

Industrielle Aspekte von Biopolymeren

Arnold Schneller
BASF SE, Ludwigshafen

BioPro Netzwerktreffen 23. Juni 2009



- 1. Definitionen**
- 2. Beispiele für Biopolymere**
 - **bioabbaubar**
 - **biobasiert**

Definitionen/ 1

Abbaubar (*degradable*):

Das Material zersetzt sich unter dem Einfluß von Sonne, Wasser, Temperatur und/oder von Additiven (mechanische Desintegration, kein vollständiger Abbau).

Bioabbaubar (*biodegradable*):

Biologischer Prozess, in dem organische Materie durch Mikroorganismen abgebaut und letztlich zu Wasser, CO₂, Energie und Zellmasse umgewandelt wird.

Nachwachsend (*renewable*) = **Biobasiert** (*biobased*):

Rohstoffbasis, die jährlich erneuert wird, im Gegensatz zu fossil-basiert (endlich).
Sinnvoll: Gewisser Anteil im Endprodukt (bisher keine klaren Vorgaben)

- ➔ **Bioabbaubarkeit ist nicht abhängig von den eingesetzten Rohstoffen, sondern allein eine Eigenschaft der chemischen Struktur!**
- ➔ **Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen sind nicht zwangsläufig auch bioabbaubar!**

Definitionen/ 3

Was sind Biokunststoffe?



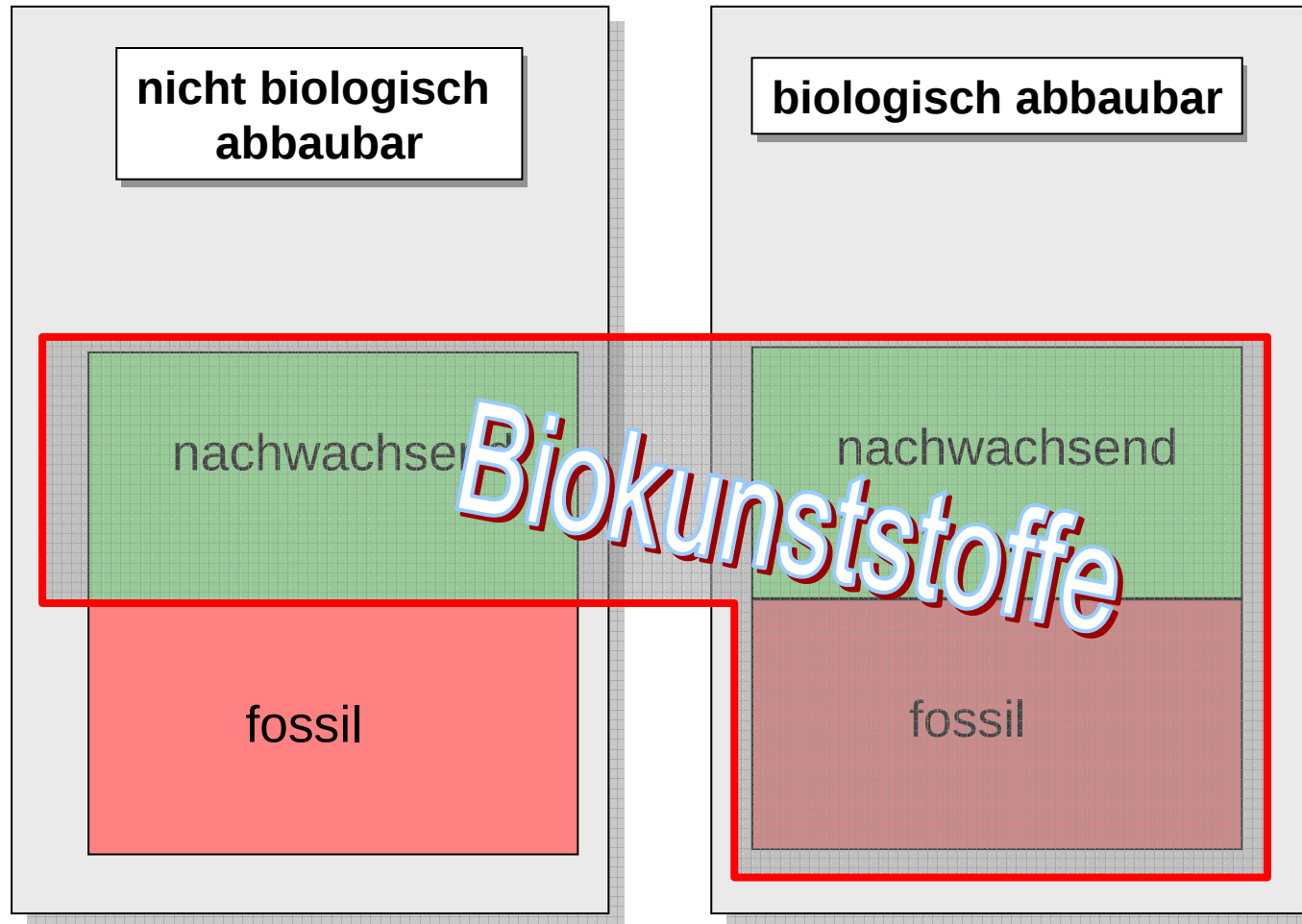
1. Kompostierbare Kunststoffe zertifiziert nach EN13432 auf Basis von nachwachsenden (biobasierten) und/ oder fossilen Ressourcen.



