Kampf dem Plastikmüll

Nachhaltige Entwicklung von Polymeren aus biogenen Reststoffen

Eine Plastiktüte, eine Folienverpackung oder eine Einwegflasche treibt auf der Meeresoberfläche, bis sie auf das Ufer einer großen Insel trifft – eine Insel aus Müll. Jeder kennt die erschütternden Bilder der immer dramatischer werdenden Umweltverschmutzung durch Plastikmüll. Politikerinnen, Umweltaktivisten und Forscherinnen versuchen mit unterschiedlichen Methoden und Erfolgsaussichten, der Müllkrise Herr zu werden. Zu den klassischen »Drei Rs« der Müllvermeidung – Reduce, Reuse, Recycle – hat sich in den letzten Jahren zunehmend die Verwendung von biologisch abbaubaren Alternativen gesellt. Ein Team von Wissenschaftlern entwickelt am Fraunhofer IPK neuartige Verfahren zur nachhaltigen Produktion solcher Alternativen.

Die bisher zur Verfügung stehenden Methoden, um biologisch abbaubare Verpackungsstoffe zu erzeugen, sind in mehreren Hinsichten ungenügend. Häufig handelt es sich um ineffiziente chemische Syntheseprozesse mit schlechter ökologischer Bilanz. Die entstehenden Polymere müssen außerdem zumeist in spezifischen Prozessketten nachbehandelt werden, um tatsächlich abgebaut werden zu können.

Eine vielversprechende Alternative stellen abbaubare Polymere aus nachwachsenden Ressourcen dar. Insbesondere Werkstoffe aus Polyhydroxybuttersäure (PHB) stehen dabei im Fokus, denn sie sind einfach im natürlichen Umfeld kompostierbar. Um diese Materialien synthetisieren zu können, müssen jedoch hochwertige biologische Kohlenstoffquellen eingesetzt werden. Bisher greifen Hersteller vor allem auf Palmöl, Glycerin oder Stärke zurück.

▶ Ökonomische und ökologische Beschränkungen

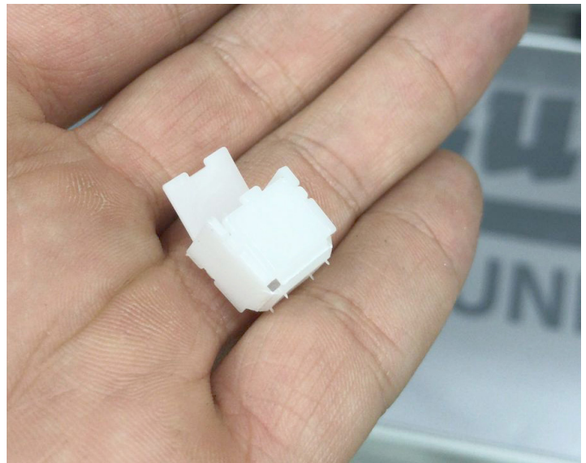
Am Beispiel von Palmöl lässt sich nachvollziehen, warum Biopolymere aus biologischen Quellen bislang keine größere Marktakzeptanz erreicht haben. Sie unterliegen ökologischen und ökonomischen Limitierungen. Produzenten von Biopolymeren stehen auf dem Weltmarkt in erheblicher Konkurrenz zu anderen Branchen, die dieselben Rohstoffe benötigen. Insbesondere für die Biodieselproduktion und die Nahrungsmittelindustrie werden große Mengen Palmöl gebraucht. Durch diese wachsenden Branchen steigt die Nachfrage nach der Ressource und damit deren Preis.

Auch aus ökologischer Sicht ist die Verwendung von Palmöl nicht sinnvoll. Für den extensiven Anbau der Ölpalmen in Monokulturen werden große Regenwaldflächen abgeholzt. Die bewirtschafteten Flächen können nur für einen Zeitraum von wenigen Jahren bewirtschaftet werden, bevor die im Boden vorhandenen Nährstoffe aufgebraucht sind. Auf dieser somit ihrer Fruchtbarkeit beraubten Fläche kann kein Wald mehr nachwachsen, der den Lebensraum vieler Tier- und Pflanzenarten bildet. Die Biodiversität wird so nachhaltig geschädigt.

▶ Polymer aus biologischen Abfällen

Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen am Fraunhofer IPK begegnen dieser Herausforderung nun mit einem innovativen Ansatz zur Produktion von Biokunststoffen aus biogenen Reststoffen. Sie entwickeln das neuartige Verfahren im Rahmen eines Verbundprojekts, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird.

