

# Biopolymere – eine echte Alternative?



Prof. Dr. Christian Rytka – FHNW / IKT

1

## Inhalt






- Aktivitäten FHNW
- Fakten und Einteilung
- Biobasierter Anteil und Abbaubarkeit
- Anwendungsbeispiele
- Life Cycle Assessment vs. Green Design guide
- Fazit und Denkanstösse



2

**Vorstellung FHNW  
Institut für Kunststofftechnik (IKT)  
Institut für Nanotechnische Kunststoffanwendungen (INKA)**



<p><b>Polymer- chemie &amp; Analytik</b> <i>Prof. Dr. Markus Grob</i></p> 	<p><b>Kunststoff- verarbeitung &amp; Nachhaltigkeit</b> <i>Prof. Dr. Christian Rytka</i></p> 	<p><b>Leichtbau &amp; Faserverbund- technologien</b> <i>Prof. Dr. Christian Brauner</i></p> 	<p><b>Oberflächen- strukturierung</b> <i>Prof. Dr. Magnus Kristiansen</i></p> 	<p><b>Oberflächen- funktionali- sierung</b> <i>Dr. Sonja Neuhaus</i></p> 

**Aktivitäten FHNW im Bereich Biopolymere**

- Material-, Prozess- und Anwendungsentwicklung
- Vergleich mit konventionellen Kunststoffen
- Nachhaltigkeitsbetrachtung → LCA
- Grosses Netzwerk:  
Zusammenarbeit mit anderen Instituten und Firmen
  - Noriware
  - Kuori
  - Capt'n Greefin
  - Innovation Booster
  - ...



## Innovation Booster Applied Circular Sustainability 2021-2014

- 12 Konsortiumsmitglieder
- Entscheidungsgremium für Projekte bis 25000CHF
- Einreichungsdeadline für nächste Campaign: Feb. 2023

[Innovation Booster - Campaign: 5th Circular Campaign Spring 2023 \(inno booster.org\)](https://www.inno booster.org)

STUDIOCOLONY

**ETH IfB**  
Institut für Baustoffe  
Institute for Building Materials

Zürich University of Applied Sciences  
**zhaw** Life Sciences and Facility Management  
Institute of Natural Resource Sciences

**sanu** durabilitas  
Institute for development oriented solution for nachhaltige entwicklung

HIGHTECH ZENTRUM AARGAU

**n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz

**EPEA**  
SWITZERLAND

Zürich University of Applied Sciences  
**zhaw** School of Engineering  
INE Institute of Sustainable Development

Zürich University of Applied Sciences  
**zhaw** School of Engineering  
IMPE Institute of Materials and Process Engineering



S1-9 MATERIAL ARCHIV

TRIBECRAFT  
INNOVATORS DESIGNERS ENGINEERS

IMPACT HUB

Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences

## Innovation Booster Plastics for Zero Emission

**Vision:** Kunststoffe werden zum Negativemissions-Material

**Ziel:** Nachhaltigkeit über die gesamte Kunststoff- und Composites-Wertschöpfungskette

**Vorgehen:** Zwei Innovation Booster Calls pro Jahr

- Ausarbeitung der Herausforderungen mit Industriepartnern
- Vernetzung mit Projektpartnern
- Finanzielle und methodische Unterstützung bei der Ausarbeitung, Verifizierung und Umsetzung der Ideen

Nächster Call wurde im Januar 2023 publiziert

**Kontakt und Infos:** Stève Mérillat, [info@plastics4zeroemission.ch](mailto:info@plastics4zeroemission.ch)

**Website und Newsletter:** [plastics4zeroemission.ch](https://plastics4zeroemission.ch)

PLASTICS FOR  
**ZERO**  
EMISSION



## Unterstützung von Start-Ups Weiterentwicklung von Fischködern

Motivation: Problem Köderverlust:

- Europa + Nordamerika  
→ jährlich 4'000t Plastik in Gewässern
- Nicht abbaubares PVC, PE und Silikon

Aktuelle Lösung von Capt'n Greenfin:

- Proteinbasierter abbaubarer Softköder mit Fingerfolg

Entwicklungsbedarf mit FHNW-IKT:

- Neue abbaubare Biopolymere für  
→ Grössere & stabilere Köder  
→ Harte Köder
- Mit Unterstützung von der Innosuisse



## Unterstützung von Start-Ups Entwicklung von abbaubaren Sohlen

Motivation:

- Mikroplastik durch Schuhabrieb: Platz 7 → 109g / Kopf / Jahr\*
- Schuhe werden wenig rezykliert

\*Quelle: Fraunhofer Umsicht

Aktuelle Lösung Kuori:

- Biobasiertes abbaubares TPE mit Lebensmittelseitenströmen

Entwicklungsbedarf mit FHNW-IKT:

- Performanceverbesserung:  
→ Haftreibung, Abrieb  
→ Verhalten im Kontakt mit Wasser  
→ Abbaugeschwindigkeit
- Mit Unterstützung von der Innosuisse, Eurostars und Gebert-Rüf-Stiftung





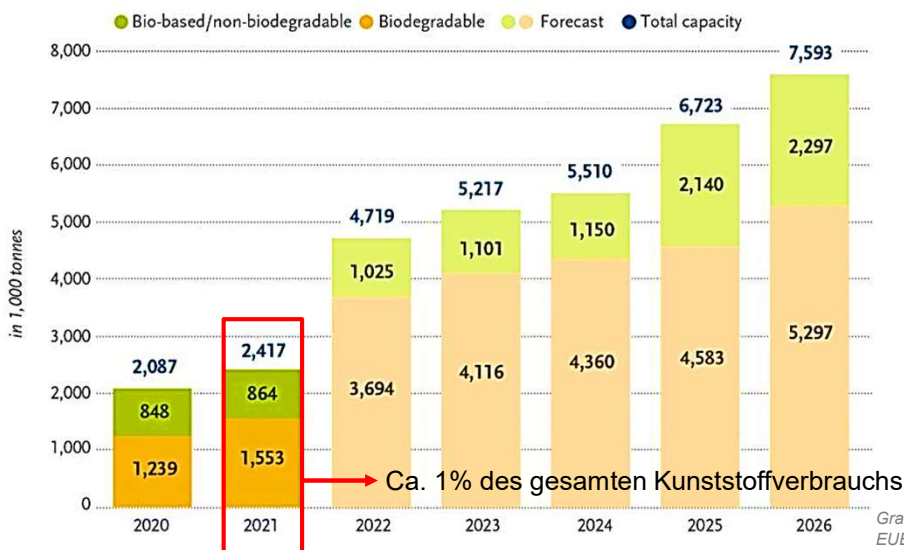
### Aktuellen Voraussetzungen für Biopolymere

- Biopolymere aus nachwachsenden Rohstoffen sind klimaneutral:  
Jede Pflanze nimmt soviel CO<sub>2</sub> auf,  
wie sie bei der Verbrennung oder Zersetzung wieder abgibt.
- Preis ist nicht mehr das einzige Kriterium  
→ Ökobilanz, Kreislaufwirtschaft, ethische Ansprüche
- Export von Kunststoffmüll eingeschränkt
- 2021, Dez.:  
United Nations empfehlen den Einsatz von Biopolymeren  
als nachhaltige Alternative zu konventionellen Kunststoffen