2. Biobasierte Kunststoffe hergestellt auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen.

Source: European Bioplastics

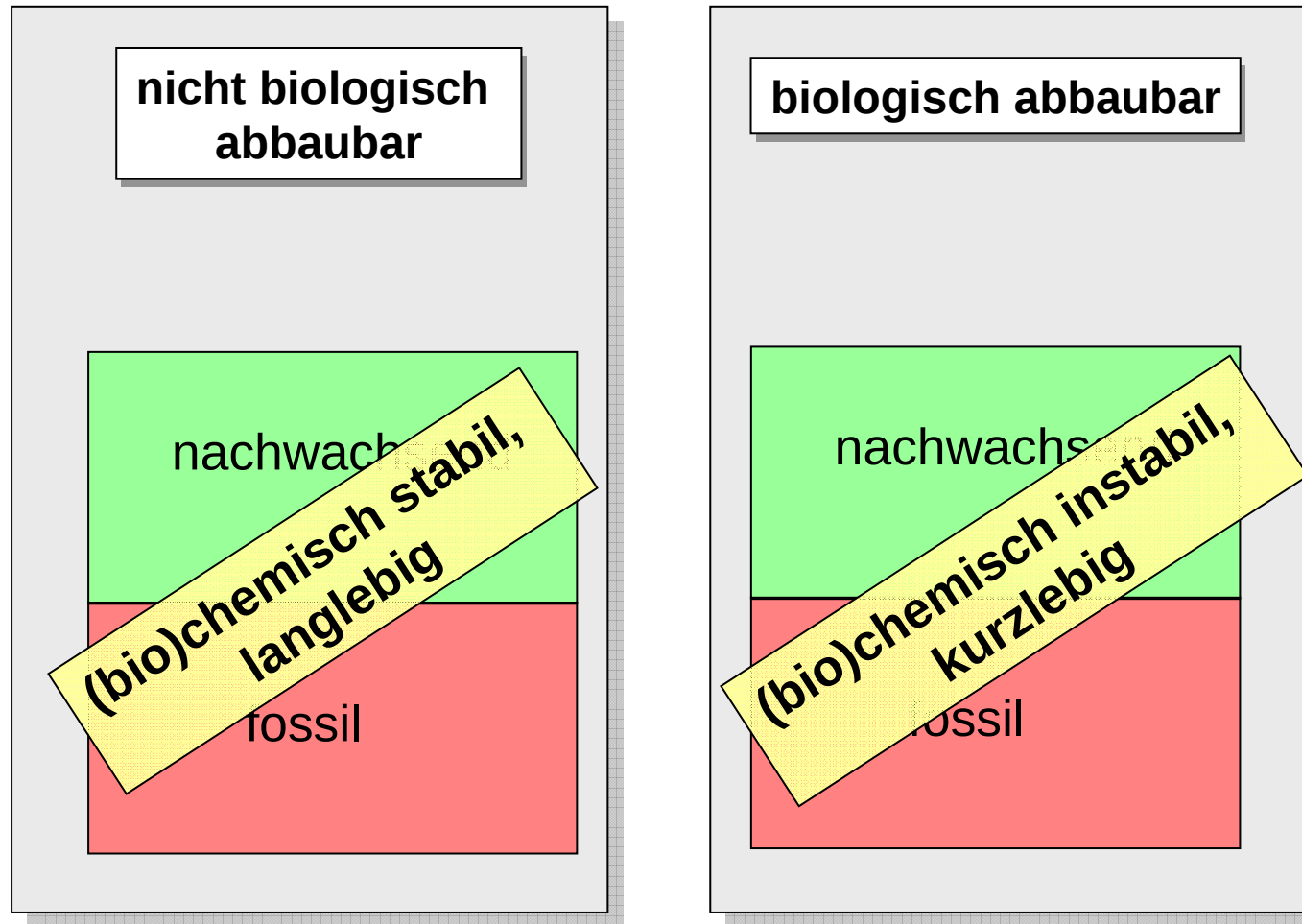
Biokunststoffe – Klassifizierung



Biokunststoffe – Differenzierung im Markt

Funktionalität/ Alleinstellungsmerkmal	Anwendungen (exemplarisch)	Zusatznutzen
biologisch abbaubar	Verpackung, Landwirtschaft, Einweggeschirr → kurzlebig	einfache Entsorgung, geringere Systemkosten
nachwachsend, nicht biologisch abbaubar	Automobil, Haushaltsgeräte, Bauwesen → langlebig	„Environmental Footprint“/ Lebens- zyklus-Analyse (LCA), Eigenschaften Kosten (?)

