

# Synthese von Biopolymeren aus CO<sub>2</sub> - nachhaltige Wege zum PHB

Prof. Dr. Dr. h.c. Bernhard Rieger<sup>1</sup>, Friederike Adams<sup>1</sup>, Prof. Dr. Volker Sieber<sup>2</sup>, Lisa Steiner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> WACKER-Lehrstuhl für Makromolekulare Chemie, Technische Universität München, Lichtenbergstr. 4, 85748 Garching bei München

<sup>2</sup> Lehrstuhl für Chemie Biogener Rohstoffe, Technische Universität München, Schulgasse 16, 94315 Straubing

## Übersicht

(*R*)-Polyhydroxybutyrat (*R*-PHB) ist ein Biopolymer, das wegen seiner Eigenschaften, einschließlich Bioabbaubarkeit, ein hohes Potential für die großtechnische Nutzung besitzt. Ziel des Projektes ist die Entwicklung neuer Produktionswege für (*R*-PHB), um eine Herstellung aus wertvollen und Nahrungsmittel-relevanten Stoffen zu umgehen. Dafür werden mehrere alternative Ansätze evaluiert, die auf der Kombination von chemischen und biotechnologischen Verfahren, ausgehend von CO<sub>2</sub>, basieren.

## Chemische Verfahren

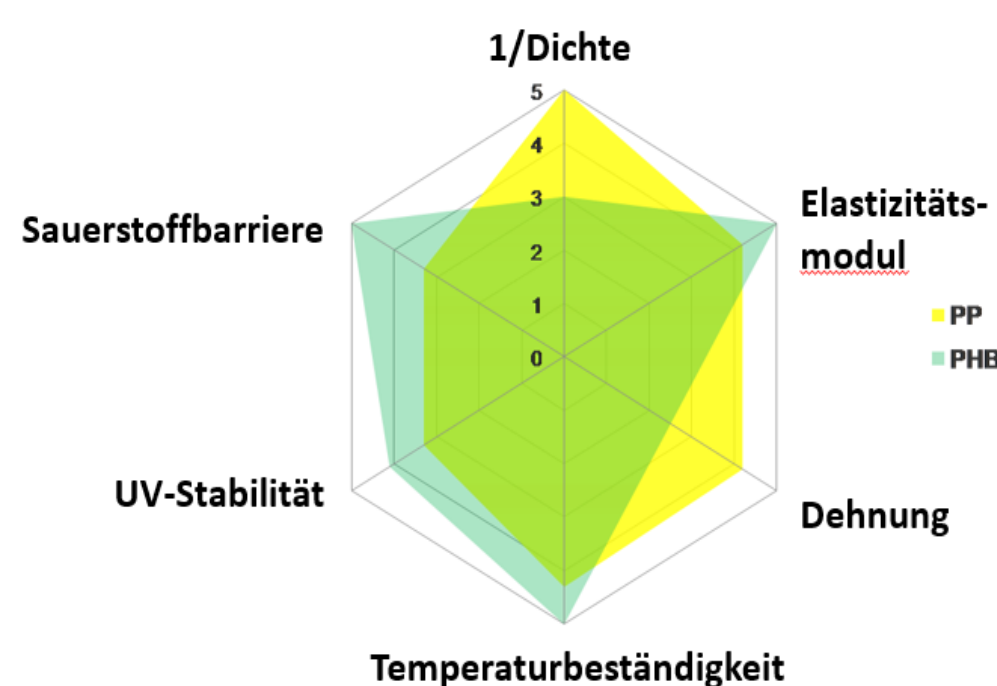
- Synthese von β-Butyrolacton (BBL) aus CO<sub>2</sub>
  - Stereoselektive Ringöffnungspolymerisation (ROP) von racemischem BBL
- 
- CO<sub>2</sub> → CO → (rac)-BBL → [Katalysator] → isotaktisch-angereichertes (*R*)-PHB + (*S*)-BBL
- ROP mit enantiomerenreinem β-Butyrolacton
- 
- n* (*R*)-BBL + *m* (*S*)-BBL → [Katalysator] → PHB mit unterschiedlicher Taktizität und (*R*)-Anteil

## Biokatalytische Verfahren

- Lipase-katalysierte Ringöffnungspolymerisation
  - Lipase-katalysierte Racematspaltung von racemischem β-Butyrolacton durch Hydrolyse
- 
- (*R*)-BBL + (*S*)-BBL → [Lipase] → (*R*)-BBL + 3-(*S*)-Hydroxybutyrat (3HB) → [ADH] → Acetoacetat