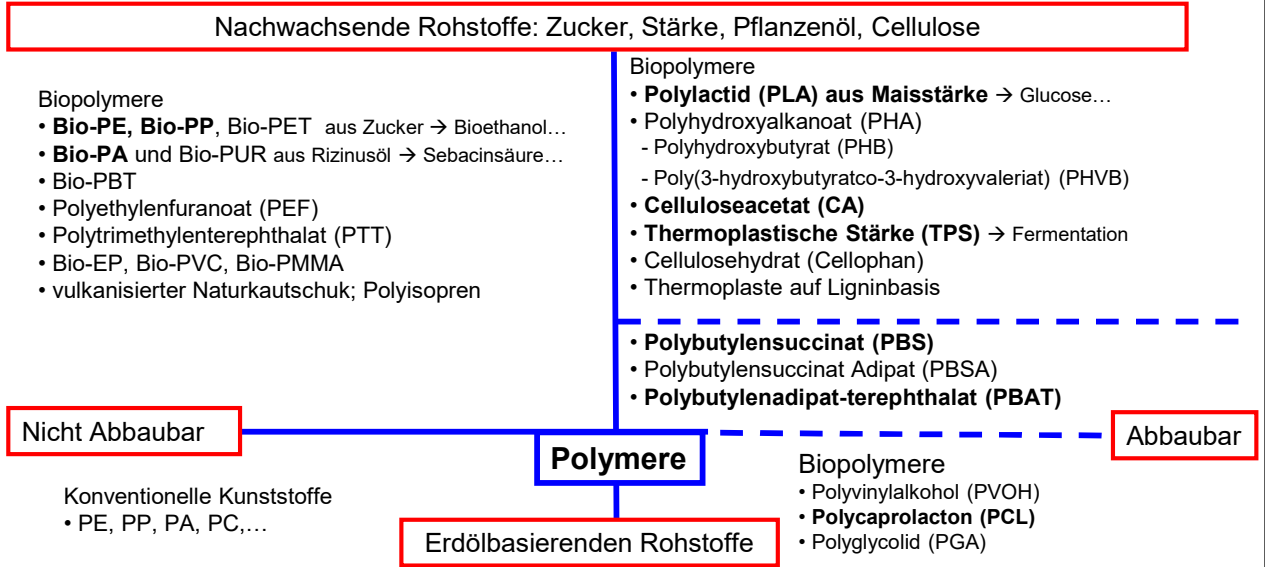
### Fakten

#### Global production capacities of bioplastics



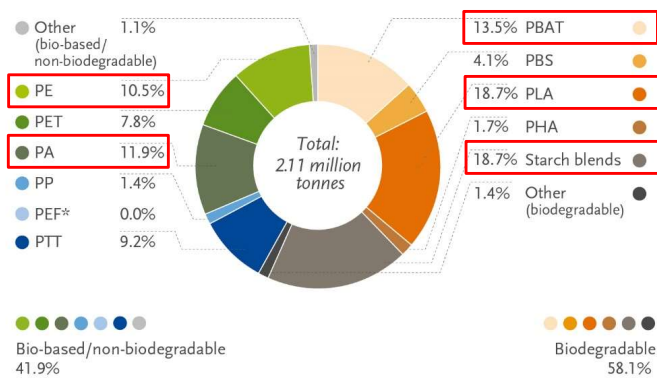
Grafik:  
EUBP/Nova-Institut

## Begriffsdefinition Biopolymere



## Die mengenmässig wichtigsten Biopolymere sind: TPS, PLA, PBAT, Bio-PA, PE

Global production capacities of bioplastics 2020  
(by material type)



\*PEF is currently in development and predicted to be available in commercial scale in 2023.

Source: European Bioplastics, nova-Institute (2020)  
More information: [www.european-bioplastics.org/market](http://www.european-bioplastics.org/market) and [www.bio-based.eu/markets](http://www.bio-based.eu/markets)



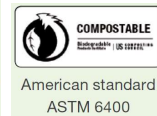
Espressotasse aus PHA

## Biologischer Abbau: Klassifizierung der Abbaubarkeit

Quelle: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/18-07\\_25\\_abschlussbericht\\_bak\\_final\\_pb2.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/publikationen/18-07_25_abschlussbericht_bak_final_pb2.pdf)

	Industrielle Kompostierung OK Compost INDUSTRIAL <b>EN 13432</b>	Kompostierung zu Hause → OK Compost Home → NF T51-800
Biodegradation	<b>58°C; 180 Tage</b> min. 90%	<b>20-30°C; 365 Tage</b> min. 90%
Zerfall	<b>58°C; 90 Tage</b> Sieb: 2 mm Maschen >90% max. 10% Rückstand	<b>20-30°C; 180 Tage</b> Sieb 2 mm Maschen >90% Max. 10% Rückstand

### Weitere Standards



Abbaugeschwindigkeit hängt u.a. von der Temperatur ab!

## Biologische Abbaubarkeit von Kunststoffen

- Unter Bedingungen der „**Industriellen Kompostierbarkeit**“ biologisch abbaubar (58 ± 2 °C, max. 6 Monate):
  - TPS, PHA, PCL: ca. 4-6 Wochen
  - PLA, PBAT, PBST: ca. 6-9 Wochen
  - PBS: ca. 21 Wochen
- Biologisch abbaubar im **Boden (20-28 °C, max. 2 Jahre)**:
  - TPS, PHA, PBSe, PBSeT, PBAT, PCL: ca. 7-12 Monate
  - PLA: kein Abbau nach 1 Jahr
- Biologisch abbaubar in **Süßwasser (20-25 °C, max. 56 Tage)**:
  - TPS, PCL, PHA: <56 Tage
  - PBS, PBSe: ca. 3 Monate
  - PLA, PBAT: >1,5 Jahre
- Biologisch abbaubar in **Meerwasser (30 °C, max. 6 Monate)**:
  - PHA, PCL, TPS, PBSe: <6 Monate
  - PLA, PBAT: >1,5 Jahre

