

Abstract

Masterarbeit

Titel: *Inwieweit können Polyhydroxyalkanoate (PHAs) aus CO₂-fixierenden Mikroorganismen fossilbasierte Kunststoffe im Hinblick auf die Circular Economy ersetzen?*

Mit den steigenden CO₂-Emissionen und der wachsenden Ressourcenknappheit gewinnt der Übergang von einer linearen zu einer zirkulären Wirtschaftsweise zunehmend an Bedeutung. Fossilbasierte Kunststoffe stellen dabei eine zentrale Herausforderung dar, da sie auf endlichen Ressourcen basieren, hohe Emissionen verursachen und nur begrenzt recycelbar sind.

Ziel dieser Masterarbeit war es, zu untersuchen, inwieweit Polyhydroxyalkanoate (PHAs), die durch Mikroorganismen aus CO₂ produziert werden, eine nachhaltige und zirkuläre Alternative zu konventionellen fossilbasierten Kunststoffen darstellen. Im Gegensatz zu vielen fossilbasierten Kunststoffen sind PHAs ungiftig, biokompatibel und biologisch abbaubar. Daneben können sie als Biokunststoffe bei vielen Anwendungen eingesetzt werden. Der Fokus der Masterarbeit lag darauf, inwieweit sich CO₂-basierte PHAs für die Circular Economy eignen.

Die Arbeit basiert auf einer umfassenden Analyse des aktuellen Forschungsstands zur biotechnologischen Produktion von PHAs aus CO₂ durch Mikroorganismen wie *Cupriavidus necator* und Cyanobakterien, insbesondere Spezies des Stammes *Synechocystis*. Neben technologischen Aspekten der Fermentation wurden ökologische (Life Cycle Assessment), ökonomische sowie anwendungsbezogene Faktoren untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass CO₂-basierte PHAs deutliche ökologische Vorteile gegenüber fossil- und anderen biobasierten Kunststoffen aufweisen. Insbesondere im Hinblick auf Treibhausgasemissionen und Ressourcenschonung schneiden sie signifikant besser ab. Aber auch bei dem Wasserverbrauch und der Landnutzung weisen sie erhebliche ökologische Vorteile auf. Aufgrund ihrer vollständigen biologischen Abbaubarkeit ermöglichen sie auch Ansätze für eine nachhaltige biotechnologische Kreislaufführung von Kunststoffen.

Ein zentraler Beitrag der Masterarbeit ist die Entwicklung eines biotechnologischen Kreislaufkonzepts, das CO₂ als Rohstoff für PHAs in einen geschlossenen Kohlenstoffkreislauf integriert. Das Konzept verbindet die Produktion, Nutzung und biologische Rückführung von PHAs. Insbesondere bei Verwendung von atmosphärischem CO₂ für die prognostiziert steigende Kunststoffproduktion zeigen sich die Vorteile dieser CCU-Technologie.

Die Ergebnisse weisen auch auf bestehende Herausforderungen hin. Insbesondere müssen Produktionskosten gesenkt sowie Produktivität und Skalierbarkeit weiter optimiert werden. Dabei ist die Einbindung in bestehende bioökonomische Systeme wie Bioraffinerien ein vielversprechender Ansatz, um Kosten zu senken, die Effektivität zu erhöhen und gleichzeitig die Abhängigkeit der Bioraffinerien von landwirtschaftlichen Rohstoffen zu reduzieren.

Insgesamt zeigt die Masterarbeit, dass CO₂-basierte PHAs ein hohes Potenzial für eine nachhaltige Transformation der Kunststoffindustrie besitzen. Für eine breite industrielle Anwendung sind jedoch noch einige technologische Entwicklungen und wirtschaftliche Optimierungen erforderlich.

Schlagworte: Kunststoffe; Polyhydroxyalkanoate (PHAs); CO₂-Fixierung; biotechnologischer Kreislauf;