

## Biotechnologische Optimierung der biobasierten Polymerherstellung

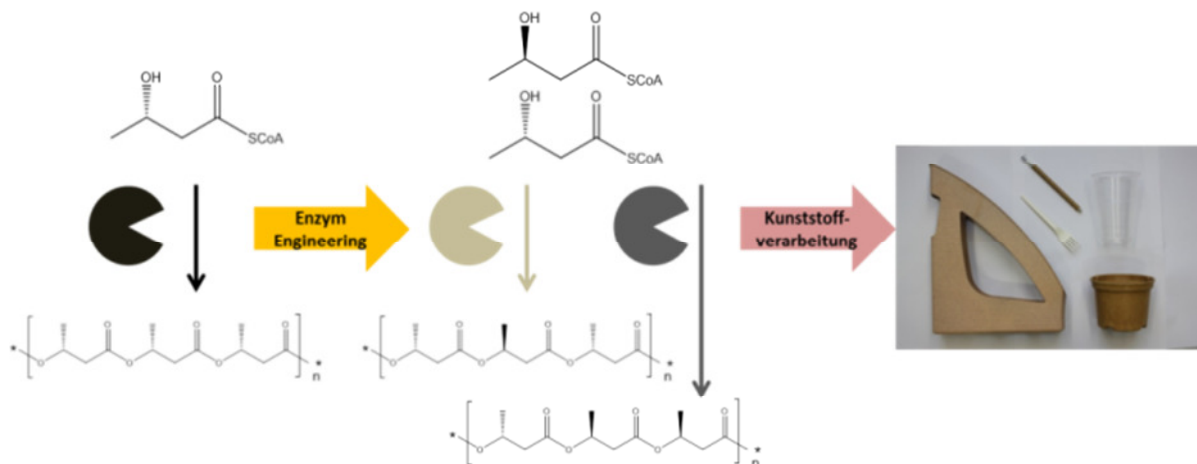
Prof. Volker Sieber, Lehrstuhl für Chemie Biogener Rohstoffe

Prof. Cordt Zollfrank, Professur für Biogene Polymere

Technische Universität München

Polyhydroxybuttersäure (PHB) wird von bestimmten Mikroorganismen als Speicherstoff in der Bakterienzelle verwendet. Die Produktion von PHB wird durch das Vorhandensein der Gene im sogenannten *phaCAB*-Operon ermöglicht. Diese Genanordnung kodiert für verschiedene Enzyme, die die Polymerisation des natürlich vorkommenden Einzelbausteins 3-(*R*)-Hydroxybutyrat (3-HB) zu sogenanntem isotaktischem (*R*)-PHB katalysieren.

Isotaktisches PHB weist einen hohen kristallinen Anteil und somit eine hohe Steifigkeit auf. Diese Eigenschaften limitieren das Anwendungsspektrum. Ziel war es, durch eine gezielte Änderung der Polymerzusammensetzung die Dehnbarkeit zu erhöhen und dadurch die Anwendbarkeit des Kunststoffes zu steigern (Abbildung 1).



**Abbildung 1: Stark vereinfachte Darstellung des Projekts: In der Arbeitsgruppe von Prof. Sieber wurden mittels Enzymengineering neue Synthesen für die Bildung neuer PHB-Varianten erzeugt (orange); die Arbeitsgruppe von Prof. Zollfrank studierte die Eigenschaften chemisch hergestellter PHB für die Bildung neuer Werkstoffe (rosa).**

Im ersten Teil des Projekts wurden nach bioinformatischen Analysen Enzyme (PHA-Synthasen) gezielt verändert und hergestellt. Diese Enzymvarianten konnten erfolgreich zur zellfreien Produktion von PHB eingesetzt werden. Die entstandenen Polymervarianten wurden im Anschluss u. a. mittels eines im Vorhaben entwickelten Tests weiter untersucht. So konnten bislang zwei gewünschte Enzymvarianten identifiziert werden, die allerdings nur in geringer Ausbeute noch nicht ausreichend flexibles Polymer erzeugen.

Zudem konnte ein PHB-Produktionssystem auf Basis von *Escherichia coli*-Zellen entwickelt werden. Neben den für die PHB-Herstellung relevanten Enzymen wurde

zusätzlich ein Enzym eingebracht, welches die Bereitstellung eines Ausgangsstoffes ermöglicht. Die aus diesen Ansätzen resultierenden PHB-Polymervarianten sollen nun mit den etablierten Analysemethoden auf ihre Zusammensetzung hin untersucht werden.

Im Rahmen des werkstofftechnischen Teils dieses Projektes wurden zunächst PHB-Referenzmaterialien hergestellt. Anhand dieser Materialien wurden verschiedene Methoden zur Untersuchung der chemischen Zusammensetzung, der Mikrostruktur, des Molekulargewichtes und der thermischen Eigenschaften getestet und gegebenenfalls optimiert.

Des Weiteren wurden geeignete Parameter für die Extrusion von bakteriellem PHB, Mischungen mit anderen bioabbaubaren Polymeren, sowie der PHB-Referenzmaterialien ermittelt. Hierbei zeigte sich, dass eine Extrusion von reinem *iso*-PHB unterhalb von 180 °C nicht möglich ist, es jedoch bei dieser Temperatur bereits zu einer teilweisen Zersetzung des Materials kommt. Durch Zugabe von Weichmacher und Nukleierungsmittel konnte die Verarbeitungstemperatur gesenkt und somit die Zersetzung des Materials vermieden werden. Für die synthetisierten PHB-Referenzmaterialien war hingegen durch den erniedrigten Schmelzpunkt und dem damit vergrößerten Verarbeitungsbereich der Materialien, auch ohne Weichmacher eine Extrusion ohne Zersetzung des Materials möglich.

Die mittels Extrusion und nachfolgendem Spritzguss erhaltenen Prüfkörper wurden anschließend auf ihre mechanischen Eigenschaften untersucht. Hierbei konnte gezeigt werden, dass durch die Zugabe anderer (Bio-)Polymere die Eigenschaften von PHB gezielt verändert werden können. Auch die gezielte Änderung der Mikrostruktur, und somit auch der Kristallinität und der thermischen Eigenschaften, zeigte einen großen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des Materials.

PHB scheint somit prinzipiell geeignet, nicht bioabbaubare Kunststoffe auch in Anwendungen, die flexiblere Kunststoffe erfordern, wie z. B. im Verpackungsbereich, zu ersetzen. Entsprechende Polymere konnten biotechnologisch in geringer Ausbeute hergestellt werden. Bis zu einer wirtschaftlichen Produktion ist es allerdings noch ein weiter Weg.