Abbaubarkeit  
TPS, PHA, PCL > PBS, PLA, PBAT

Quelle: Gutachten 2018, Umweltbundesamt




## Biobasierter Anteil → Radiokarbon oder C14 Methode





Menge an Kohlenstoff in einer Probe, der aus neuerer Zeit stammt, nachgewiesen durch dessen Gehalt des <sup>14</sup>C-Isotops. Meist wird der Gehalt in Masse-% bezogen auf den organischen Kohlenstoffanteil angegeben. [Quelle: CEN/TS 16295:2012]

ASTM D 6866.

ISO 16620 Teil 1-3

Alternativ:  
Massenanteil der  
biobasierten Rohstoffe (inkl. O, N, H)

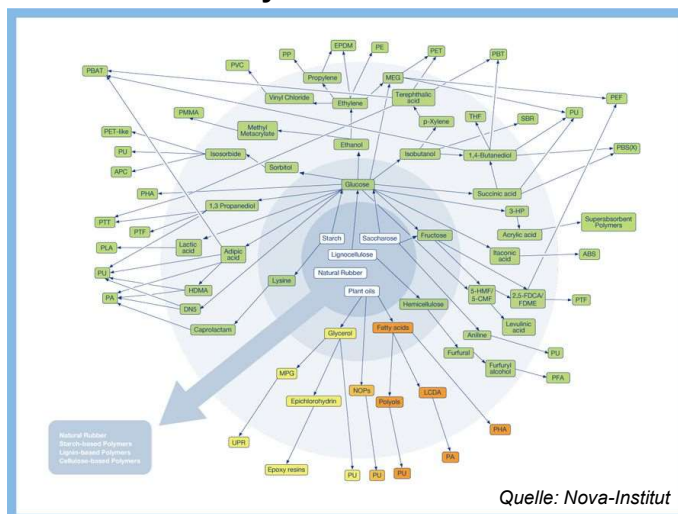
Biobased carbon proportion of total carbon (%)	Certification mark
20 to 50 %	
50 to 85 %	
> 85 %	

 Between 20 and 40% Biobased	 between 40 and 60% Biobased
 Between 60 and 80% Biobased	 more than 80 % Biobased

## Reaktionspfade zu biobasierten Polymeren

Wichtige Ausgangsprodukte für Biopolymere:

- **Stärke**  
→ Kartoffel  
→ Mais
- **Zucker**  
→ Zuckerrüben  
→ Zuckerrohr
- **Cellulose**  
→ Holz  
→ Stroh
- **Pflanzenöl**  
→ Rizinusöl  
→ Sojaöl  
→ Tallöl



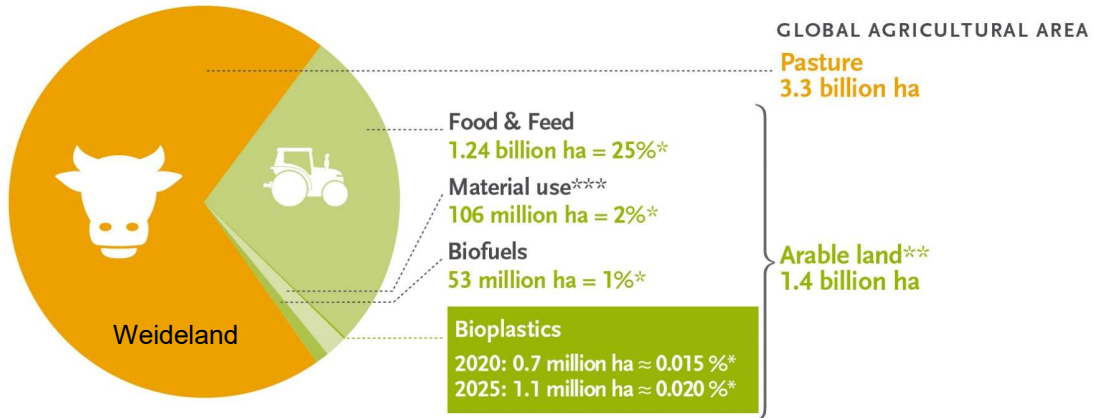
Quelle: Nova-Institut



Sehr viele Kunststoffe lassen sich aus nachwachsenden Rohstoffen herstellen



## Landverbrauch für Biopolymere 2020 / 2025



Source: European Bioplastics (2020), FAO Stats (2005-2014), nova-Institute (2020), and Institute for Bioplastics and Biocomposites (2019). **More information: [www.european-bioplastics.org](http://www.european-bioplastics.org)**

