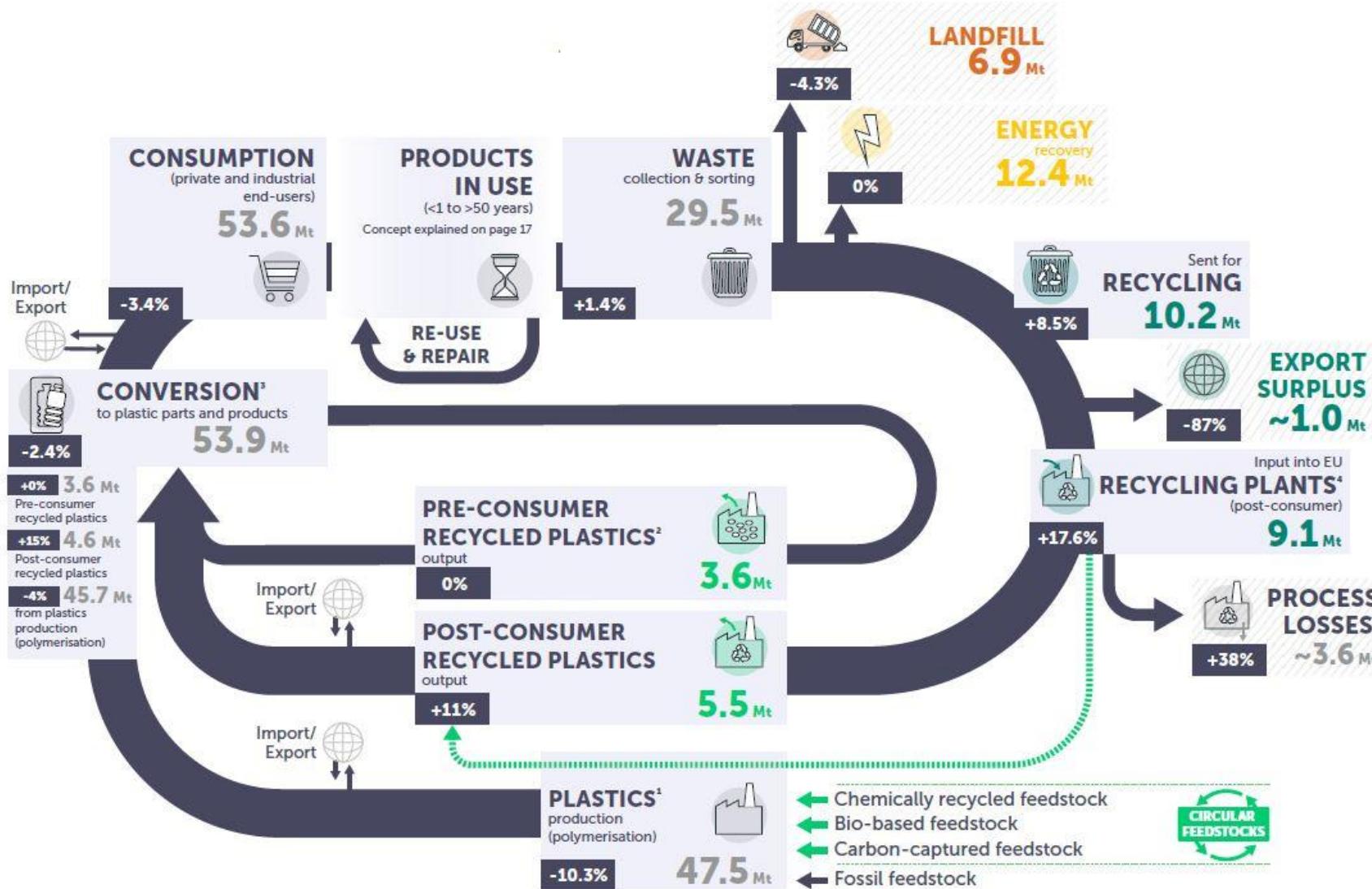
# PRODUKTIONSKAPAZITÄTEN VON BIOKUNSTSTOFFEN (t/a)