Biokunststoffe – Klassifizierung



Beispiele für Bioabbaubare Polymere (kommerziell verfügbar)

Polymer	Prozess	Eigenschaften
Polymilchsäure (PLA) $\text{*} \left[\text{CH} \left(\text{CH}_3 \right) \text{C} \left(\text{O} \right) \text{O} \right]_n \text{*}$	• anaerobe Fermentation von Glucose zu Milchsäure • Ringöffnende Polymerisation von Lactid	• langsame Kristallisation • niedrige Glastemp. von 60 °C • spröde
Polyhydroxyalkanoate (PHA's) $\text{*} \left[\text{CH} \left(\text{R} \right) \text{CH}_2 \text{C} \left(\text{O} \right) \text{O} \right]_n \text{*}$	• aerobe Fermentation von Zuckern zum Polymer	• hohe Kristallinität (durch Comonomere steuerbar) • schwer zu verarbeiten (als Homopolymer) • ähnlich Polypropylen
aliphatisch/aromatische Copolyester (EastarBio[®], Ecoflex[®]) $\left[\text{O} - \text{C} \left(\text{O} \right) - \left(\text{CH}_2 \right)_4 - \text{C} \left(\text{O} \right) \right] \left[\text{O} - \left(\text{CH}_2 \right)_4 - \right] \left[\text{O} - \text{C} \left(\text{O} \right) - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C} \left(\text{O} \right) \right]$	• PBT/PET Prozess	• sehr ähnlich zu LDPE • Kristallinität steuerbar • Kostengünstige Monomere

Ecovio®

Anwendungsbeispiele



Erst Einkaufstasche...



...dann Kompostbeutel



Schaumfolien
(Laborprodukt)

Bioabbaubare Polymere – Produktionskapazitäten (Auswahl)

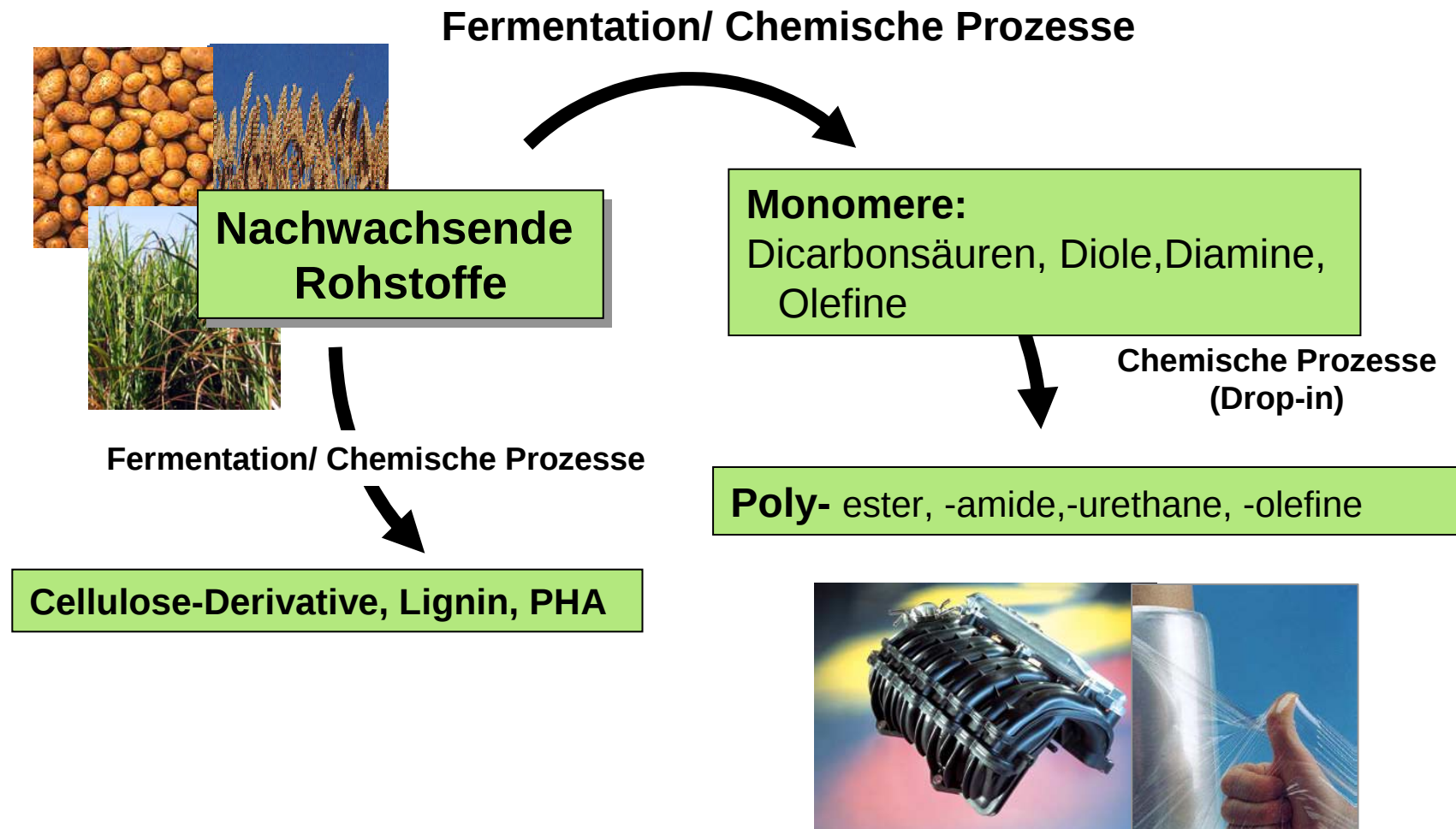
Firma	Produkt	Kapazität (kT/ a)
BASF	Ecoflex® (Polyester)	14 + 60 (2010)
NatureWorks	Ingeo® (Polymilchsäure)	70 +70 (2009)
pyramid bioplastics	Polymilchsäure	60 (2009)
Telles (JV ADM/ Metabolix)	Mirel® (Polyhydroxy- alkanoat)	50 (2009)
Showa Denko	Bionolle® (Polyester)	6
Summe		90+240 (2010)