\* In relation to global agricultural area  
\*\* Including approx. 1% fallow land  
\*\*\* Land-use for bioplastics is part of the 2% material use

## Typische Anwendungsbeispiele



Quelle:  
Bulb

Bio-LDPE Trinkflasche  
aus Zuckerrohr



Quelle:  
Dr. Best

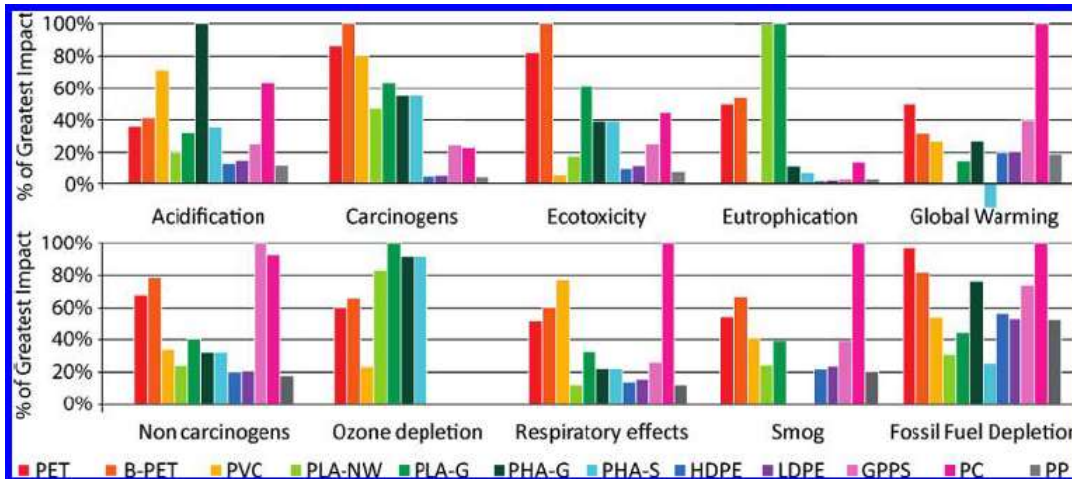
100% Bio-PA11  
aus Rizinusöl



Quelle:  
BASF

Abbaubare Folien aus  
PLA, PBAT, PCL, TPS oder Blends daraus

### Life Cycle Assessment vs. Green Design guide



Quelle: Tabone,M; 2010, Sustainability Metrics: Life Cycle Assessment and Green Design in Polymers; Environ. Sci, Technol.

19

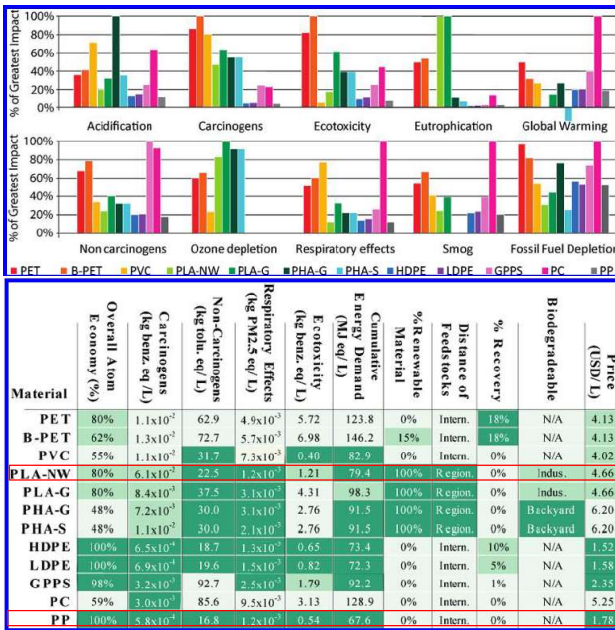
### Life Cycle Assessment vs. Green Design guide