Preis €/kg



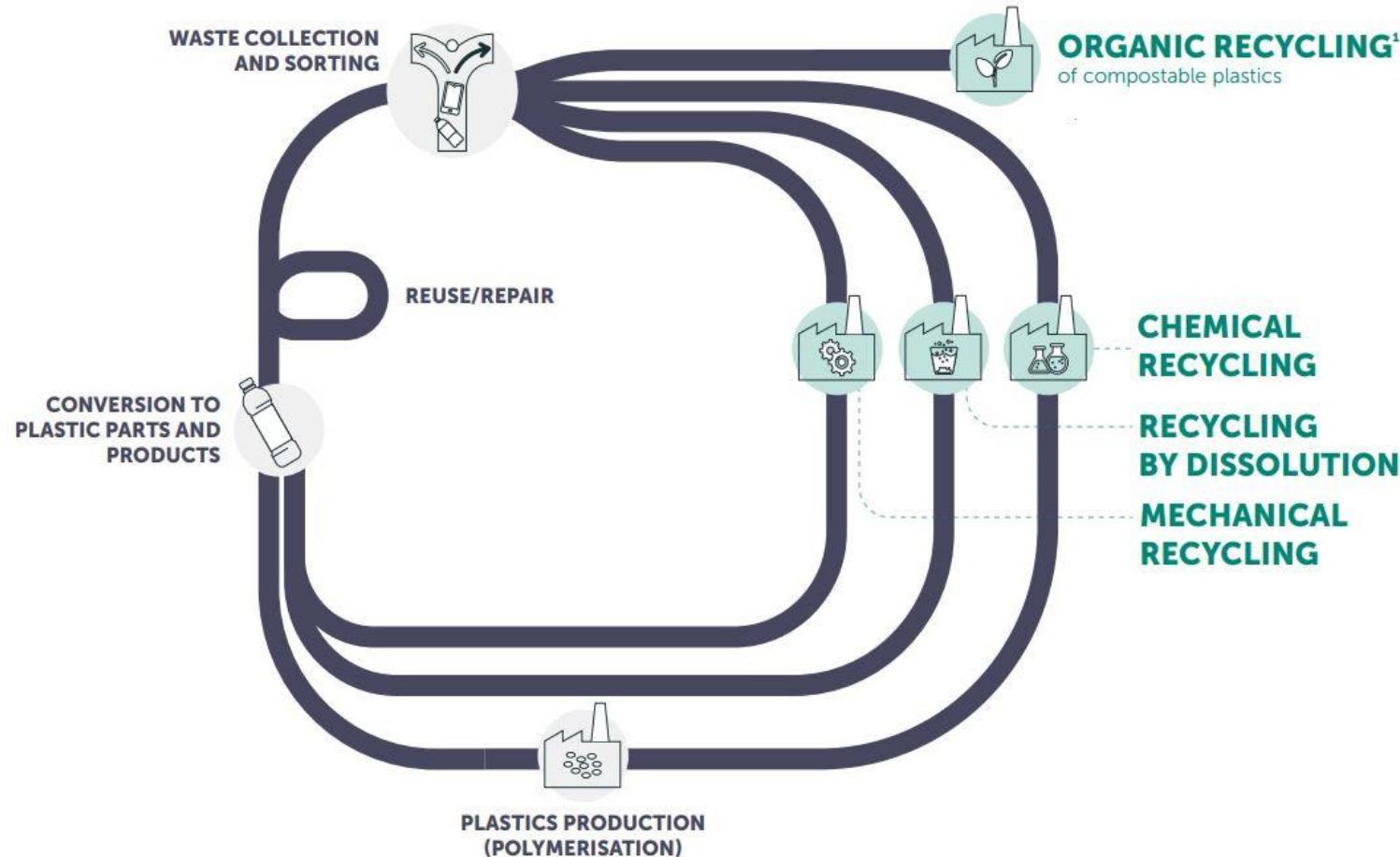
# RECYCLING VON KUNSTSTOFFEN

Entwicklung der Kunststoff-Kreislaufwirtschaft zwischen 2018 – 2020 in Europa



# RECYCLING VON KUNSTSTOFFEN

Möglichkeiten für Post-Consumer Kunststoffabfall



# RECYCLING VON KUNSTSTOFFEN

## End-of-Life Biokunststoffe



Organisches Recycling



Mechanisches Recycling

# Anwendungsbeispiele

FuE am ibp

# NUTZUNG BIOGENERER RESTSTOFFE

## Biertreber

- Motivation: Nutzung von Reststoffen der Bierbrauung
- Ziel: Stabilisierung von Kunststoffen



## Walnusschale

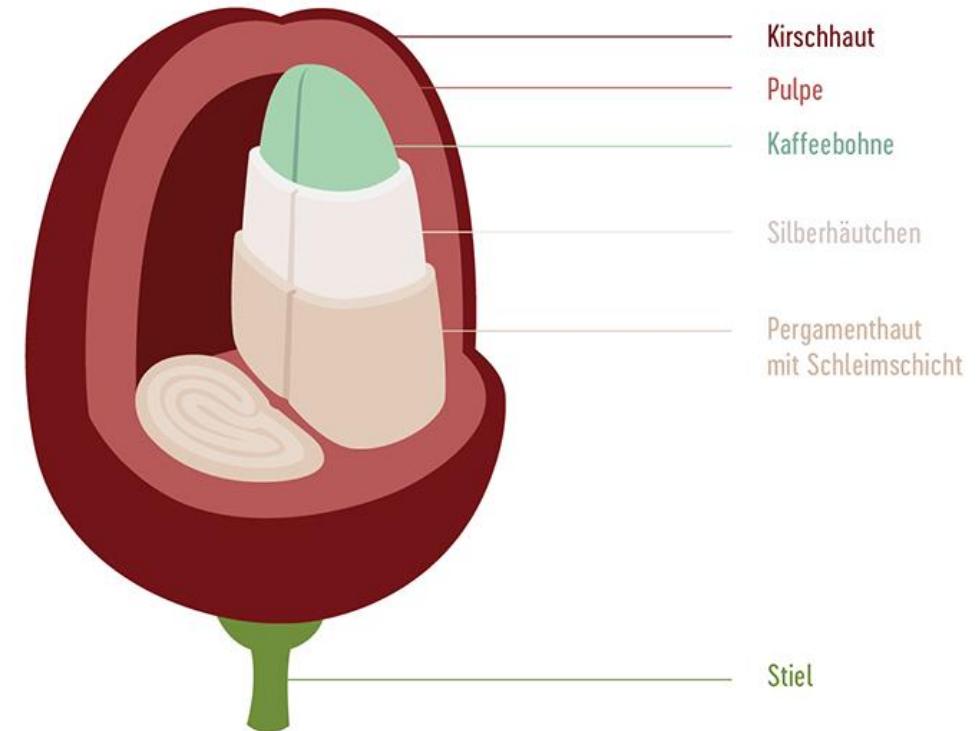
- Motivation: Nutzung der Reststoffe von Walnuss-Lieferanten
- Ziel: Stabilisierung von Kunststoffen



# NUTZUNG BIOGENERER RESTSTOFFE

## Kirsch- und Pergamenthaut

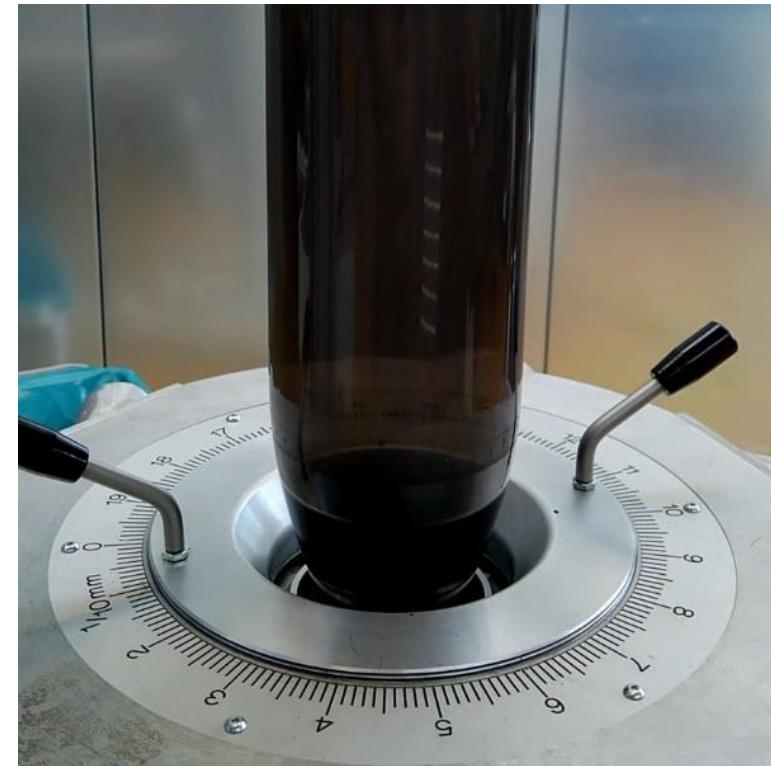
- Motivation: Nutzung von Reststoffen der Kaffeeverarbeitung
- Ziel: Stabilisierung von Kunststoffen



# NUTZUNG ABFALLSTOFFE

## Ruß aus gebrauchten Autoreifen

- Motivation: stoffliche Verwertung von Altreifen
- Ziel: Entwicklung eines nachhaltigen schwarzen Farbmasterbatches



# NUTZUNG NACHWACHSENDER ROHSTOFFE

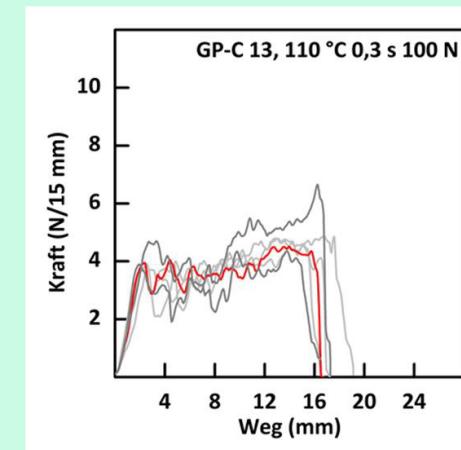
## Agrarstretchfolie

- Motivation: Substitution petrochemischer Produkte & Minimierung des Eintrags von Mikroplastik in die Umwelt
- Ziel: Erreichen des Anforderungsprofils mit Rezeptur aus 100 % NaWaRos



## Easy-Peel Verpackungsfolie

- Motivation: Substitution petrochemischer Produkte
- Ziel: biobasiertes Kohäsiv-Peelsystem



# Q & A

Teil 1: Rezyklate



# Übersicht der Fragen



Ist  
r-ABS verfügbar?