1. Definitionen

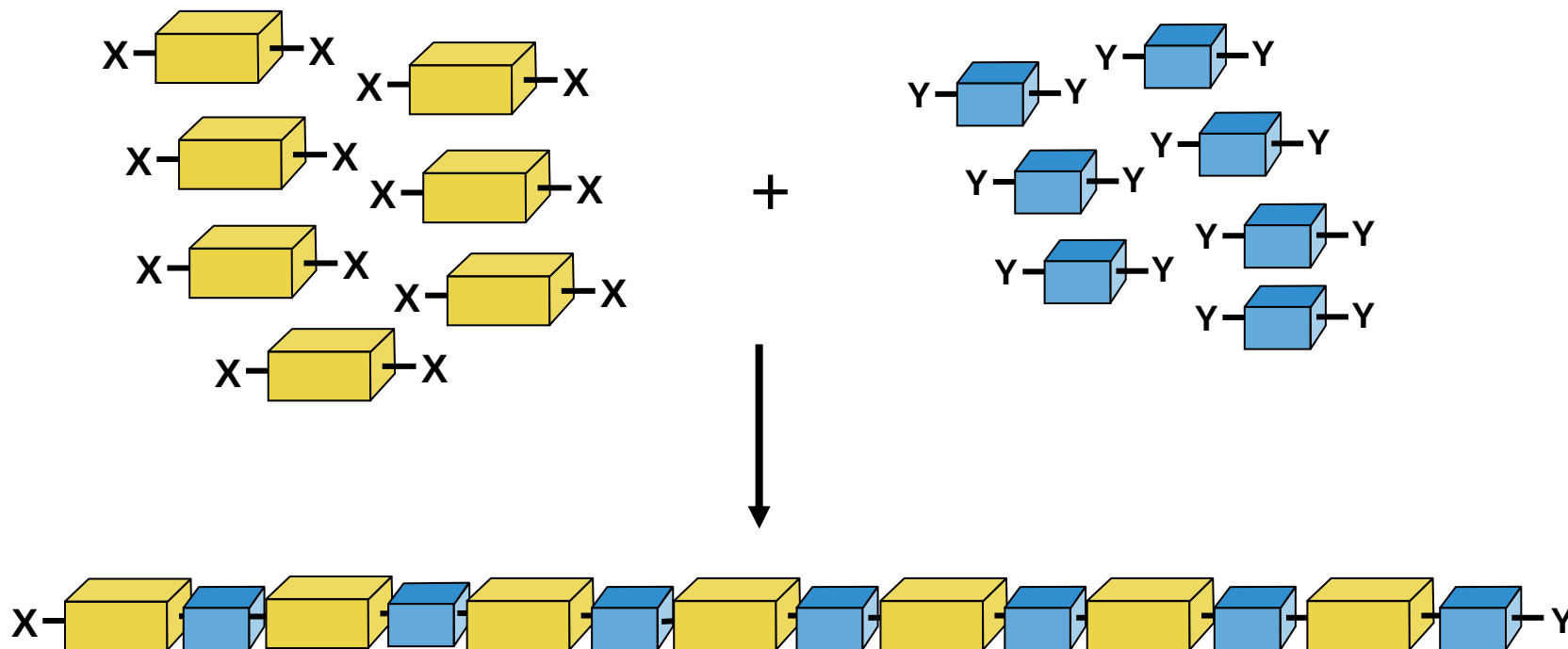
2. Beispiele für Biopolymere

- bioabbaubar
- **biobasiert**

