



**Bakterien können auch Kunststoff  
produzieren**

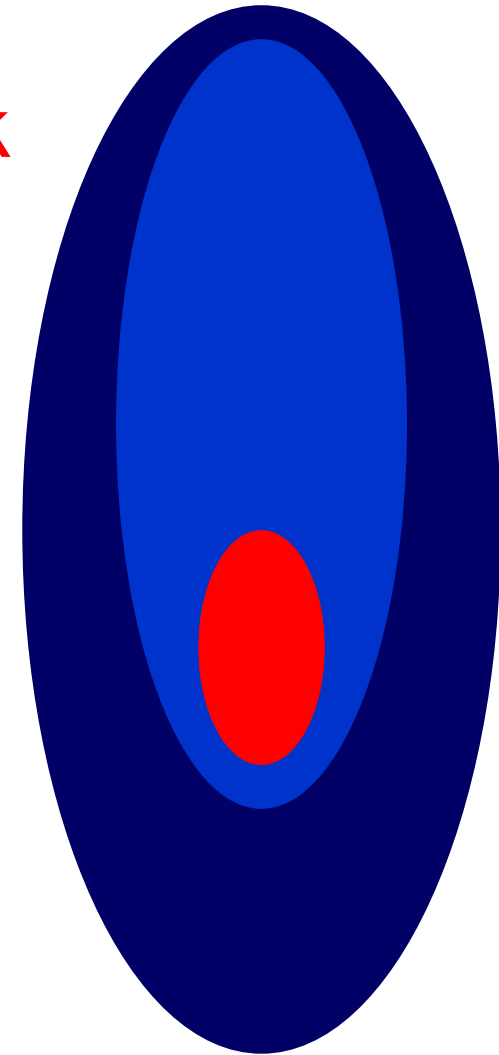
**Thurgauer Technologieforum  
28. Oktober 2009**

**Linda Thöny-Meyer  
Abteilung Biomaterials**

# Inhalt

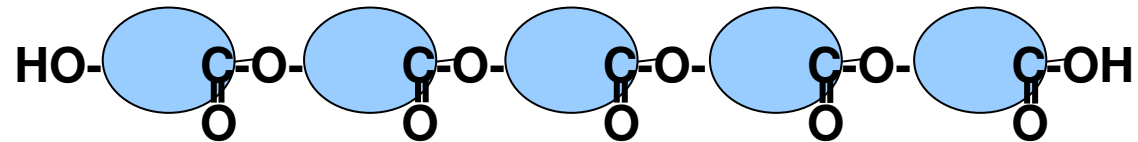
- Kunststoffe – Plastik - Bioplastik
- Polyester
  - Chemische → PET
  - Bausteine → chemische Synthese → PLA
  - Biopolymer → PHA
- Von der genetischen Information zum Produkt
- Gewinnung des Bioplastiks PHA
  - Fermentation
  - „Downstream processing“
- Mögliche Anwendungen
- Leistung und Nutzen der Biotechnologie

# Kunststoffe – Plastik – Bioplastik



- Nachhaltige Produktion
- Biologische Abbaubarkeit

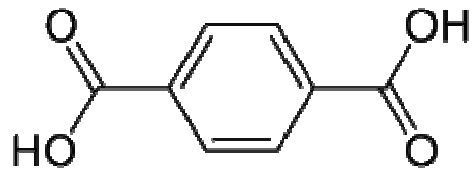
# Polyester...



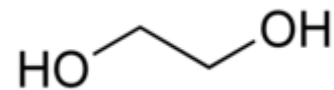
...sind Polymere aus veresterten Bausteinen

- synthetisch: chemisch hergestellt
- semisynthetisch: Baustein natürlich → chemische Synthese des Polymers
- natürliche → Biopolyester
  - nachhaltig produziert
  - biologisch abbaubar