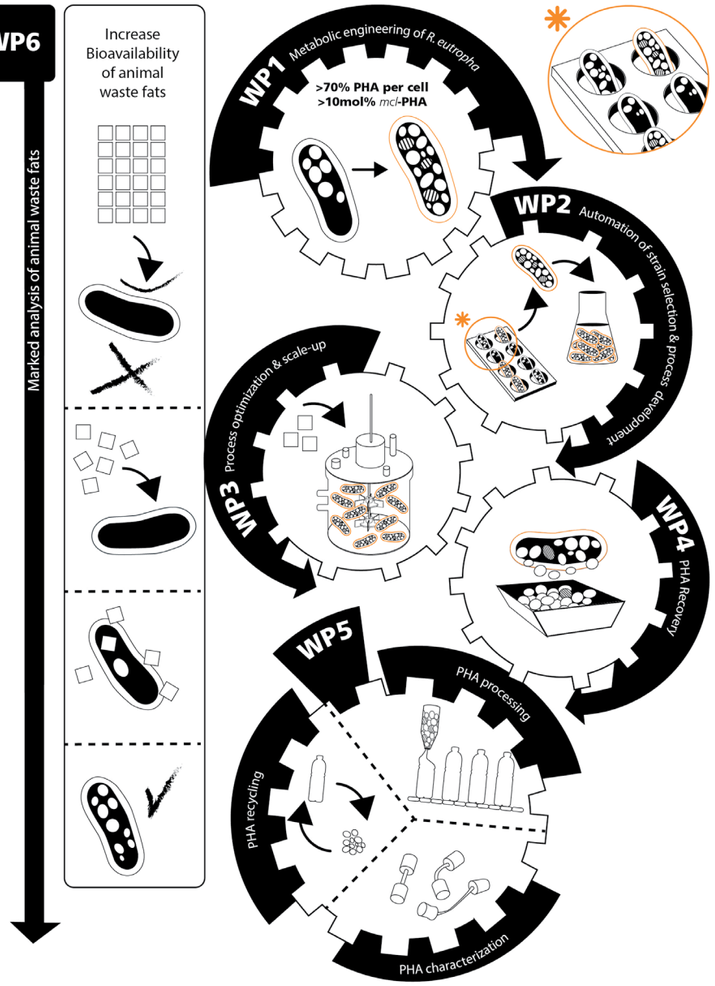
Aus biogenen Reststoffen hergestellte Biokunststoffprobe



Mithilfe metabolischen Engineerings entwickelte das Projektteam ein Bakterium, Ralstonia eutropha. Der vom Wildtyp abgewandelte Organismus ist durch molekulargenetische Veränderungen in der Lage, große Mengen des PHB-Kunststoffs herzustellen und in seiner Zellhülle einzulagern.

Zudem ist der Syntheseprozess nicht auf hochwertige biologische Nährstoffe angewiesen. Stattdessen kann das entwickelte Bakterium biogene Reststoffe verwerten, die für andere Anwendungen wie die Biodieselproduktion oder die Nahrungsmittelindustrie nicht verwendet werden können. Auch aus ökologischer Sicht ist dieser Ansatz hochinteressant, da ausschließlich biologische Rohstoffe eingesetzt werden, die bei anderen Industrieverfahren als Abfallprodukte anfallen. Ein Team von Forscherinnen und Forschern aus dem Fraunhofer IPK, dem Fachgebiet Bioprozesstechnik der Technischen Universität Berlin und der Animox GmbH hat gemeinsam in dem Verbundprojekt Kultivierungsprozesse etabliert, die auf der Verwendung von Schlachtabfällen basieren.

Produktion von Biokunststoffen aus biogenen Reststoffen



▶ Schnelle Kristallisation ohne sprödes Werkstoffverhalten

Gleichzeitig gelang es ihnen, ein weiteres Problem auf PHB basierender Polymere zu lösen: Diese neigen häufig zu einem spröden Werkstoffverhalten, was sie sehr bruchanfällig macht. Für technische Anwendungen, bei denen Kräfte auf ein Bauteil wirken, sind sie deshalb ungeeignet. Die Forscherinnen und Forscher modifizierten die Polyhydroxybuttersäure schon während ihrer Entstehung im Bakterium mit einer Hydroxy-Hexanoat-Seitenkette. Daraufhin veränderte sich das mechanische Verhalten des Polymers im gewünschten Rahmen, die Rekristallisation des Kunststoff wurde jedoch soweit verlangsamt, dass die Erstarrung bis zu 24 Stunden dauerte. Für industrielle Verarbeitungsprozesse wäre er damit ungeeignet. Den Forscherinnen und Forschern gelang es durch die Entwicklung spezieller Hilfsstoffe, die Rekristallisationszeit signifikant zu reduzieren. Dadurch kann das Polymer nun auch für den Spritzguss oder Extrusionsprozesse genutzt werden.

Schon im Rahmen des grundlegenden Forschungsprojekts wurden beispielhafte Verpackungssysteme und Single-use-Produkte hergestellt, die zeigen, dass das Verfahren industriell anwendbar und relevant ist. Im nächsten Schritt sollen die Kultivierungs- und Produktionsprozesse so skaliert werden, dass die für industrielle Anwendungen notwendigen Materialmengen hergestellt werden können. Dann soll der Kunststoff in kommerzielle Primäranwendungen wie zum Beispiel Verpackungen und Single-use-Produkte für die Medizintechnik eingeführt werden. Bis die Weltmeere nicht mehr von neuem, nicht abbaubarem Plastikmüll bedroht werden, ist es also hoffentlich nur noch eine Frage der Zeit. ■

Ihr Ansprechpartner
Christoph Hein
Telefon: +49 30 39006-405
christoph.hein@ipk.fraunhofer.de