Biobasierte Polymere: Mögliche Routen



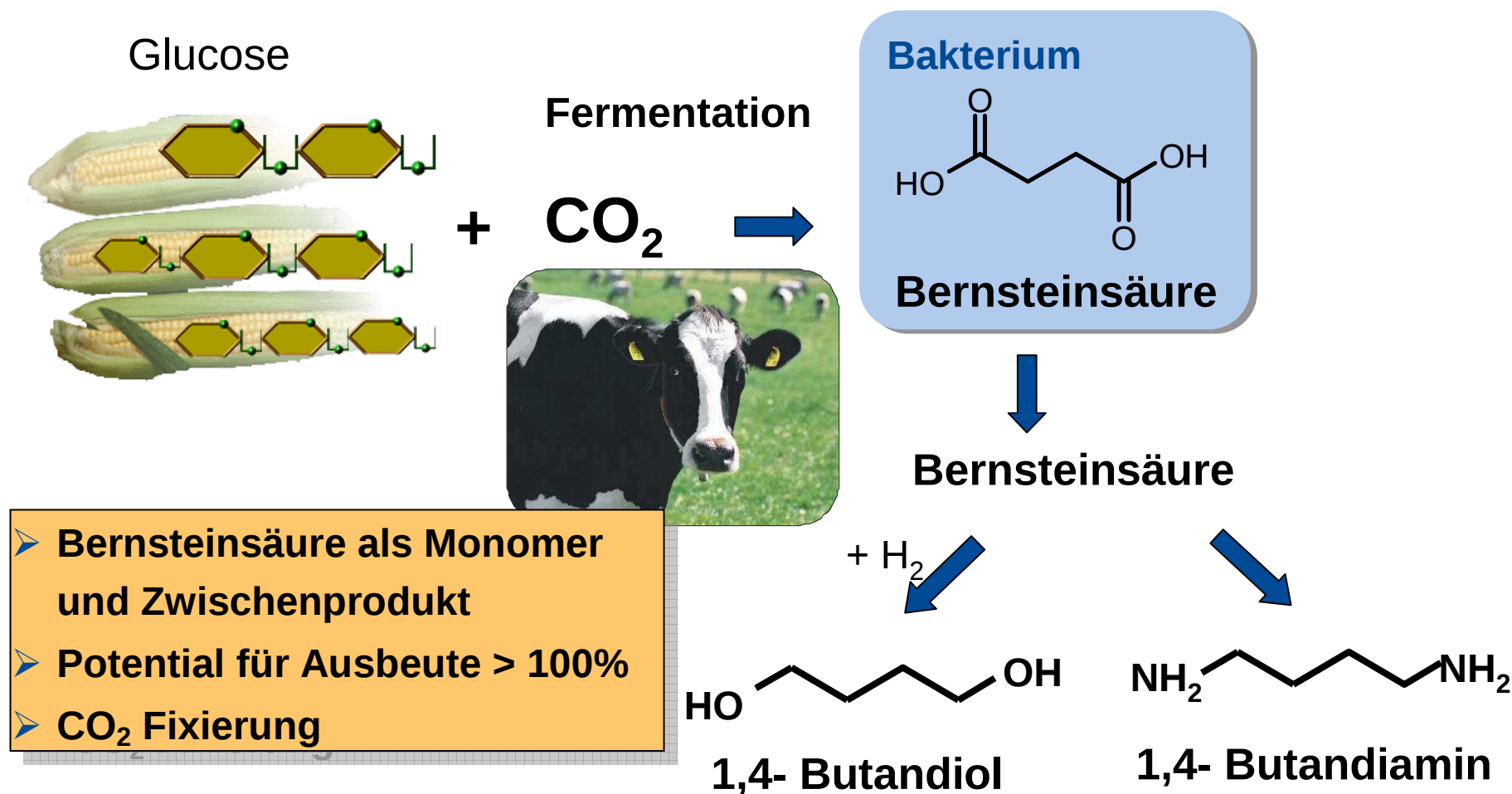
Polyester und Polyamide Synthese via Polykondensation