# Synthetische Polyester

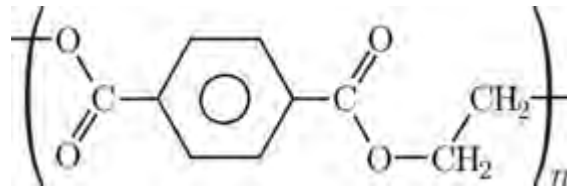


Terephthalsäure



Ethylenglycol

**chemisch hergestellt**

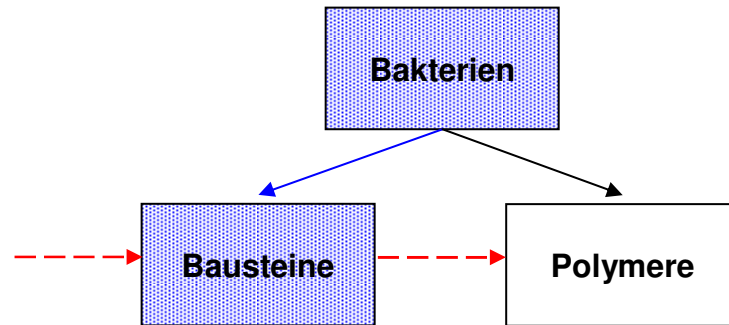


PET → ~ 1Euro/kg

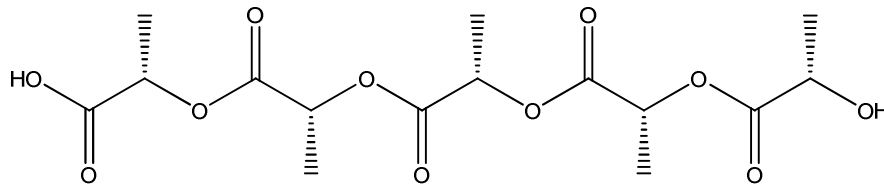


- Plastik-Flaschen
- Fasern
- Folien
- Filme

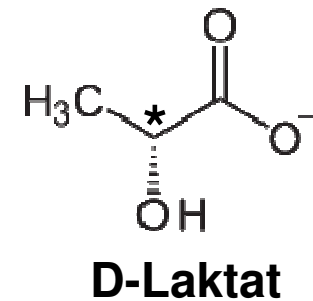
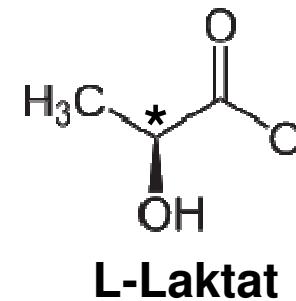
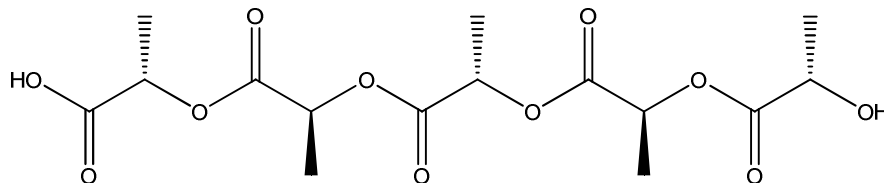
# Polylaktid (PLA)



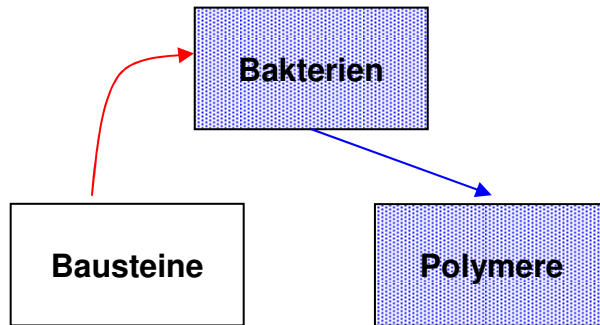
**Chemisch hergestellt: 50% L-/ 50% D-Laktat  
→ Poly(DL-Laktat)**