Wie realisiert man  
schlagzähes Post-  
Consumer PP-Rezyklat?

Wie steht es aktuell mit  
Verpackungsfolien aus  
Rezyklat?

Gibt es PCR Materialien  
mit  
Lebensmittelkontakt-  
Zulassung?

Über welche Systeme  
können Hartkunststoffe  
(keine LVP)  
zurückgegeben  
werden?

Alternativen zu PVC ?

**EIGENSCHAFTEN VON  
BIOKUNSTSTOFFEN**

**EINSATZOPTIMIERUNG VON  
REZYKLATMATERIALIEN**

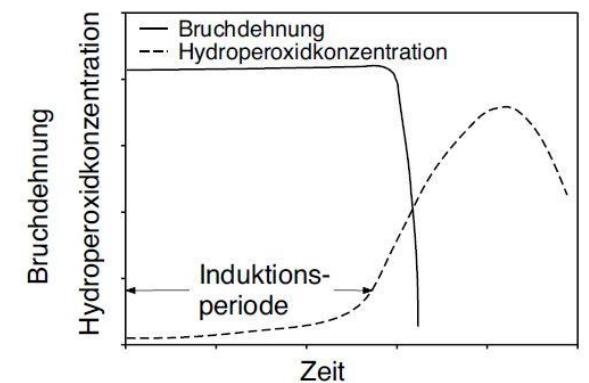
In welche Branchen  
gehen Produkte aus  
PCR-Materialien (4,6  
Mio Tonnen)?

**POST-CONSUMER VS. POST-  
INDUSTRIAL REZYKLAT**

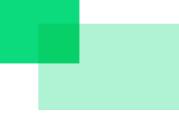
**BEZUGSQUELLEN UND  
RÜCKNAHMESYSTEME**

# EINSATZOPTIMIERUNG VON REZYKLATMATERIALIEN

- Wichtige **Additive** beim **werkstofflichen Recycling**
  - Stabilisierung gegenüber thermischen, mechanischen, oxidativen und hydrolytischen Beanspruchungen (kurzfristig)
    - Antioxidantien (Abbruch der Kettenfortpflanzungsreaktionen sowie Verzweigungen)
    - Gleitmittel (Reduktion mechanischer Belastung) – innere und äußere
- **Additive** bei der **Produktion mit Rezyklat** am Beispiel von Polyolefinen
  - UV-Schutz: Ruß, Kombination aus hoch- und niedermolekularen HALS (sterisch gehinderte Amine)
  - Schlagzähigkeit: Schlagzähmodifikatoren (EPDM-Copolymere), Weichmacher
  - Temperaturstabilität: Antioxidantien wie sterisch gehinderte Phenole
  - Langzeitstabilisierung: phenolische Antioxidantien + zusätzlich Thiosynergisten wie Thioether und/oder Phosphite oder Phosphonite als Hydroperoxidzersetzer



Abbau der mechanischen Eigenschaften von Kunststoffen unter thermisch-oxidativer Belastung



# EINSATZOPTIMIERUNG VON REZYKLATMATERIALIEN

Ist  
r-ABS verfügbar?

Wie realisiert man  
schlagzähes Post-  
Consumer PP-  
Rezyklat?

# POST-CONSUMER VS. POST-INDUSTRIAL REZYKLAT

	<b>Post-Consumer-Rezyklat (PCR)</b>	<b>Post-Industrial-Rezyklat (PIR)</b>
Verfügbare Mengen (EU, 2020)	5,5 Mio Tonnen	3,6 Mio Tonnen
Verarbeitungsmenge (EU, 2020)	4,6 Mio Tonnen	3,6 Mio Tonnen
Kosten	/	/
Sortenreinheit	-	++
Performance	-	+
Nachhaltigkeit	++	+

# POST-CONSUMER VS. POST-INDUSTRIAL REZYKLAT

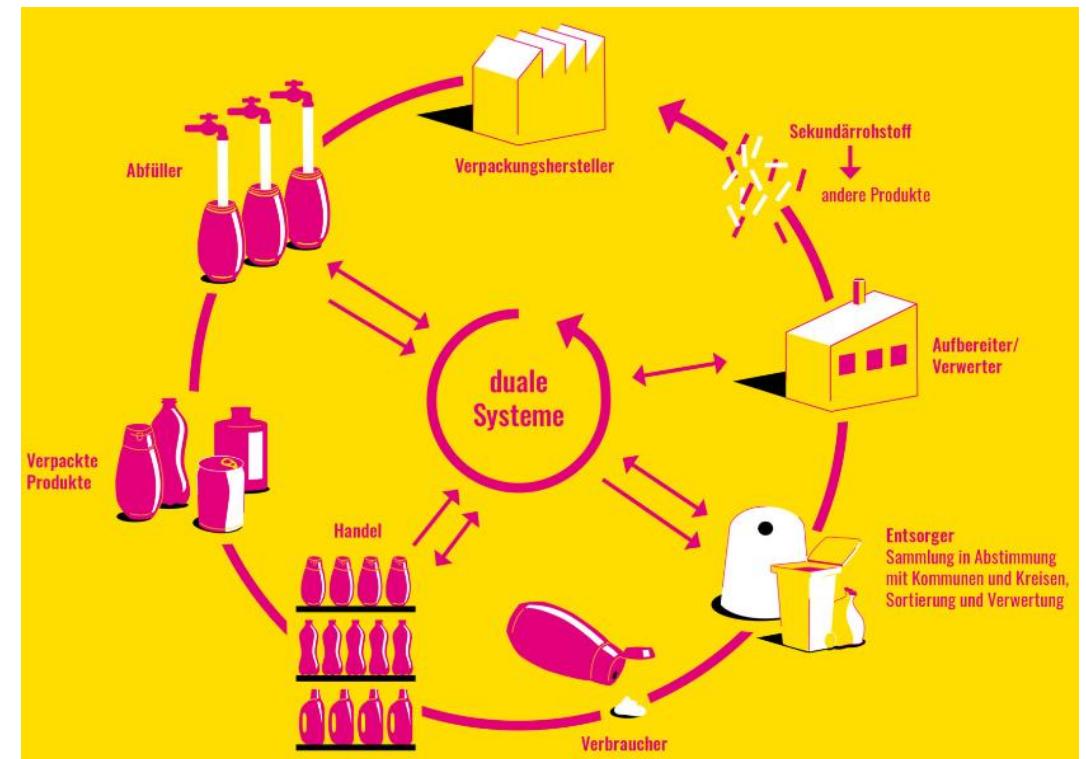
Wie steht es aktuell mit Verpackungsfolien aus Rezyklat?

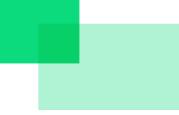
Gibt es PCR Materialien mit Lebensmittelkontakt -Zulassung?

In welche Branchen gehen Produkte aus PCR-Materialien (4,6 Mio Tonnen)?