## Materialeigenschaften

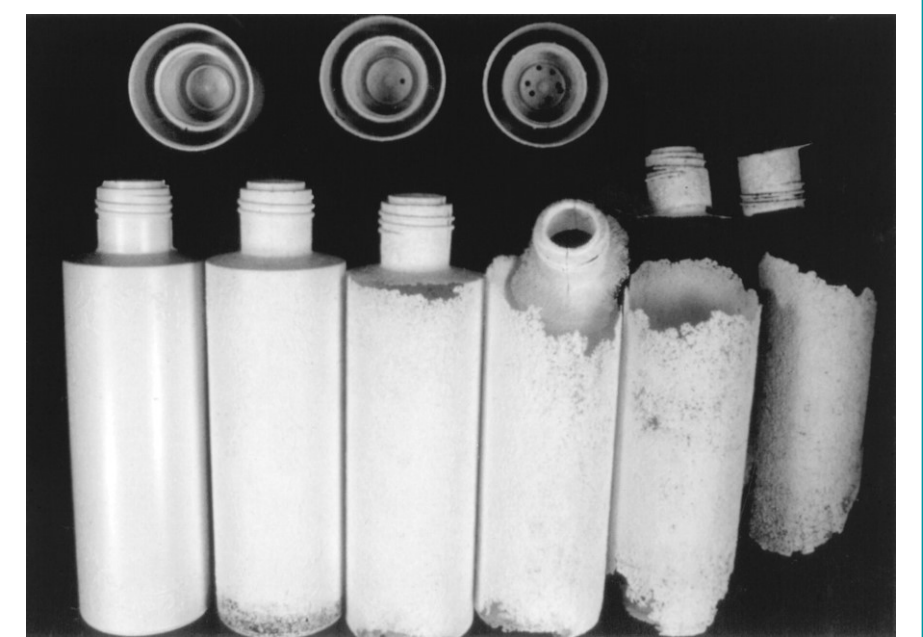
Die Materialeigenschaften von *R*-PHB, wie zum Beispiel Elastizitätsmodul oder Zug-Dehnung, sind mit denen von isotaktischem Polypropylen (PP) vergleichbar. *R*-PHB hat zusätzlich bessere Sauerstoffbarriereigenschaften, eine höhere Dichte und ist biologisch abbaubar.



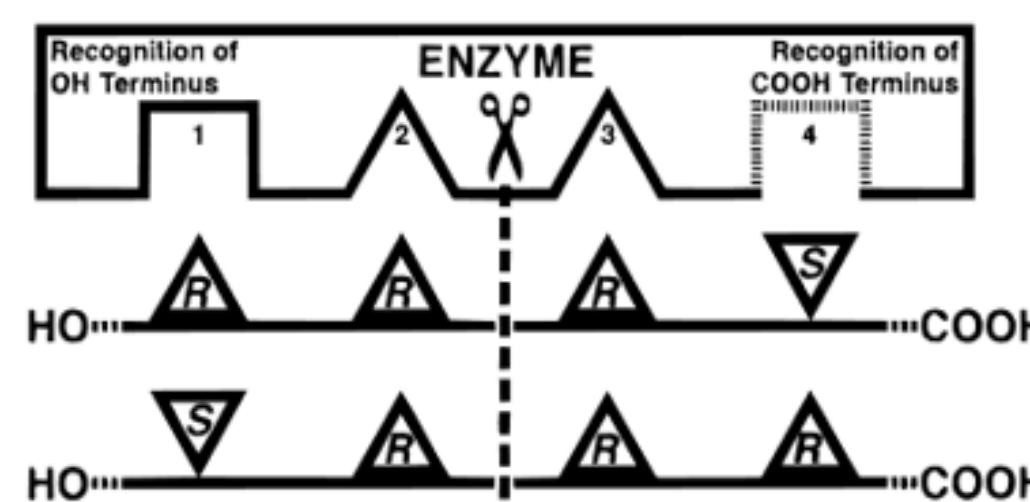
	Isotaktisches PP	( <i>R</i> )-isotaktisches PHB	( <i>R</i> )-angereichertes PHB
Isotaktizität [%]	99	100	68
Elastizitätsmodul [GPa]	1.0 – 1.7	3.4 – 4.0	9.0
Zugfestigkeit [MPa]	29.3 – 36.6	40	11
Zugdehnung [%]	500 – 900	3.0 – 8.0	740

## Bioabbaubarkeit

- Viele Mikroorganismen können durch die Wirkung von Hydrolasen und Depolymerasen PHB spalten



(Abbau nach 10 Wochen in aerobem Klärschlamm)



- *R*-PHB kann durch Enzyme abgebaut werden

## Anwendungen

PHB ist ein thermoplastischer Polyester und kann als Ersatz für petrochemische Polymere für Verpackungs- und Beschichtungsanwendungen verwendet werden.

Rieger et al., *Adv. Polym. Sci.* 2012, 245, 49-90. Tokiwa et al., *International Journal of Molecular Sciences* 2009, 10, 3722-3742. Bachmann und Seebach, *Macromolecules* 1999, 32, 1777-1784. Madison and Huisman *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 1999,21-53.