**Biotechnologisch hergestellt: >99% L-Laktat  
→ Poly(L-Laktat)**

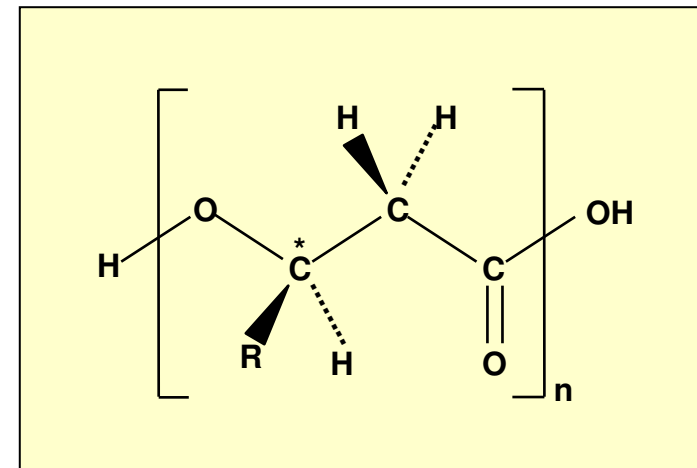


# Bakterielle Polyester



Materials Science & Technology

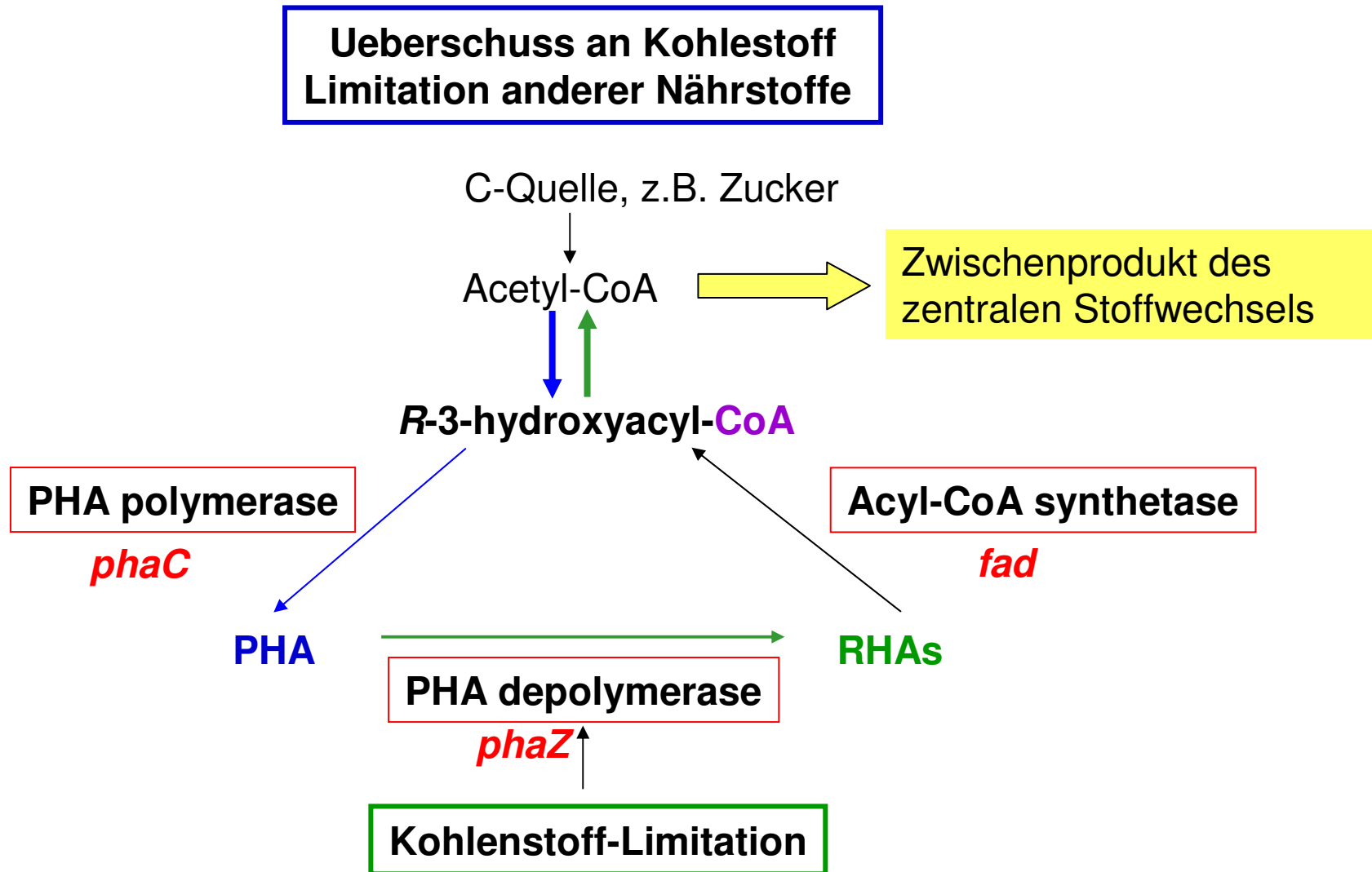
## Polyhydroxyalkanoate (PHA) das "bakterielle Fett"