# BEZUGSQUELLEN UND RÜCKNAHMESYSTEME

- Bezugsquellen Rezyklatmaterialien (Auszug):
    - Rohstoffbörse auf dem Portal *KunststoffWeb*  
[Rohstoffinserate suchen und finden | KunststoffWeb Rohstoffbörse](#)
    - Europäischer Marktplatz *Plasthip*  
[Ihr Industrie-Netzwerk für recycelte Kunststoffe und Kunststoffrecycling \(plasthip.com\)](#)
    - PIR-Ware: Radici, K.D. Feddersen, LyondellBasell, EMS, uvm.
    - PCR-Ware: Interseroh, Hoffmann + Voss, uvm.
  - Rücknahmesysteme (Auszug):
    - Duales System Deutschland: Verkaufsverpackungen
    - Kunststoffrohrverband e.V. + PreZero: Kunststoffrohre
    - Rewindo: Fenster, Rollläden und Türen aus PVC
    - ERDE: Landwirtschaftsfolien
- [Was ist ERDE? \(erde-recycling.de\)](#)





# BEZUGSQUELLEN UND RÜCKNAHMESYSTEME



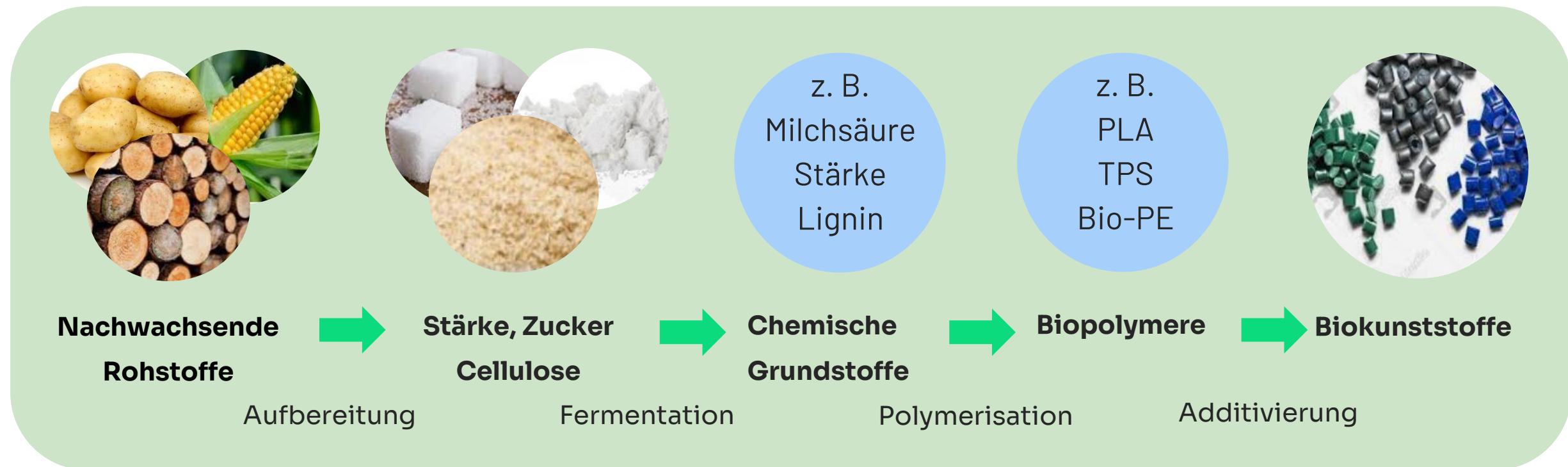
Über welche Systeme können Hartkunststoffe (keine LVP) zurückgegeben werden?

Existieren Plattformen für Rezyklathändler?

# Q & A

Teil 2: Biopolymere

# EIGENSCHAFTEN VON BIOKUNSTSTOFFEN

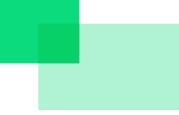


## Q & A:

1. Lebensmittelverpackungen aus Biokunststoffen? (aktuell: PET, PP, PS)  
Anforderungen: Schutz-, Lager- und Transportfunktion  
Biokunststoffalternativen: PLA, Cellulosederivate

2. Schutzfolien: z.B. Edelstahlschutzfolien aus Biokunststoffen?  
Anforderungen: optimale Haftung, hohe Reißfestigkeit, Öl- und Feuchtigkeitsresistent, homogene Folienqualität  
Biokunststoffe: Bio-PE, evtl. PBAT