X: - COOH, Y: - OH $\longrightarrow$ Polyester
X: - COOH, Y: - NH₂ $\longrightarrow$ Polyamide

Monomere für Biobasierte Polyester

Beispiel: Bernsteinsäure & Butandiol



Biobasierte Polyester

Möglichkeiten:

- Bernsteinsäure
- Sebazinsäure
- Azelainsäure
- Brassylsäure

Ecoflex®, PBS (bioabbaubar)

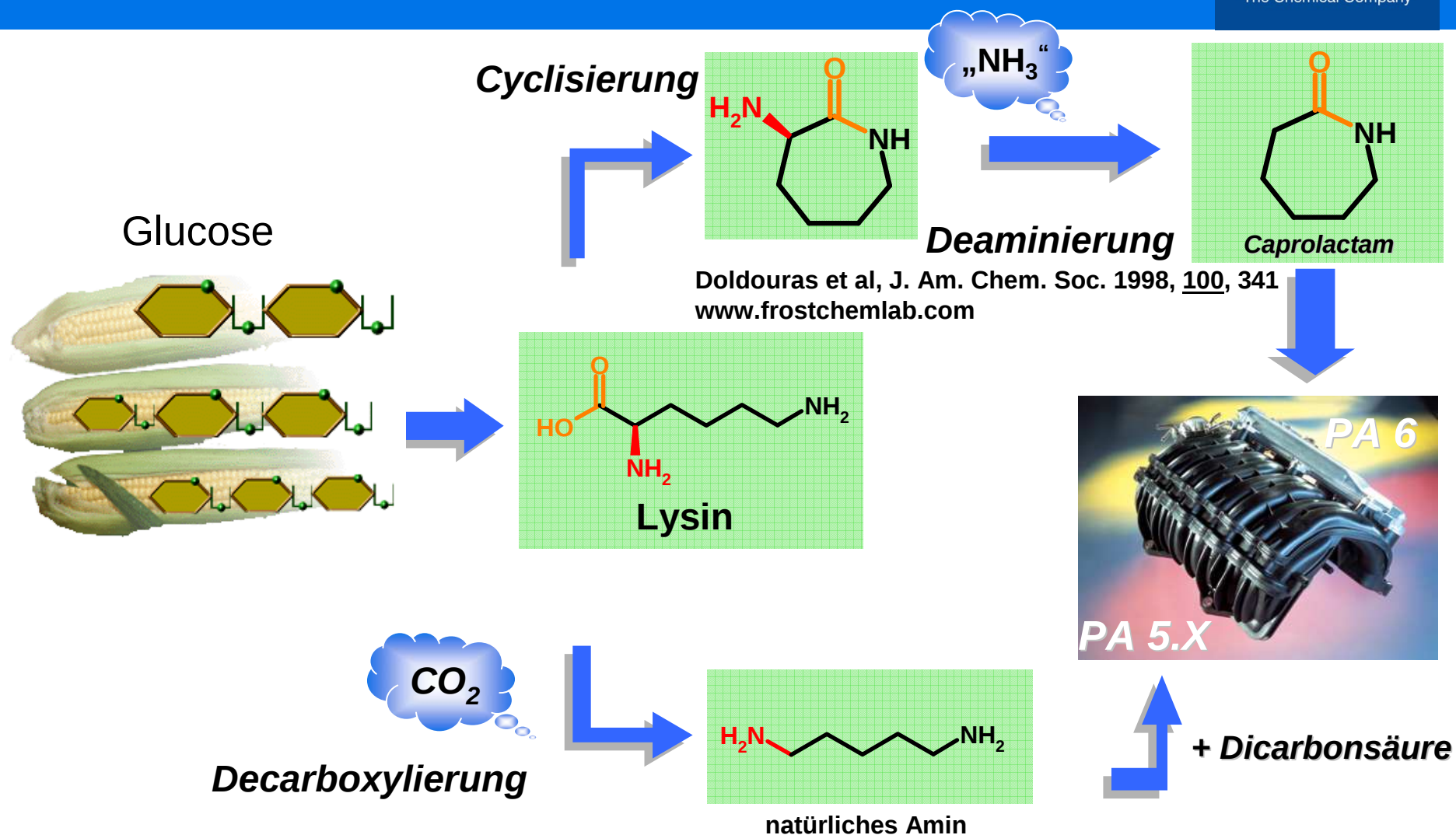
- Propandiol (DuPont)
- Butandiol
- Ethylenglykol
- ...

PET, PTT Sorona®, PBT (nicht bioabbaubar)



Breite Variabilität an Monomeren ermöglicht Vielfalt an Polymeren, maßgeschneidert bzgl. Abbaubarkeit und Bio-Gehalt.