$R = C_1-C_2$ : PHB, PHB/HV → Thermoplaste

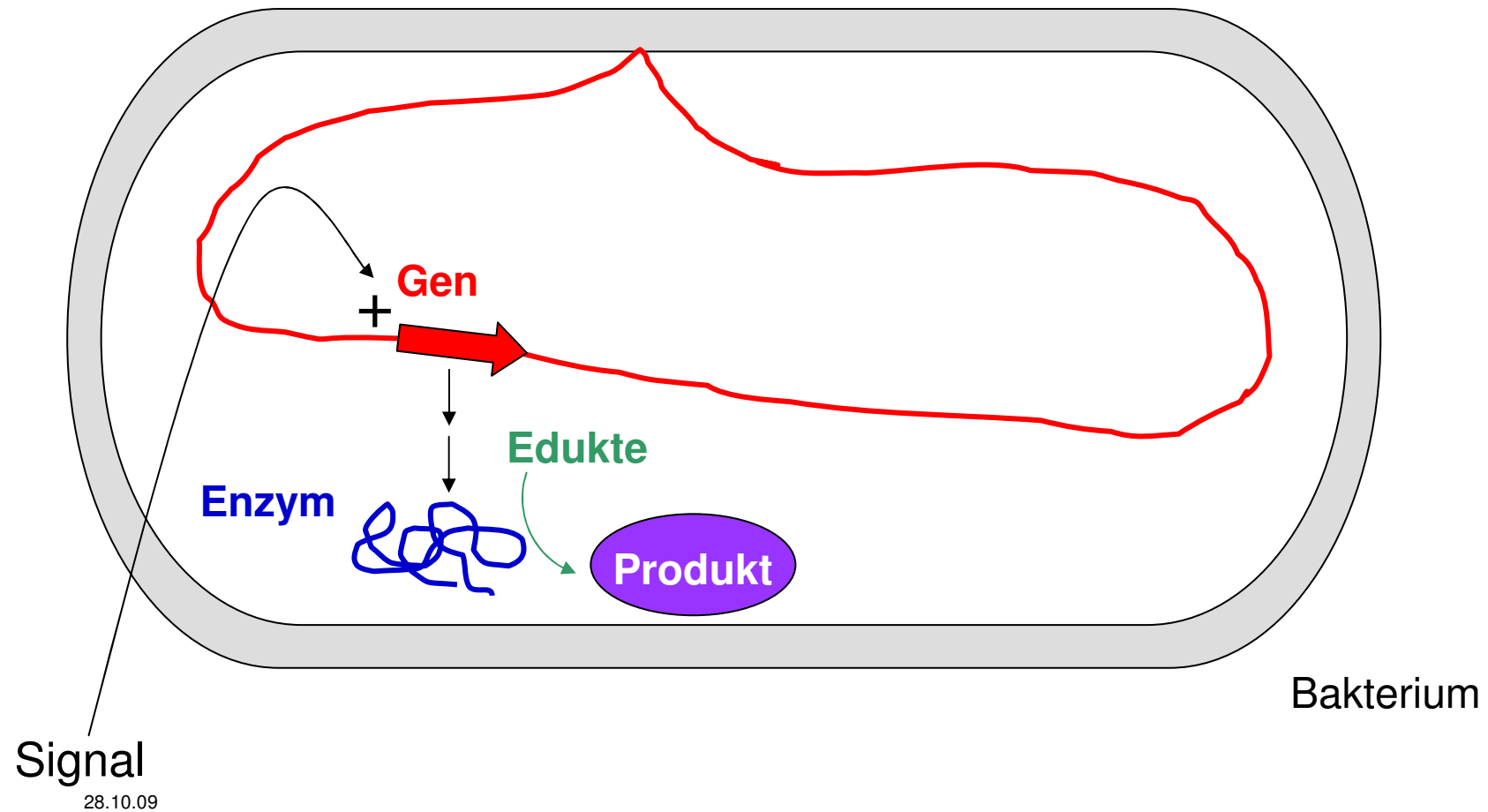
$R = C_3-C_9$ : (mclPHA) → Elastomere

# Wie machen Bakterien PHA?



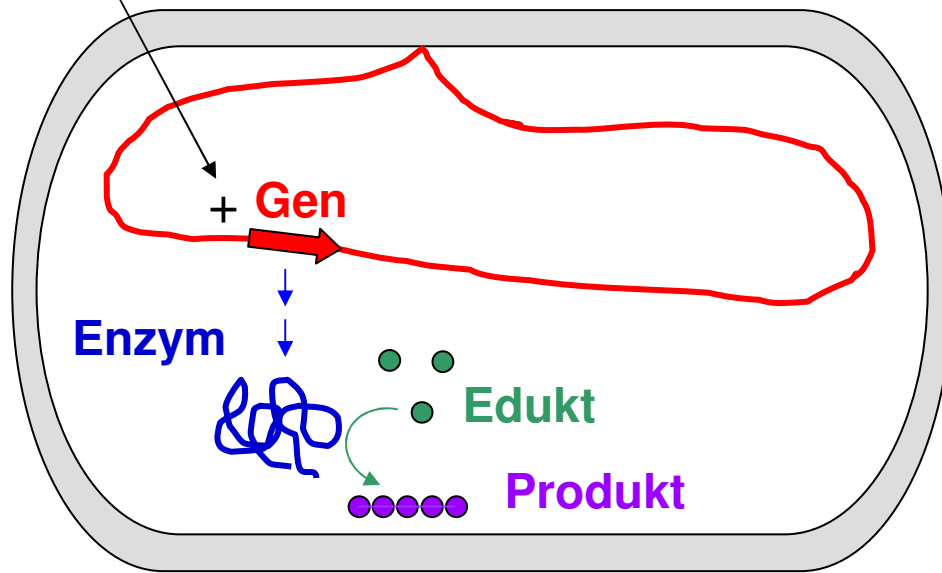
# Von der genetischen Information zum Produkt