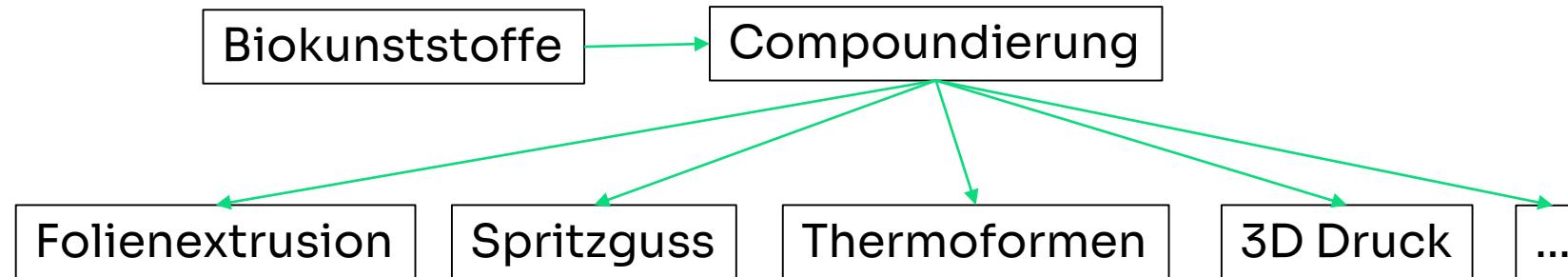




# EIGENSCHAFTEN VON BIORADICAL STOFFEN

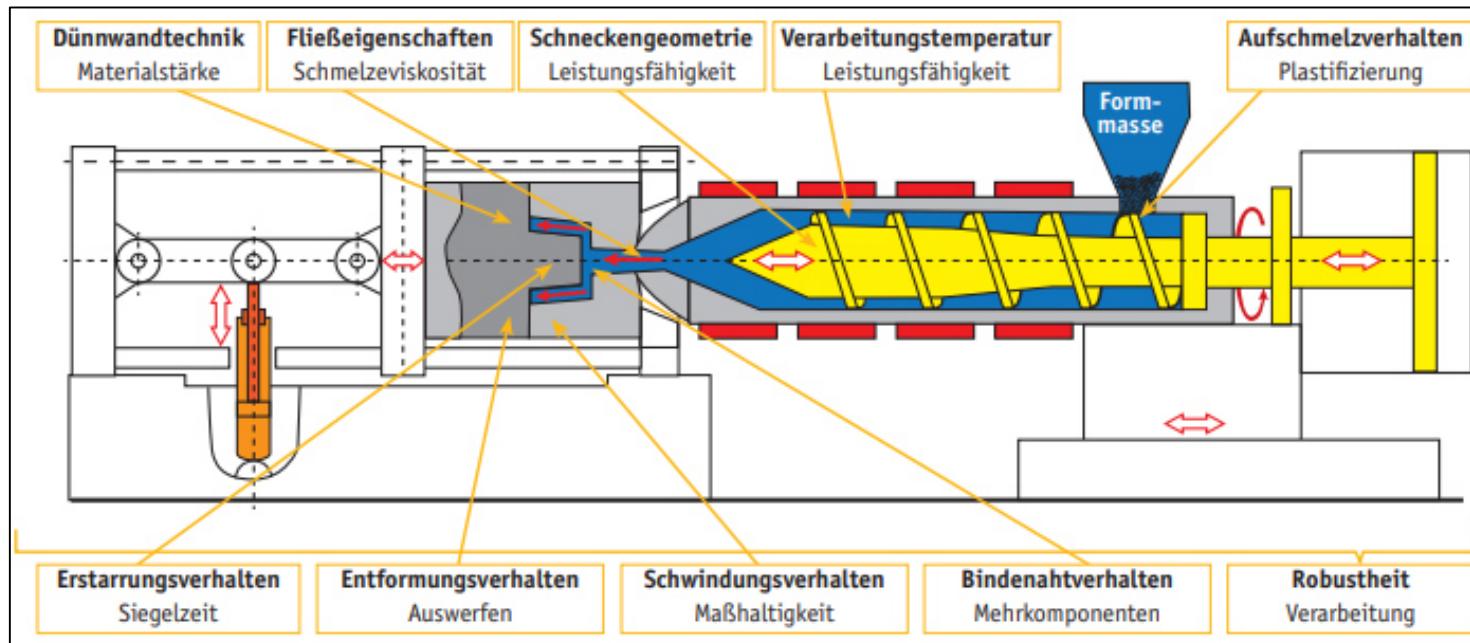
Alternativen zu PVC ?

# VERARBEITUNG VON BIORUNSTSTOFFEN



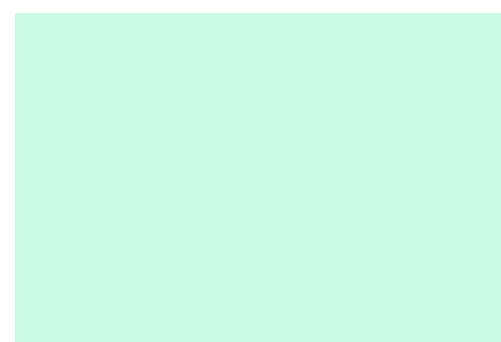
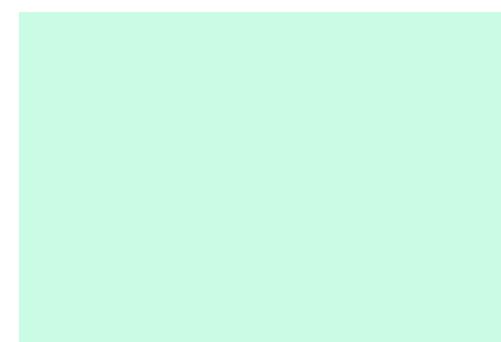
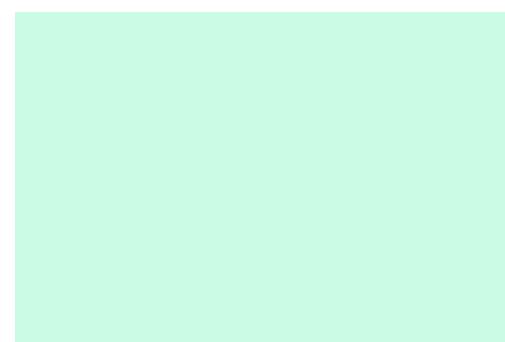
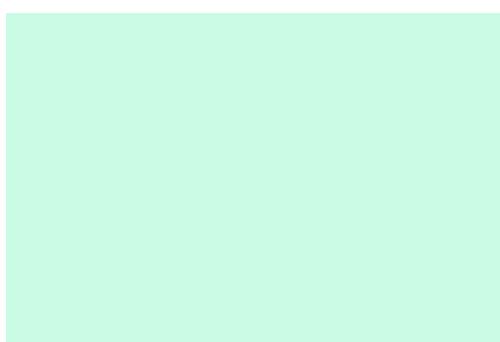
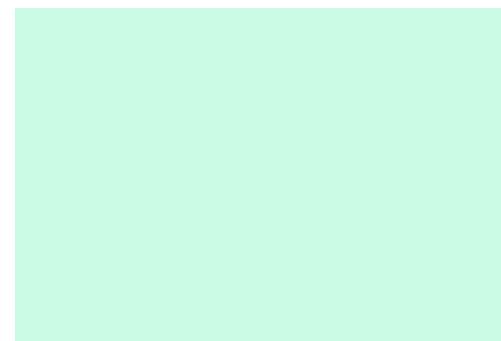
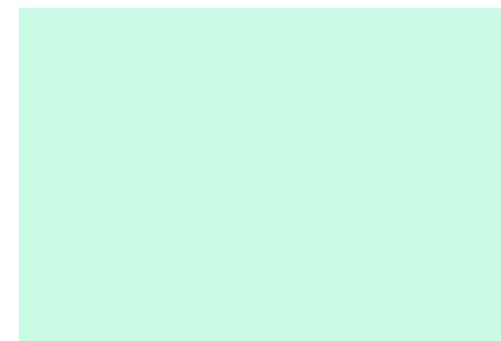
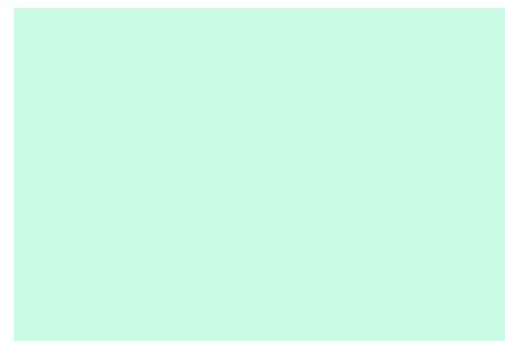
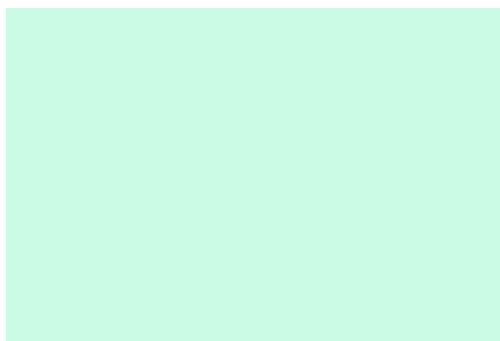
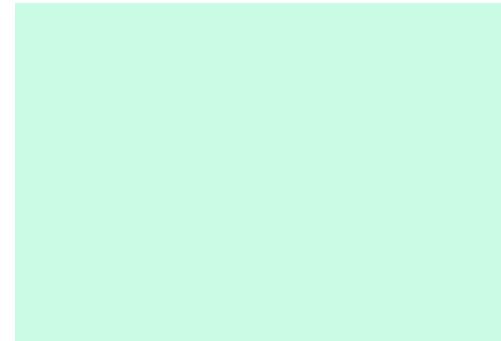
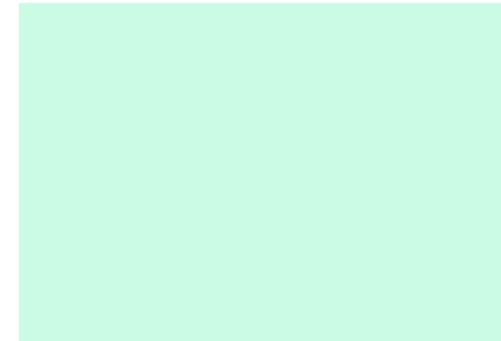
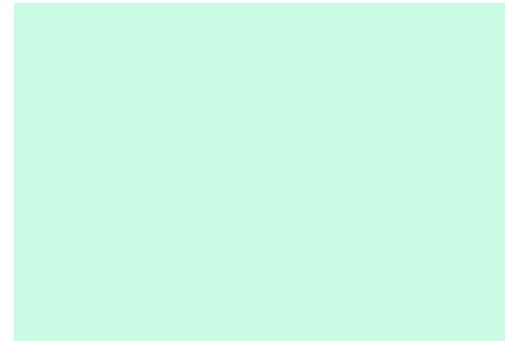
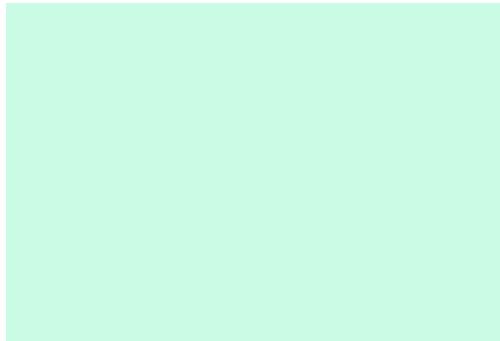
## Q & A:

Sind Biokunststoffe für Spritzguss geeignet? PLA, PHA, PBAT, Cellulosederivate, ...  
→ Verwendung von Thermoplasten, Duroplasten und Elastomeren





# VERARBEITUNG VON BIORADIKALEN



# ANWENDUNGSBEISPIELE

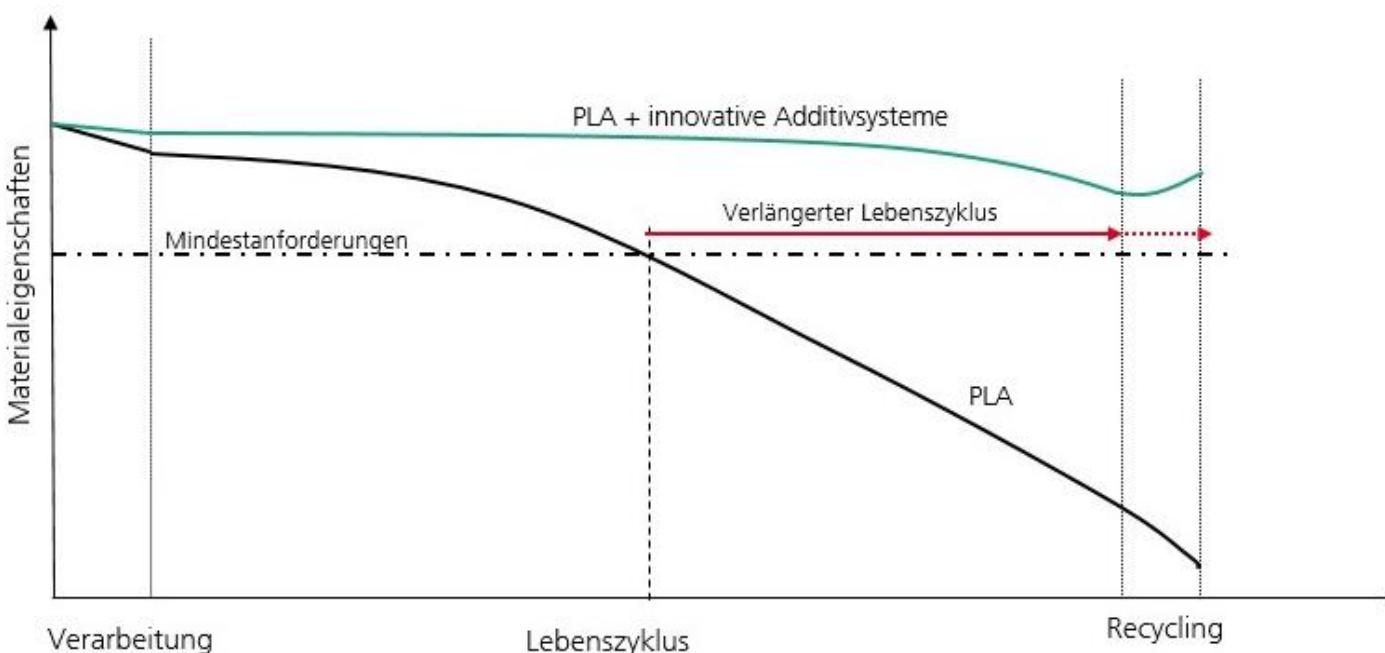
## NaKu aus natürlichen Kunststoff

- Bio-Sackerl
  - PLA-Flaschen
- Ajaa! Macht natürlich Spass
- Trinkflasche, Brotdose
  - Flaschen/Becher
  - Geschirr