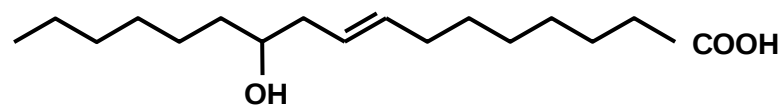
Syntheserouten zu biobasierten Polyamiden - Diamine



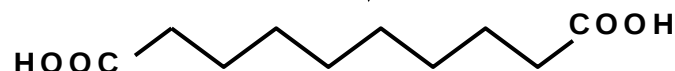
Biobasierte Polyamide Synthesewege



Ricinus communis L.
(Wunderbaum)



Ricinolsäure



Sebazinsäure



**Polyurethan
Balance 50^(R)**
Kunststoffe 6/2007, 93

PA 11

+ HMDA

+ TMDA

+ PMDA

+ DMDA

PA 6.10

PA 4.10

PA 5.10

PA 10.10

63%

100%

100%

100%

biobasiert, nicht bioabbaubar

Rilsan®
Polyamide Resins



Biobasierte Polyamide

Opportunities:

- ~~Bernsteinsäure~~
- Sebazinsäure
- Azelainsäure
- Brassylsäure

- Tetramethyldiamin
- Pentamethyldiamin
- Decamethyldiamin
- C-11 lactam
- ...

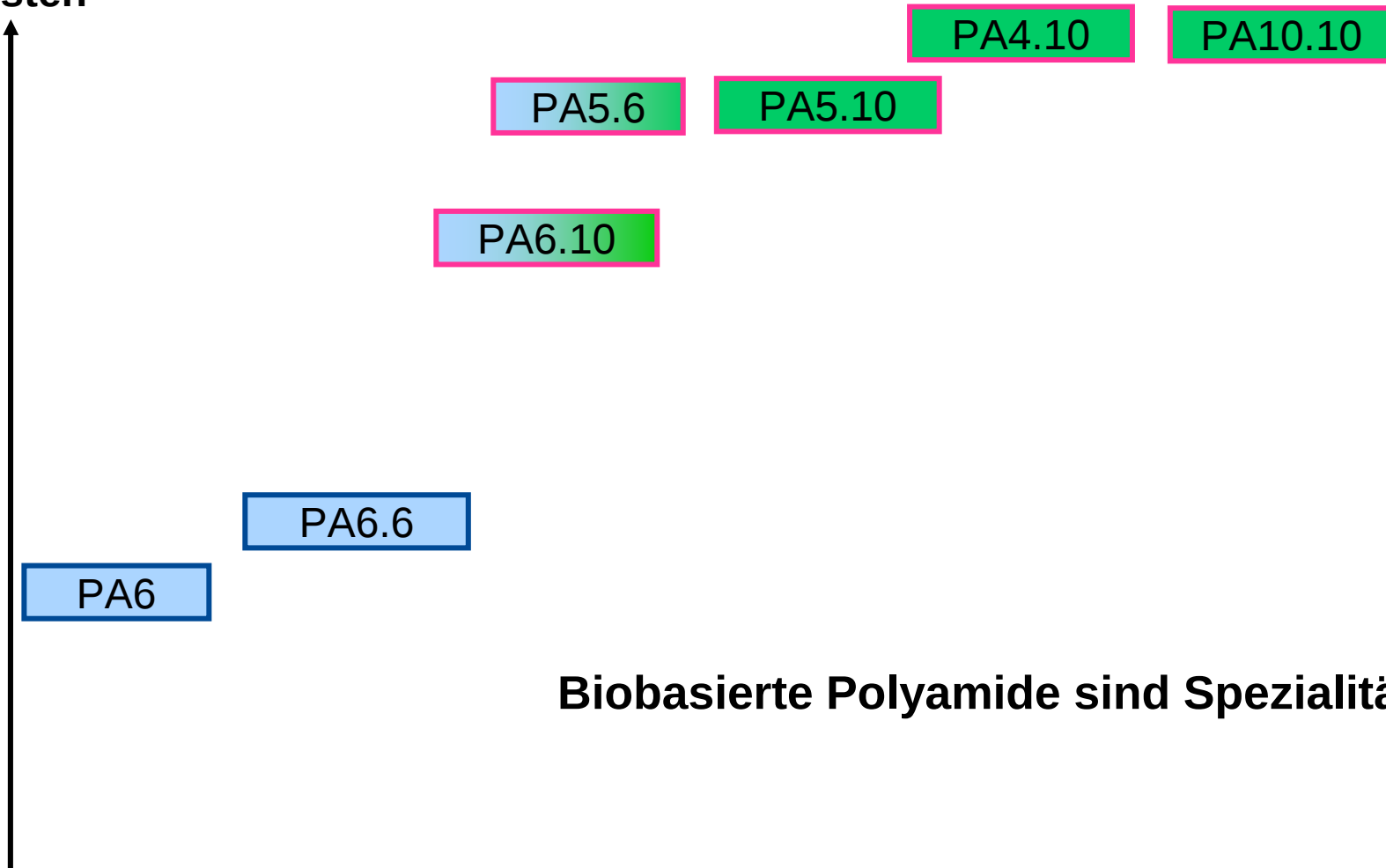
PA 4.10, 5.10, 6.10, 5.9, 6.9, 10.10, 11, ...