Gen → Enzym → Reaktion → Produkt

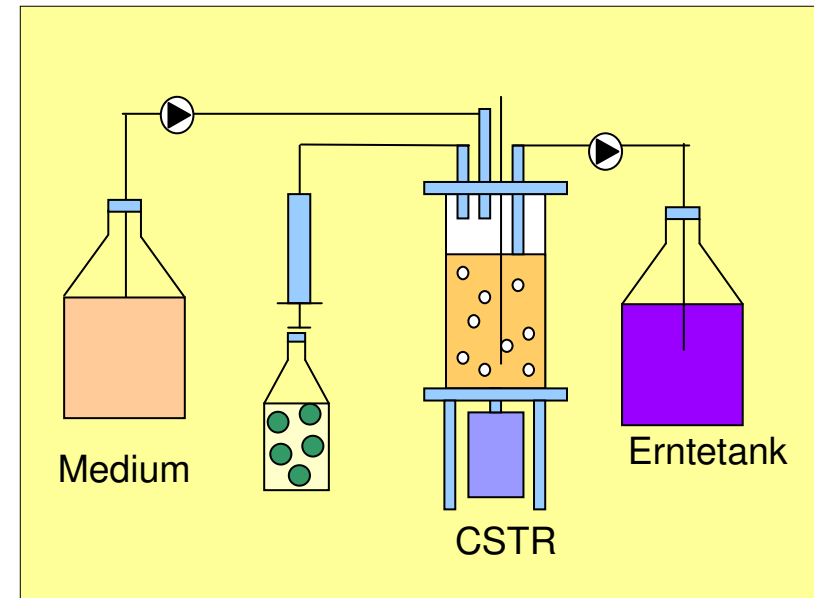


# Manipulation von Anzuchtbedingungen

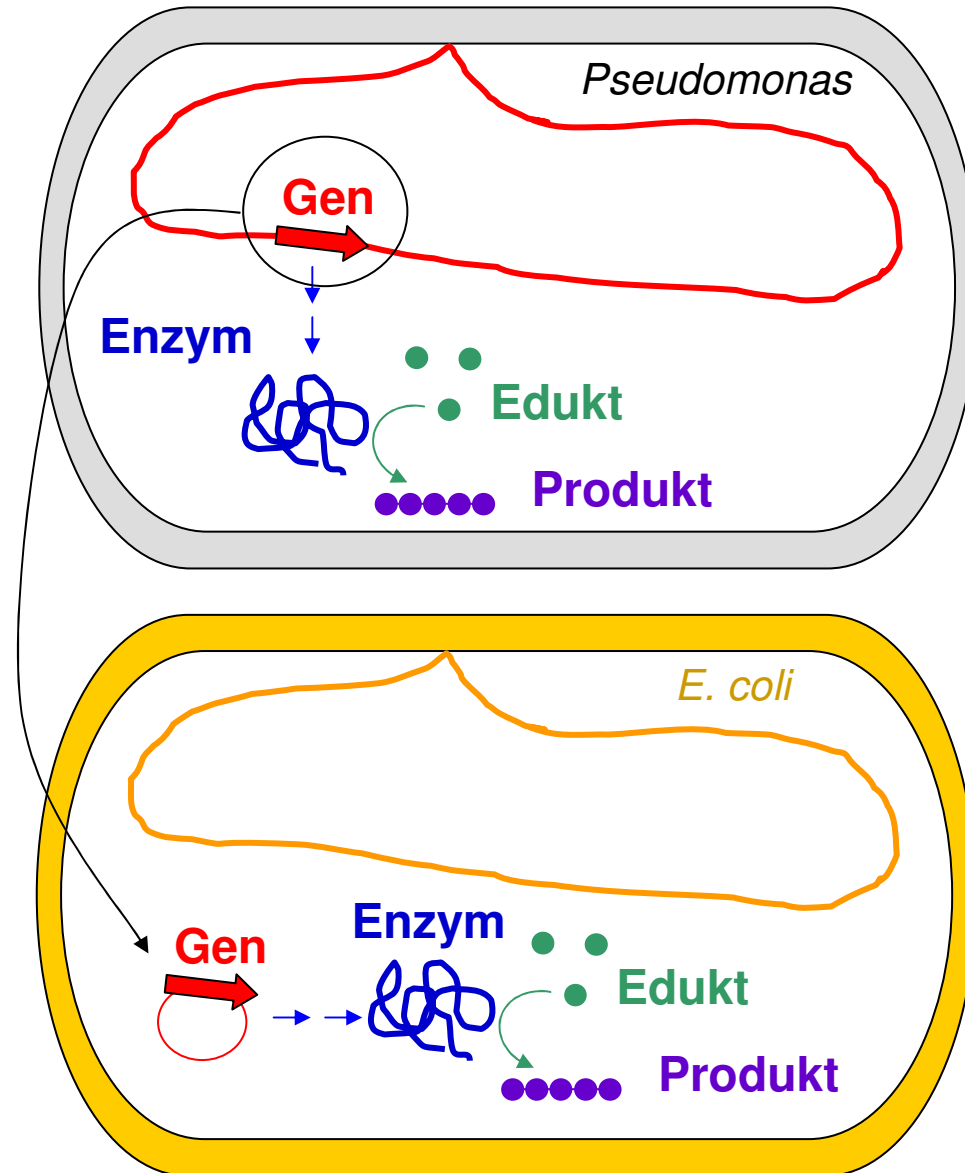
signal



↓  
Biotech Produkte



# Genetische Manipulation der Bakterien



# Isolation und Aufreinigung von PHA



Biomasse

1. Extraktion ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ )

2. Filtrieren

3. Fällern (EtOH, 4 °C)

4. Waschen (EtOH)

5. Waschen (Aceton)

6. Waschen (Heptan)

❖ aufwändig

❖ teuer

5-7 Euro/kg

Engpass „downstream processing“

- Reinigung von PHAs → Vermeiden von chlorierten organischen Lösungsmitteln
- Toxin-freie PHAs für medizinische Anwendungen



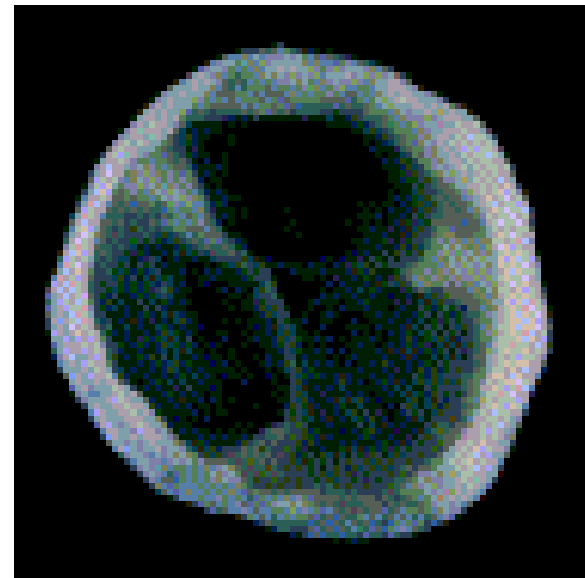
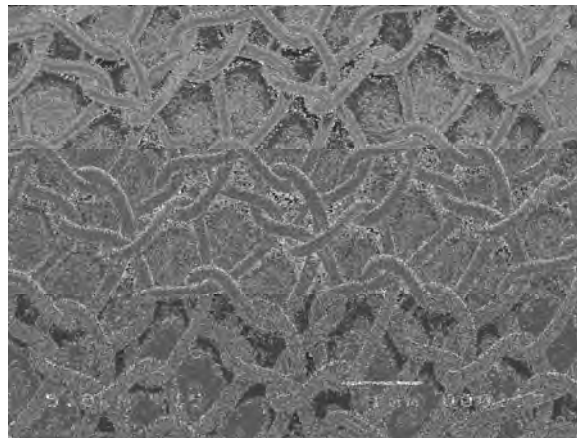