Material	Overall Atom Economy (%)	Carcinogens (kg benz. eq/L)	Non-Carcinogens (kg tolu. eq/L)	Respiratory Effects (kg PM2.5 eq/L)	Ecotoxicity (kg benz. eq/L)	Energy Demand (MJ eq/L)	Cumulative %Renewable Material	Distance of Feeds tocks	% Recovery	Biodegradable	Price (USD/L)
PET	80%	1.1x10 <sup>-2</sup>	62.9	4.9x10 <sup>-3</sup>	5.72	123.8	0%	Intern.	18%	N/A	4.13
B-PET	62%	1.3x10 <sup>-2</sup>	72.7	5.7x10 <sup>-3</sup>	6.98	146.2	15%	Intern.	18%	N/A	4.13
PVC	55%	1.1x10 <sup>-2</sup>	31.7	7.3x10 <sup>-3</sup>	0.40	82.9	0%	Intern.	0%	N/A	4.02
PLA-NW	80%	6.1x10 <sup>-2</sup>	22.5	1.2x10 <sup>-3</sup>	1.21	79.4	100%	R egion.	0%	Indus.	4.66
PLA-G	80%	8.4x10 <sup>-3</sup>	37.5	3.1x10 <sup>-3</sup>	4.31	98.3	100%	R egion.	0%	Indus.	4.66
PHA-G	48%	7.2x10 <sup>-3</sup>	30.0	3.1x10 <sup>-3</sup>	2.76	91.5	100%	R egion.	0%	Backyard	6.20
PHA-S	48%	1.1x10 <sup>-2</sup>	30.0	2.1x10 <sup>-3</sup>	2.76	91.5	100%	R egion.	0%	Backyard	6.20
HDPE	100%	6.5x10 <sup>-4</sup>	18.7	1.3x10 <sup>-3</sup>	0.65	73.4	0%	Intern.	10%	N/A	1.52
LDPE	100%	6.9x10 <sup>-4</sup>	19.6	1.5x10 <sup>-3</sup>	0.82	72.3	0%	Intern.	5%	N/A	1.58
GPPS	98%	3.2x10 <sup>-3</sup>	92.7	2.5x10 <sup>-3</sup>	1.79	92.2	0%	Intern.	1%	N/A	2.35
PC	59%	3.0x10 <sup>-3</sup>	85.6	9.5x10 <sup>-3</sup>	3.13	128.9	0%	Intern.	0%	N/A	5.25
PP	100%	5.8x10 <sup>-4</sup>	16.8	1.2x10 <sup>-3</sup>	0.54	67.6	0%	Intern.	0%	N/A	1.78

Je nach Gewichtung z.B. der Abbaubarkeit verändert sich die Ökobilanz eines Kunststoffes!

Quelle: Tabone,M; 2010, Sustainability Metrics: Life Cycle Assessment and Green Design in Polymers; Environ. Sci, Technol.

20



### Life Cycle Assessment vs. Green Design guide

Material	Green Design Rank	LCA Rank
PLA (NatureWorks)	1	6
PHA (Utilizing Stover)	2	4
PHA (General)	2	8
PLA (General)	4	9
High Density Polyethylene	5	2
Polyethylene Terephthalate	6	10
Low Density Polyethylene	7	3
Bio-polyethylene Terephthalate	8	12
Polypropylene	9	1
General Purpose Polystyrene	10	5
Polyvinyl chloride	11	7
Polycarbonate	12	11

### Biopolymere – Fazit / Denkanstösse

- + Erdöl endlich → Unabhängigkeit
- + Weiterer grosser Anstieg im Kunststoffverbrauch wegen Bevölkerungswachstum
- + Konventionelle Kunststoffe: Umweltproblematische Förderung und Entsorgung
- Ökobilanz muss positiv ausfallen! → CO<sub>2</sub> & Umweltbelastungspunkte
- Produktanforderung (Preis/Performance) teilweise schwierig zu erreichen
- Anbauflächen begrenzt → teilweise Konkurrenz zu Nahrungs- und Futtermittel → Regenwaldabholzung, Dünger



## Biopolymere – Fazit / Denkanstöße

- Trotz aktuell geringem Landverbrauch:

Möglichst kein Einsatz von Lebensmitteln z.B.

- Stärke, Zucker, Eiweisse zum Essen
- Seitenströme für Biopolymere durch Bakterien oder Enzyme
- Altfette (z.B. für PP), Rizinusöl (z.B. für PA)...
- Biopolymere aus CO<sub>2</sub>



- Kaskadennutzung (Recycling, Trennung...); Verwertung von Reststoffen

→ **Aktuell werden Biopolymerprodukte nicht separat getrennt sondern verbrannt!**

- Abbaubare Biopolymere

→ sinnvoll für Produkte, die schwierig sammelbar sind bzw. in die Umwelt gelangen können