Breite Variabilität an Monomeren ermöglicht Vielfalt an Polymeren, maßgeschneidert bzgl. Eigenschaften und Bio-Gehalt.

Biobasierte Polyamide Kostensituation

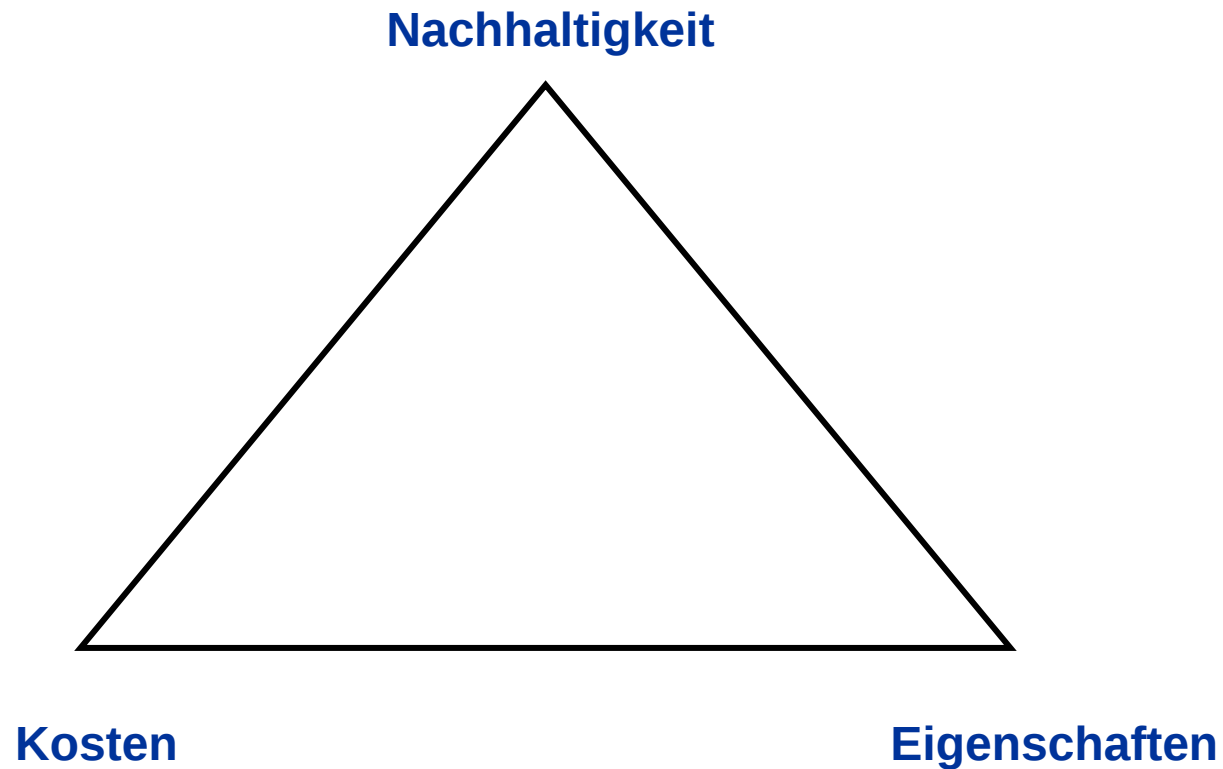
Kosten



Biobasierte Polyamide sind Spezialitäten!

Erfolgsfaktoren für Biopolymere

Nachhaltigkeit als neues Differenzierungsmerkmal



Lessons learned:

1. Attribut „Bio“ allein ist kein nachhaltiges Marketing- Argument. Die Produkte müssen dem Kunden Vorteile bieten.
2. Zugang zu günstigen Rohstoffen (keine Nahrungsmittel) ist unabdingbare Voraussetzung. Einsatz von GMO in Europa kritisch.
3. Biopolymere sind Spezialitäten, und als solche Ergänzungen zum bestehenden Produktsortiment.
4. Neben etablierten Produkten im Verpackungsbereich (bioabbaubar) finden Biopolymere zunehmend Anwendungen im klassischen Werkstoffbereich (langlebige Konsumgüter).