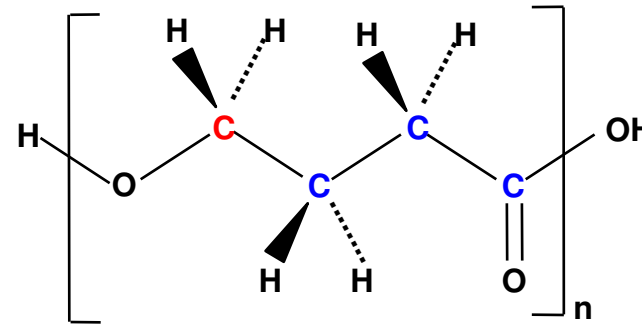
Reines Polymer

# Mögliche Anwendungen von Bioplastik

- Verpackung
  - ❖ Flaschen, Folien, Beutel
- Klebstoffe
- Beschichtungen
  - ❖ Lebensmittelbehälter
  - ❖ wasserabstossende Beschichtungen
- Verbrauchswaren
  - ❖ Hygieneprodukte, Windeln
  - ❖ Labormaterial
- Landwirtschaft
  - ❖ kontrollierte Freisetzung von Düngemittel
  - ❖ Pflanzenschutz
- **Medizin**
  - ❖ Wundbehandlung: Fäden, Klammern, Netze,...
  - ❖ Gefäßsysteme: Herzklappen, Gefäßprothesen,...
  - ❖ Orthopädie: Knorpel/Knochengerüste, Schrauben...
  - ❖ Urologie: Stents
  - ❖ Dental: Membranen für Gewebsregeneration
  - ❖ gezielte Freisetzung von Wirkstoffen („drug delivery“)