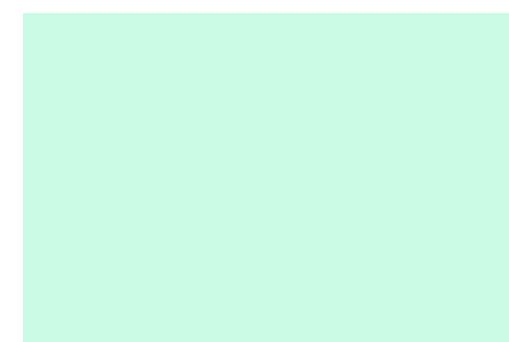
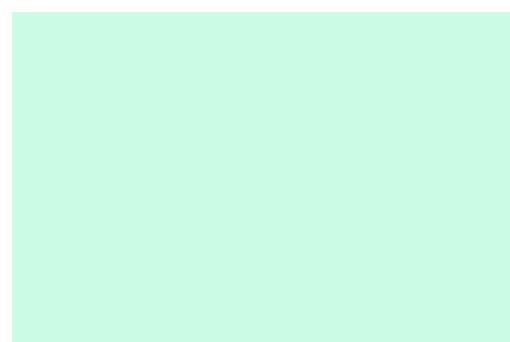
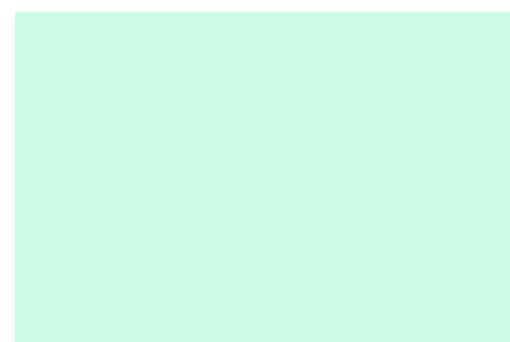
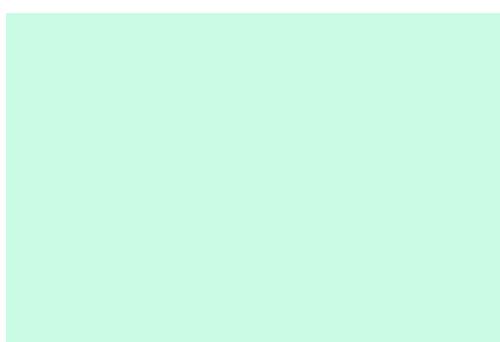
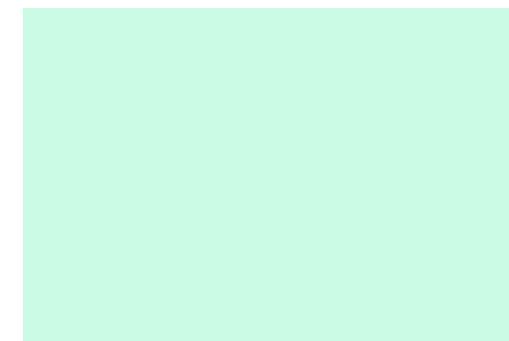
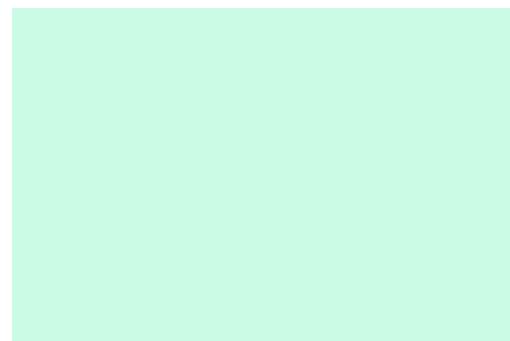
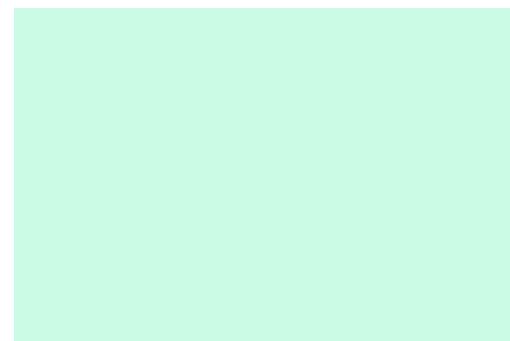
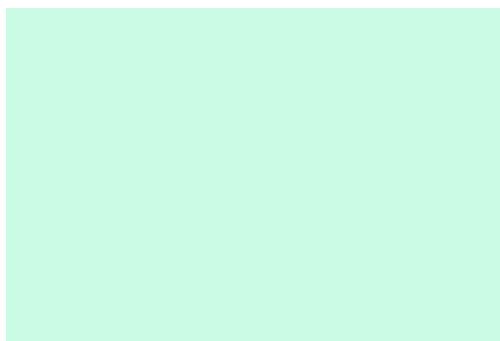
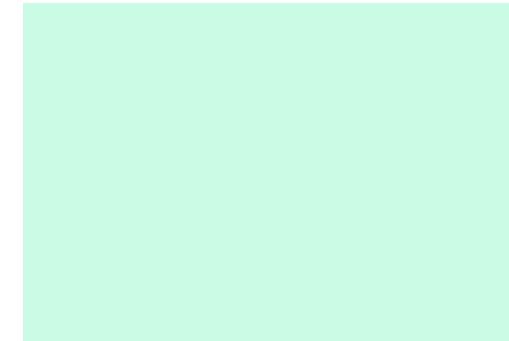
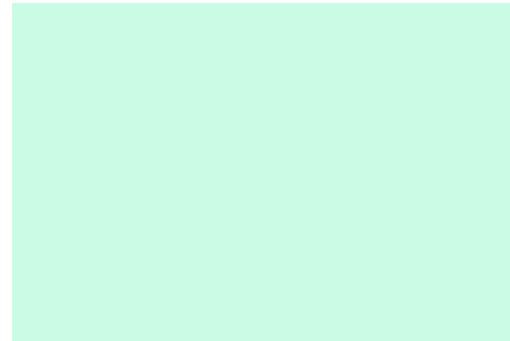
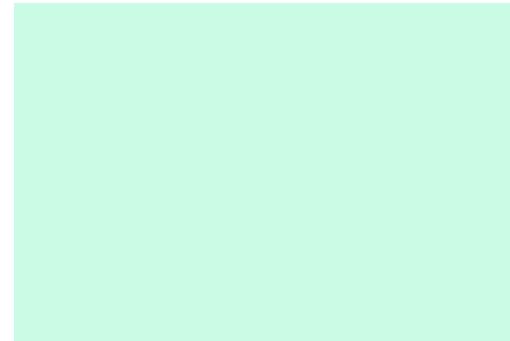
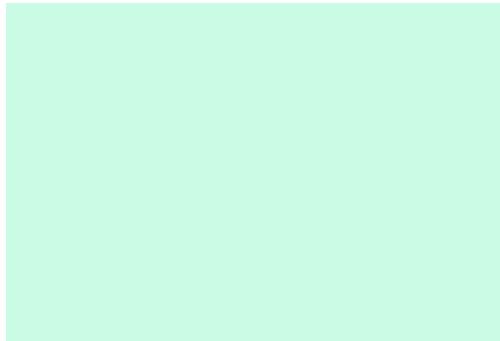
## Q & A:

Langzeitstabile  
Biokunststoffe für z.B.  
Automobilindustrie?  
Verwendung von  
Additiven (z.B.  
Hydrolyseinhibitoren,  
Nukleierungsmittel)





## ANWENDUNGSBEISPIELE



# BIOKUNSTSTOFF VS REZYKLAT

## Biokunststoffe

- + Senkung der Treibhausgasemissionen
- + Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen
- + nachwachsende Rohstoffe/Verwertung von Reststoffen
  - Versauerung der Böden durch Düngemittel beim Anbau (z.B. Mais)
  - Kosten



<https://www.gianeco.com/de/tipology/1/biokunststoffe>

## Rezyklat

- + Reduzierung des Plastikmulls
- + Kosten
- Sortentrennung schwierig aber notwendig
- Praktikabel nur unter Zufuhr von neuen Rohstoffen ansonsten nur „Downcycling“