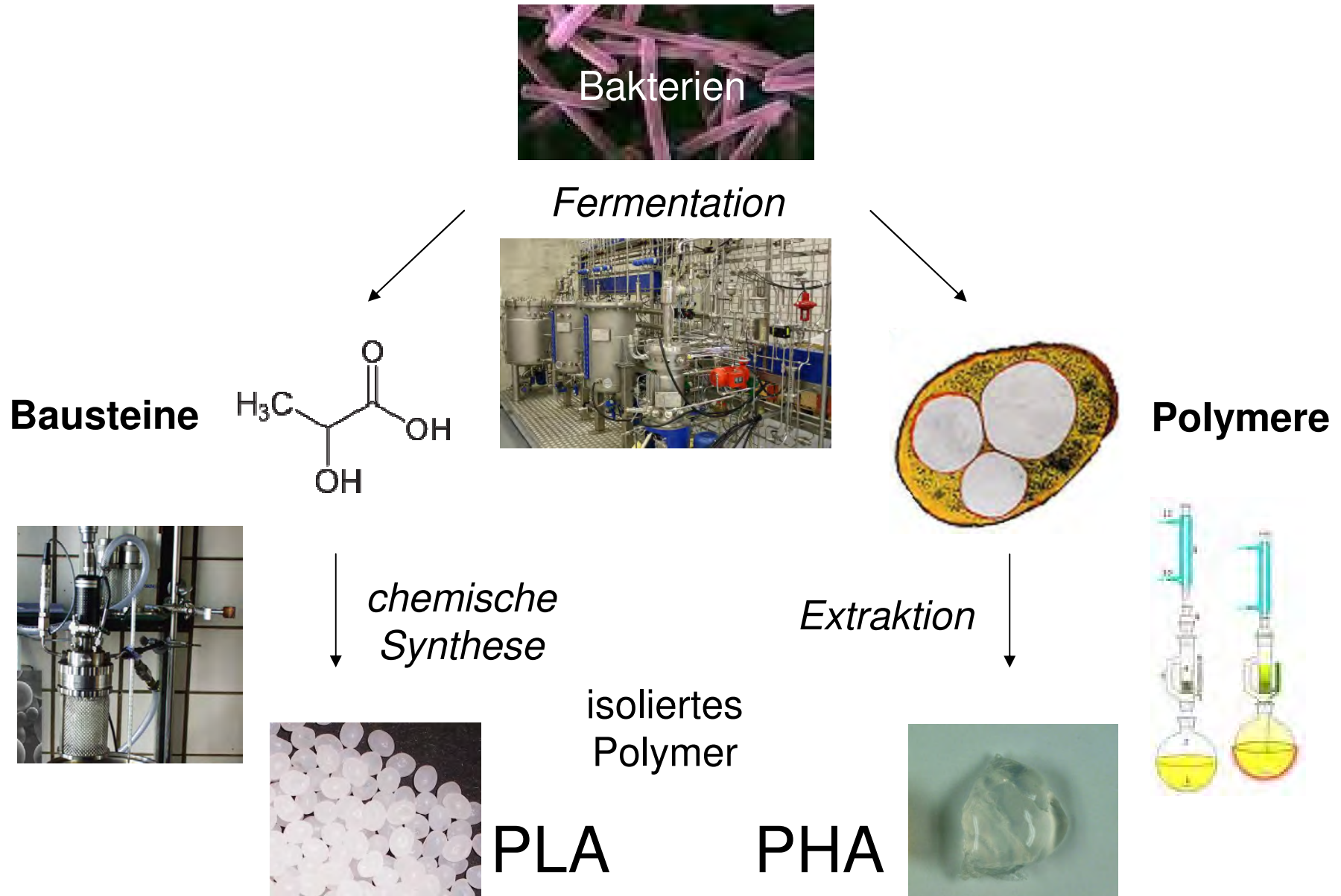


# Medizinalprodukte aus P4HB (Tepha)



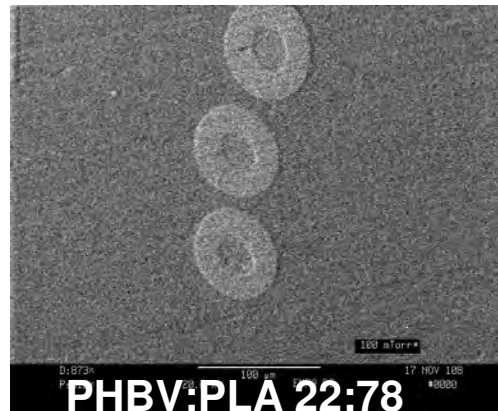
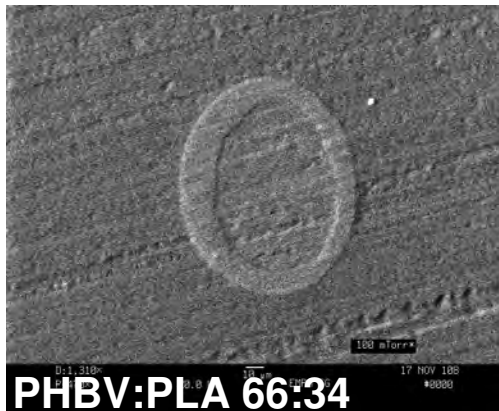
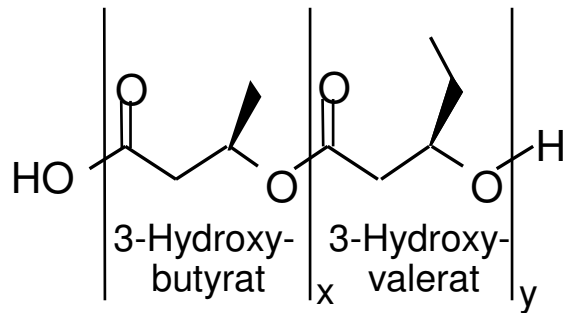
Martin and Williams, 2003, Biochem. Eng. J. 16, 97.105

# Zusammenfassung Bioplastik aus Bakterien



# Medizinische Anwendung der Zukunft

- Künstliche Achillessehne
- Faserspinnen
- aussen: PLLA
- innen: PHBV



**4 Abteilungen**  
**AO Davos**

# Leistung und Nutzen der Biotechnologie

- „grüne Chemie“ → umweltfreundlich, nachhaltig
  - ❖ Biomaterialien und Biomoleküle aus nachwachsenden Rohstoffen
  - ❖ Biomaterialien und Biomoleküle aus „Abfallprodukten“
  - ❖ Chemie mit Biokatalysatoren = Enzymen
    - Weniger Gifte, geringerer Energieverbrauch
- Neue Materialien mit neuen Eigenschaften
  - ❖ Zugang zu neuen Monomeren → neue Polymere
  - ❖ Neukombinationen von Co-Polymeren
  - ❖ Neukombinationen in Mischungen
  - ❖ Neukombinationen in Mehrkomponentensystemen
  - ❖ Funktionalisierte Polymere
- Viel versprechender Einsatz der Gentechnologie



Tages-Symposium

## Biomaterialien – heute und morgen



Bildquelle: Praxis, Bioengineering AG

Empa, CH-8600 Dübendorf  
**AKADEMIE**, Überlandstrasse 129

**Dienstag, 1. Dezember 2009**  
09.00–17.00 Uhr

Online-Anmeldung unter  
[www.empa.ch/biomaterialien](http://www.empa.ch/biomaterialien)



Google



Empa Akademie



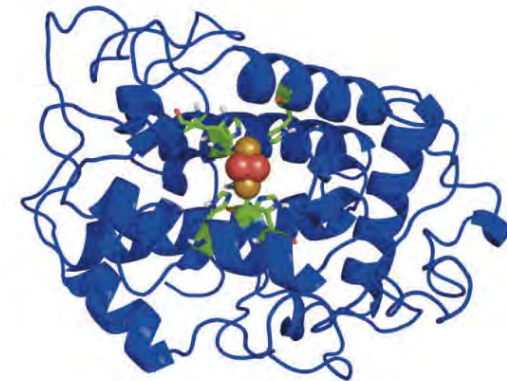
Veranstaltungen



1 Day Symposium

## Biocatalysis

St. Gallen



Empa, CH-9014 St.Gallen

**Room C 3.11**  
Lerchenfeldstrasse 5

**Thursday, January 28, 2010**  
09.00–17.00 h

Registration online at  
[www.empa.ch/biocatalysis](http://www.empa.ch/biocatalysis)



## Folie 18

---

### Hilfe5

Diese Folie enthält zwei Mastergruppen (Master und Titelmaster), welche den Corporate-Design-konformen Auftritt definieren. Der jetzt zugewiesene Empa-Master 1 sieht für die Titelfolie das Empa-Logo vor. Den weiteren Folien ist kein Logo zugewiesen. Für längere Vorträge mit Zwischentiteln empfehlen wir, den Folien mit Zwischentiteln den Empa-Master 2 (mit Logo unten rechts) zuzuweisen. Dazu öffnen Sie via Ansicht > Aufgabenbereich > Foliendesign-Entwurfsvorlage rechts die Masterauswahl. Nun markieren Sie im linken Ansichtsfenster die Folien, denen Empa-Master 2 zugewiesen werden soll (mindestens zwei, ansonsten für den ganzen Satz Empa-Master 1 verwendet wird). Weitere Hilfe erhalten Sie bei Monika Ernst, 4995 (Empa, Dübendorf)

M. Ernst; 04.02.2005

Herzlichen Dank für Ihr Interesse!



**Empa:  
Manfred Zinn  
Matthijs de Geus**