<https://www.hunold-knoop.de/kunststoffblog/9-fragen-zu-rezyklat/>

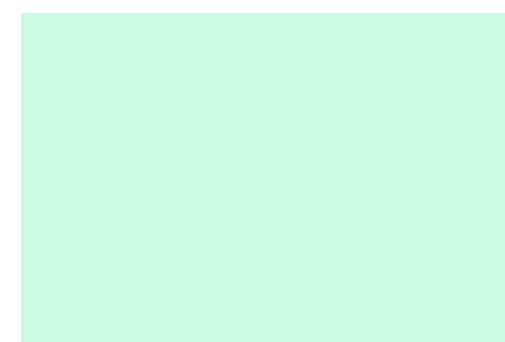
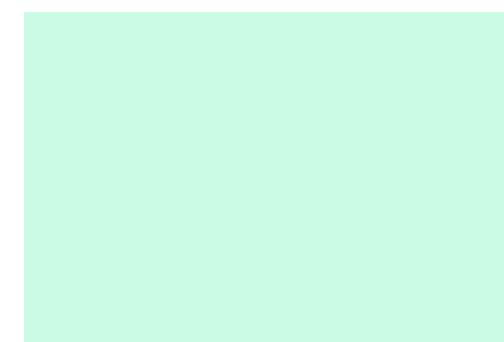
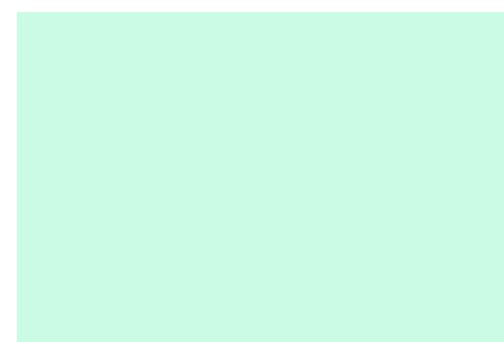
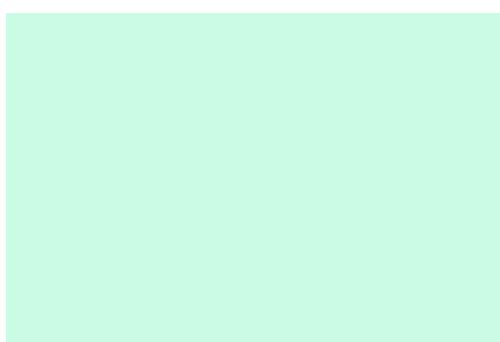
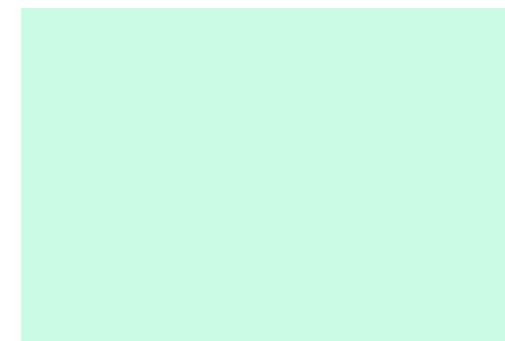
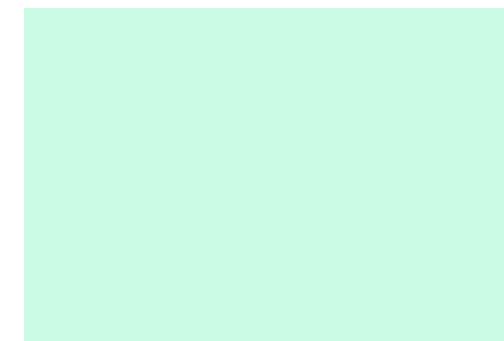
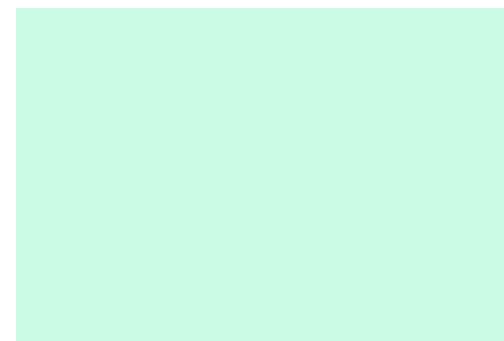
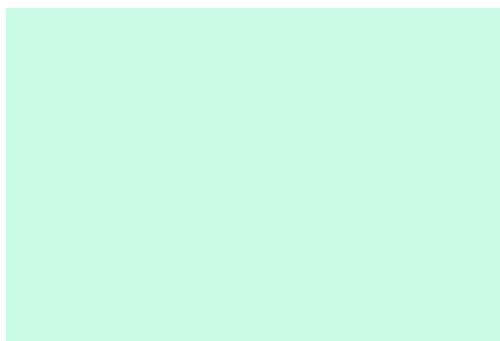
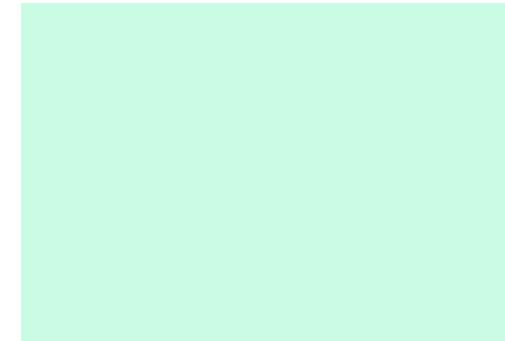
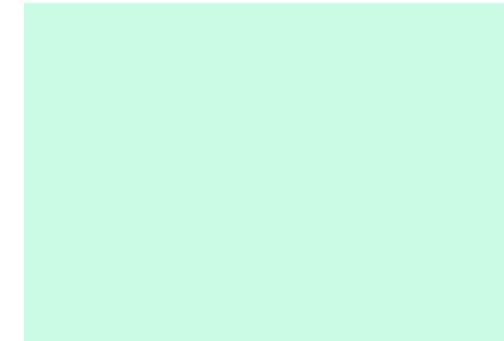
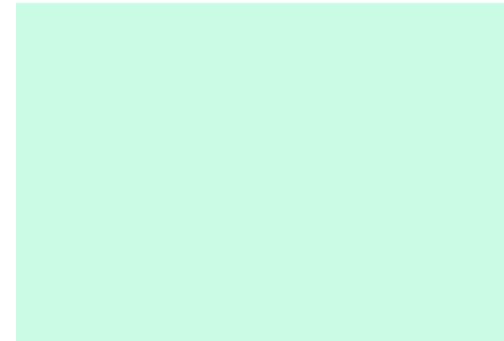
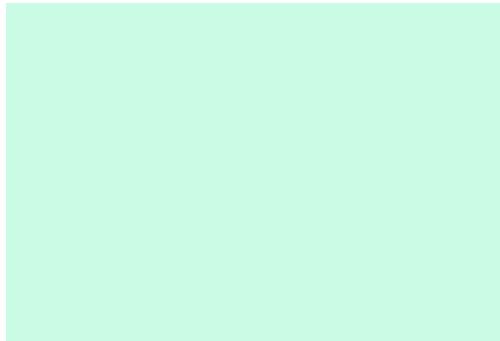
## Q & A:

Wann macht der Einsatz von Biokunststoffen Sinn?

→ Abhängig von Anforderungsprofil (Kosten, Abbaubarkeit, Wiederverwertbarkeit, Langlebigkeit...)



# BIOKUNSTSTOFF VS REZYKLAT

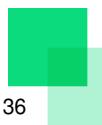
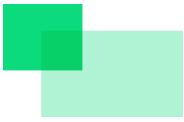




Institut für Biopolymere  
der Hochschule Hof

Alfons-Goppel-Platz 1  
95028 Hof  
Phone +49 9281 409-3000  
[ibp@hof-university.de](mailto:ibp@hof-university.de)  
[www.ibp-hof.de](http://www.ibp-hof.de)





# Eigenschaften von Biokunststoffen

Biologisch abbaubar	PBAT, PCL, PBSA ...	PBS, TPS, Bio-TPE ...	PLA, PHA, TPS ...
Nicht biologisch abbaubar	PE, PP, PS, PET, PVC, PC, ABS ...	Bio-PET, Bio-PC ...	Bio-PE, Bio-PP, Bio-PA ...
	Nicht biobasiert	Teilweise biobasiert	biobasiert

→ Biokunststoffe stellen in vielen Bereichen eine echte Alternative zu herkömmlichen, fossilen Kunststoffen dar

# Kreislaufwirtschaft und Recycling

